

# GUIDE POUR L'ÉVALUATION DE LA CONFORMITÉ ET LA CERTIFICATION DES SYSTEMES A HYDROGENE

---

Juillet  
2021

EXPERTISES

RAPPORT

---

## REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient tous ceux qui ont permis la réalisation de cette étude et tous ceux qui ont contribué par leurs informations, leurs commentaires, leur disponibilité à en enrichir le contenu, permettant ainsi la réalisation de ce rapport dont nous espérons qu'il sera utile à tous les acteurs de la filière hydrogène :

Les membres du comité de pilotage :  
Luc BODINEAU (ADEME)  
Christelle WERQUIN (France Hydrogène)  
Dominique CHARPENTIER (INERIS)

Les membres du Groupe de Travail Règlementation France Hydrogène et représentants de laboratoires d'essai et centres d'expertise :  
Michel ROMAND (Rougeot Ingénierie/ISTHY)  
Quentin NOUVELOT (ENGIE)  
Fabien CLAUDON (POWIDIAN)  
Nathalie VERRON (ArianeGroup)  
Soraya AMAROUCHELNE(LNE)  
Bruno FOURNEL (CEA)  
Eric MARTY (APAVE)  
Fabrice HERVELEU (UTAC CERAM)  
Pascal SOUQUET (CETIM)  
Julien FLOCH (EMITECH)  
Christophe TURPIN (Laboratoire CNRS LAPLACE)  
Mathieu MONVILLE (PPE)  
Nicolas DAUDOU (EVEER'HY'PÔLE)  
Thomas FRISCHINGER (Rougeot Ingénierie/ISTHY)  
Laurent COURREGELONGUE (BUREAU VERITAS MARINE & OFFSHORE)  
Emmanuel VULLIERME (Ministère de la mer)

Ce rapport est une première édition destinée à être mise à jour régulièrement pour tenir compte des évolutions des technologies, de la réglementation et des normes. Tout commentaire susceptible d'enrichir le contenu de ce guide est bienvenu et à communiquer aux auteurs par courriel (bruno.debray (at) ineris.fr).

## CITATION DE CE RAPPORT

**Bruno DEBRAY, Benno WEINBERGER, INERIS, Juin 2021, Guide pour l'évaluation de la conformité et la certification des systèmes à hydrogène, 190 pages**

Cet ouvrage est disponible en ligne <https://librairie.ademe.fr/>

Toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite selon le Code de la propriété intellectuelle (art. L 122-4) et constitue une contrefaçon réprimée par le Code pénal. Seules sont autorisées (art. 122-5) les copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé de copiste et non destinées à une utilisation collective, ainsi que les analyses et courtes citations justifiées par le caractère critique, pédagogique ou d'information de l'œuvre à laquelle elles sont incorporées, sous réserve, toutefois, du respect des dispositions des articles L 122-10 à L 122-12 du même Code, relatives à la reproduction par reprographie.

Ce document est diffusé par l'ADEME

ADEME

20, avenue du Grésillé

BP 90 406 | 49004 Angers Cedex 01

**Numéro de contrat : 1997C0023**

**Étude réalisée par Bruno DEBRAY et Benno WEINBERGER (Ineris) pour ce projet cofinancé par l'ADEME**

**Coordination technique - ADEME : Luc BODINEAU**

Direction/Service : DETI/SI



# SOMMAIRE

RÉSUMÉ .....	8
ABSTRACT .....	9
1 INTRODUCTION .....	10
2 GLOSSAIRE .....	11
3 <b>CADRE D'APPLICATION DU GUIDE</b> .....	13
3.1 Applications visées par le guide.....	13
3.2 Certification réglementaire et certification volontaire .....	13
3.3 Examen de type et conformité de la production.....	13
3.4 Synthèse des réglementations applicables à la mise sur le marché des composants et systèmes pour applications stationnaires et engins mobiles à usage interne .....	14
3.5 Synthèse des réglementations applicables aux véhicules routiers et composants embarqués dans ces véhicules.....	17
3.6 Synthèse des réglementations applicables aux autres moyens de transport .....	18
3.7 Cadres normatifs applicables aux systèmes à hydrogène .....	19
3.8 L'analyse et l'évaluation des risques au cœur de la démarche d'évaluation de la conformité des systèmes.....	20
4 LES ENJEUX DE SECURITE DES SYSTEMES A HYDROGENE .....	21
4.1 Inflammabilité .....	21
4.2 Haute pression .....	21
4.3 Compatibilité des matériaux avec l'hydrogène.....	22
4.4 Dangers associés à l'utilisation de l'hydrogène liquide.....	22
4.5 Autres enjeux de sécurité non spécifiques à l'hydrogène .....	22
5 TYPOLOGIE DES SYSTEMES A HYDROGENE .....	23
5.1 Production d'hydrogène par électrolyse .....	24
5.2 Compression.....	31
5.3 Stockage .....	33
5.4 Production d'électricité à partir d'hydrogène : pile à combustible (PAC) .....	41
5.5 Composants et systèmes pour applications stationnaires .....	47
5.6 Composants et systèmes pour la distribution d'hydrogène .....	48
5.7 Véhicules à hydrogène et leurs composants .....	54
6 CADRE REGLEMENTAIRE ET NORMATIF DE LA CERTIFICATION SELON LE « NOUVEAU CADRE LEGISLATIF EUROPEEN » .....	55
6.1 Le « nouveau cadre législatif européen », .....	55
6.2 Les obligations des acteurs .....	56
6.3 Exigences essentielles pour les produits .....	58
6.4 Conformité Aux Exigences Essentielles : Les Normes Harmonisées.....	58
6.5 La Documentation Technique .....	59
6.6 La déclaration «UE» de conformité .....	59
6.7 Le marquage «CE» .....	60
6.8 Les modules d'évaluation de la conformité .....	61

6.9 Organismes d'évaluation de la conformité .....	65
<b>7 DETAILS DES EXIGENCES ISSUES DES DIRECTIVES « NOUVELLE APPROCHE » APPLICABLES AUX SYSTEMES HYDROGENE.....</b>	<b>67</b>
7.1 Principe de réduction des dangers/ risques à la source .....	67
7.2 Directive équipements sous pression (2014/68/UE).....	67
7.3 Directive Machines (2006/42/CE) .....	82
7.4 Directive ATEX (2014/34/UE) .....	95
7.5 Directive compatibilité électromagnétique (CEM) (2014/30/UE) .....	102
7.6 Directive basse tension (2014/35/UE) .....	107
7.7 Directive ROHS (2011/65/UE).....	109
7.8 Directive Ecoconception (2009/125/CE) .....	109
7.9 Règlementation française applicables à la mise sur le marché des dispositifs de mesurage d'hydrogène comprimé.....	111
<b>8 LES REGLEMENTS RELATIFS AUX VEHICULES ROUTIERS .....</b>	<b>112</b>
8.1 Règlement (CE) no 79/2009 .....	112
8.2 Règlement ONU N° R134 .....	117
8.3 Règlement d'exécution (UE) 2021/535.....	123
8.4 UN Global technical regulation No. 13.....	123
8.5 Normes applicables aux véhicules à hydrogène et leurs composants.....	124
8.6 Proposition de règlement UNECE pour l'homologation des véhicules à hydrogène de la catégorie L.....	127
8.7 Difficultés d'application de la réglementation relative aux véhicules.....	127
<b>9 REGLEMENTATION RELATIVE AU TRANSPORT DE MATIERE DANGEREUSE .....</b>	<b>128</b>
9.1 Règlementations issues des accords internationaux relatifs au transport des matières dangereuses .....	128
9.2 Directive DESPT (2010/35/UE) Equipements sous pression transportables .....	128
<b>10 REGLEMENTATIONS ENCADRANT LES NOUVELLES APPLICATIONS DE MOBILITE.....</b>	<b>133</b>
10.1 Réglementation ferroviaire .....	133
10.2 Réglementations applicables dans le domaine de la navigation intérieure .....	133
10.3 Cadre national pour les bateaux, engins flottants et établissement flottants ....	135
10.4 Réglementations applicables dans le domaine de la navigation maritime internationale.....	135
10.5 Réglementations applicables dans le domaine du transport aérien.....	137
<b>11 DISPOSITIFS DE CERTIFICATION VOLONTAIRE .....</b>	<b>137</b>
11.1 Conformité à une norme non liée à une directive .....	138
11.2 Conformité à un référentiel de certification propre .....	138
11.3 Certification de produits.....	138
11.4 Certification de compétences .....	138
<b>12 LABORATOIRES D'ESSAIS .....</b>	<b>139</b>
12.1 Rôle dans l'évaluation de la conformité.....	139
12.2 Exigences d'accréditation .....	139

12.3 Principaux laboratoires français d'essais identifiés au cours de l'élaboration du guide 139

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES .....	143
INDEX DES TABLEAUX ET FIGURES.....	145
SIGLES ET ACRONYMES .....	148
ANNEXES .....	149
Annexe 1 : Annexe IV de la directive machine.....	150
Annexe 2 : Documentation technique requise au titre des directives ESP et Machines .	152
Annexe 3 Fiches descriptives des laboratoires d'essai.....	154

## RÉSUMÉ

L'hydrogène est identifié comme une brique essentielle de la transition vers des énergies décarbonées. La mise en œuvre de la stratégie nationale et européenne pour le déploiement de ces technologies devrait se traduire par l'arrivée de nombreux nouveaux systèmes, qui devront être évalués et, pour certains certifiés ou homologués avant d'être mis sur le marché.

Le présent guide, rédigé par l'Ineris avec le soutien financier et technique de l'ADEME et de France Hydrogène, a pour objectif d'aider les acteurs de la filière hydrogène, qu'ils soient fabricants ou utilisateurs, à identifier les procédures d'évaluation de la conformité et de certification, relatives à la sécurité, qui s'appliquent aux composants et systèmes à hydrogène en vue de leur mise sur le marché. Il permet d'identifier les référentiels réglementaires ou normatifs dont ils relèvent en matière de sécurité.

Ce guide présente les spécificités des systèmes à hydrogène et les risques associés et comment ces enjeux sont couverts dans le cadre réglementaire et normatif actuel. Il identifie aussi des difficultés pour la mise en œuvre de ces réglementations, qui sont notamment liées à la nouveauté de ces technologies pour lesquelles le cadre normatif est souvent incomplet ou en forte évolution.

Ce guide traite aussi de composants et systèmes destinés à être embarqués dans des véhicules, qui sont soumis à un processus d'homologation ou de certification. Il aborde de façon détaillée le cas des véhicules automobiles routiers. Mais il s'intéresse aussi, quoique de façon plus succincte, au cadre réglementaire général applicable aux navires pour la navigation intérieure ou maritime, aux trains, aux avions. Il s'agit dans ces cas de présenter les perspectives relatives à l'émergence d'une réglementation à venir spécifique aux systèmes à hydrogène.

## ABSTRACT

Hydrogen is identified as an essential building block in the transition to carbon-free energies. The implementation of the national and European strategy for the deployment of these technologies should result in the arrival of many new systems, which will have to be assessed and, for some certified or approved, before being placed on the market.

This guide, written by Ineris with the financial and technical support of Ademe and France Hydrogen, aims to help stakeholders in the hydrogen sector, whether they are manufacturers or users, to identify the procedures for 'conformity assessment and certification, relating to safety, which apply to hydrogen components and systems with a view to their placing on the market. It makes it possible to identify the regulatory or normative repositories to which they fall in terms of safety.

This guide presents the specificities of hydrogen systems and the associated risks and how these issues are covered in the current regulatory and normative framework. It also identifies difficulties for the implementation of these regulations, which are linked in particular to the novelty of these technologies for which the normative framework is often incomplete or undergoing strong change.

This guide also deals with components and systems intended for on-board vehicles, which are subject to an approval or certification process. It deals in detail with the case of road motor vehicles. But it is also interested, although in a more succinct way, with the general regulatory framework applicable to ships for inland or maritime navigation, to trains and to airplanes. In these cases, the aim is to present the prospects for the emergence of future regulations specific to hydrogen systems.

# 1 Introduction

L'hydrogène est identifié comme une brique essentielle de la transition vers des énergies décarbonées. Les pouvoirs publics ont posé un cadre favorable au développement des technologies de l'hydrogène par la loi de transition énergétique de 2015 et plus récemment en 2020 en lançant un grand plan d'investissement à hauteur de 7,2 Milliards d'euros dont 3,4 milliards sur la période 2020-2023 pour le déploiement de ces technologies à grande échelle. La mise en œuvre de cette stratégie devrait se traduire par l'arrivée de nombreux nouveaux systèmes, qui devront être évalués et, pour certains certifiés ou homologués avant d'être mis sur le marché.

Le présent guide, rédigé par l'Ineris avec le soutien financier et technique de l'Ademe et de France Hydrogène, a pour objectif d'aider les acteurs de la filière hydrogène, qu'ils soient fabricants ou utilisateurs, à identifier les procédures d'évaluation de la conformité et de certification, relatifs à la sécurité, qui s'appliquent aux composants et systèmes à hydrogène en vue de leur mise sur le marché. Il permet d'identifier les référentiels réglementaires ou normatifs dont ils relèvent en matière de sécurité.

Ce guide présente les spécificités des systèmes à hydrogène et les risques associés et comment ces enjeux sont couverts dans le cadre réglementaire et normatif actuel applicable pour le marché européen. Il identifie aussi des difficultés pour la mise en œuvre de ces réglementations, qui sont notamment liées à la nouveauté de ces technologies pour lesquelles le cadre normatif est souvent incomplet ou en forte évolution.

Ce guide aborde plus spécifiquement les composants et systèmes destinés à être mis sur le marché qui seront les constituants d'installations industrielles ou de véhicules. Il ne traite pas du processus applicable aux installations industrielles qui relèvent de la réglementation sur les installations classées. La Figure 1 illustre, sur le cas particulier d'une station-service d'hydrogène, l'articulation entre les diverses réglementations concernées et précise les limites du présent guide.

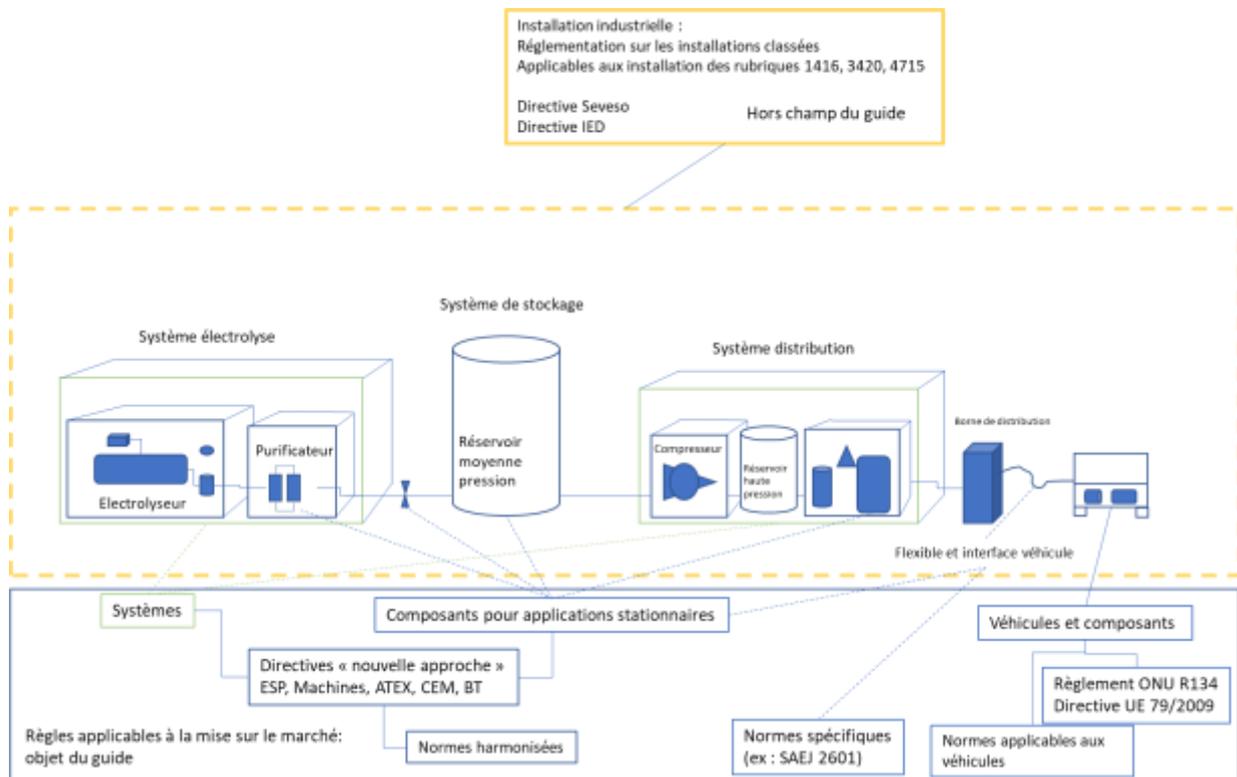


Figure 1: Exemple d'articulation entre les cadres réglementaires et normatifs pour une station-service d'hydrogène avec production d'hydrogène par électrolyse

Ainsi la réglementation des installations classées et les réglementations relatives à la mise sur le marché des produits, qui requièrent la certification de ces produits, sont cumulatives. Le fait que les éléments qui composent une installation soient certifiés ne dispense pas l'exploitant de cette installation d'accomplir les démarches de mise en conformité en vue de sa déclaration, son enregistrement ou son autorisation

au titre de la réglementation sur les installations classées, y compris pour les installations mobiles <sup>1</sup>. Il est à noter que l'installation des systèmes stationnaires mettant en œuvre l'hydrogène fait l'objet de la norme NF M58-003 datant de 2013. Cette norme fournit un cadre intéressant complémentaire au présent guide pour aborder la sécurité des systèmes dont il est question dans la présente norme, mais qui mériterait d'être actualisé au vu de l'importante évolution du corpus normatif depuis 2013.

Ce guide traite aussi de composants et systèmes destinés à être embarqués dans des véhicules, qui sont soumis à un processus d'homologation ou de certification. Il aborde de façon détaillée le cas des véhicules automobiles routiers. Mais il s'intéresse aussi, quoique de façon plus succincte, au cadre réglementaire général applicable aux navires pour la navigation intérieure ou maritime, aux trains, aux avions. Il s'agit dans ces cas de présenter les perspectives relatives à l'émergence d'une réglementation à venir spécifique aux systèmes à hydrogène.

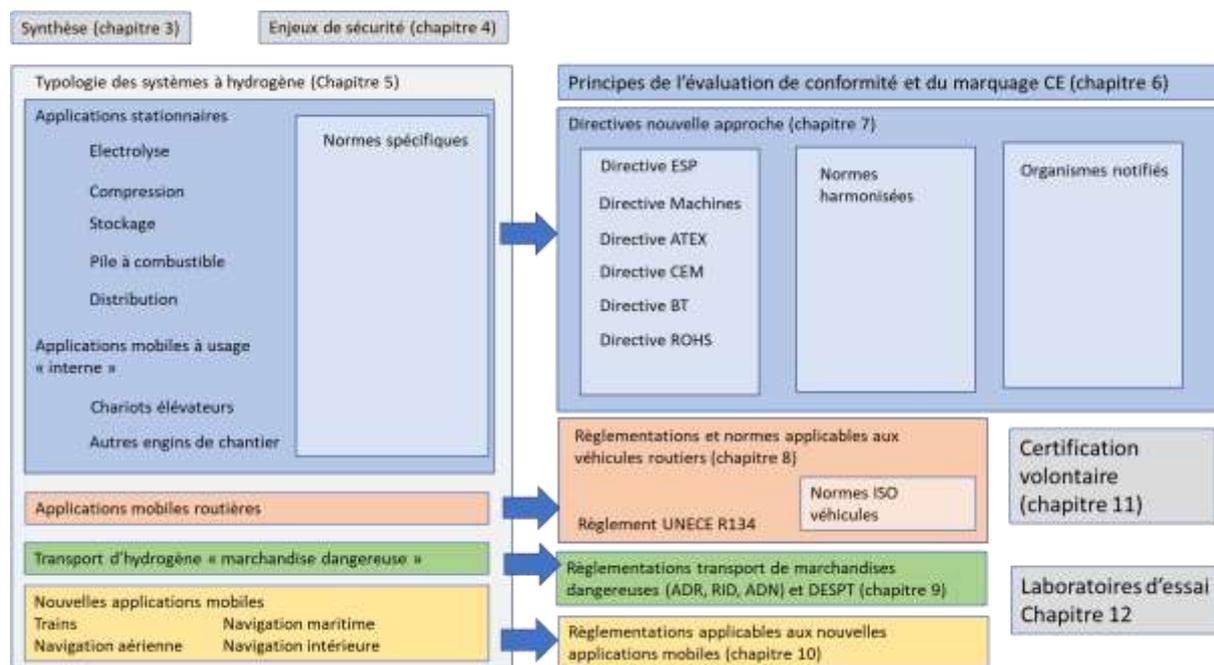


Figure 2 : Structure générale du guide

Ce guide couvre un champ réglementaire et normatif très large et en perpétuelle évolution. Il présente un état des lieux du début d'année 2021. Le guide a bénéficié de la relecture des membres du groupe de travail réglementation de France Hydrogène et d'experts de divers organismes certificateurs et laboratoires d'essai. Les auteurs ne peuvent cependant garantir une exhaustivité et exactitude totale des informations qu'il contient, notamment du fait de l'évolution constante de la réglementation et des normes. Seuls les textes originaux font foi. Tout commentaire susceptible d'améliorer ou d'enrichir le contenu de ce guide est bienvenu<sup>2</sup>.

## 2 Glossaire

**Systèmes à hydrogène** : ensemble de tuyauteries, de raccords et d'équipements conçus pour produire, stocker, contenir, distribuer ou transporter de l'hydrogène liquide ou gazeux (NF M58-003)

**Certification** : « la certification est, au sens large, une activité par laquelle un organisme reconnu, indépendant des parties en cause, donne une assurance écrite qu'une organisation, un processus, un service, un produit ou des compétences professionnelles sont conformes à des exigences spécifiées dans un référentiel. » (AFNOR)

<sup>1</sup> Voir notamment la circulaire DPPR/SEI n° 95-251 du 10/05/95 relative aux installations classées pour la protection de l'environnement. Réglementation des installations mobiles [https://aida.ineris.fr/consultation\\_document/8177](https://aida.ineris.fr/consultation_document/8177)

<sup>2</sup> A communiquer aux auteurs (bruno.debray (at) ineris.fr)

Evaluation de la conformité : L'évaluation de la conformité est le processus appliqué par le fabricant et visant à démontrer que les exigences spécifiques liées à un produit ont été respectées. Un produit fait l'objet d'une évaluation de la conformité tant au cours de la phase de conception que pendant la phase de production. (Guide bleu<sup>3</sup>)

Marquage CE : Apposition du symbole CE sur les produits conformes aux directives d'harmonisation de l'Union relatives à la mise sur le marché des produits. Le marquage « CE » a été créé dans le cadre de la législation d'harmonisation technique européenne. Il est l'engagement visible du fabricant que son produit respecte les exigences réglementaires en vue de sa libre circulation sur l'ensemble du territoire de l'Union européenne. ([www.entreprises.gouv.fr](http://www.entreprises.gouv.fr))

Homologation/réception : La réception ou l'homologation d'un véhicule est l'acte par lequel une autorité administrative d'un État, atteste de la conformité du véhicule aux réglementations concernant les exigences techniques applicables pour la sécurité et les émissions de véhicules. La réception d'un véhicule constitue un préalable indispensable à l'obtention du certificat d'immatriculation. Cette réception concerne également les modifications notables des véhicules déjà immatriculés ([www.ecologie.gouv.fr](http://www.ecologie.gouv.fr))

Accréditation : L'accréditation est une attestation délivrée par une tierce partie à un organisme d'évaluation de la conformité. Elle constitue une reconnaissance formelle de la compétence de ce dernier pour réaliser des activités spécifiques d'évaluation de la conformité. (COFRAC)

Directives : Les directives sont des actes législatifs qui fixent des objectifs à tous les pays de l'UE. Toutefois, chaque pays est libre d'élaborer ses propres mesures pour les atteindre. Ainsi, la directive sur les droits des consommateurs interdit les frais et les coûts cachés sur internet et étend le délai durant lequel les consommateurs peuvent se rétracter et annuler un contrat de vente. ([www.europa.eu](http://www.europa.eu))

Nouvelle Approche : La Nouvelle Approche (ou « nouveau cadre législatif européen ») repose sur une articulation étroite entre réglementation et normalisation, chacune remplissant un rôle précis :

- La réglementation de type Nouvelle Approche, qui peut prendre la forme de Directives ou de Règlements européens, fixe des « exigences essentielles » : il s'agit d'objectifs à atteindre pour assurer la sécurité et la santé des personnes ou la protection de l'environnement pour les produits mis sur le marché européen. Elle fixe donc des obligations de résultats.
- Les normes européennes dites « harmonisées », c'est-à-dire venant en soutien à la réglementation Nouvelle Approche, décrivent quant à elles des solutions permettant d'atteindre les objectifs fixés. ([www.francenormalisation.fr](http://www.francenormalisation.fr))

Règlement européen : Un règlement est un acte juridique défini à l'article 288 du traité sur le fonctionnement de l'Union européenne (TFUE). Il revêt une portée générale, est obligatoire dans tous ses éléments et est directement applicable dans tous les pays de l'Union européenne (UE) ([eur-lex.europa.eu](http://eur-lex.europa.eu))

Norme : spécification technique, approuvée par un organisme reconnu de normalisation, pour application répétée ou continue, dont le respect n'est pas obligatoire (Guide bleu<sup>3</sup>)

Norme européenne : norme adoptée par les organisations européennes de normalisation énumérées à l'annexe I du règlement (UE) no 1025/2012

Norme harmonisée : Les normes harmonisées constituent une catégorie de normes européennes particulière. Elles sont élaborées par un OEN (CEN par exemple) à la suite d'une demande (« mandat ») de la Commission européenne et représentent environ 20 % des normes européennes.

Les normes harmonisées établissent des spécifications techniques qui sont considérées comme étant adaptées ou suffisantes pour respecter les exigences techniques de la législation européenne (les exigences d'une directive par exemple).

Dans la plupart des cas, elles sont facultatives. Le fabricant ou le prestataire de services peut choisir une autre solution technique pour respecter les exigences légales. ([www.europa.eu](http://www.europa.eu))

Organisme d'évaluation de la conformité : organisme chargé d'effectuer un ou plusieurs éléments de l'évaluation de la conformité, dont une ou plusieurs des activités suivantes : l'étalonnage, l'essai, la certification et l'inspection. (Guide bleu<sup>3</sup>)

Organisme notifié : organisme d'évaluation de la conformité officiellement désigné par l'autorité nationale compétente afin d'effectuer les procédures d'évaluation de la conformité au sens de la législation d'harmonisation de l'Union applicable lorsque l'intervention d'une tierce partie est requise. (Guide bleu<sup>3</sup>)

Une table des acronymes est disponible en complément de ce glossaire à la fin du guide.

---

<sup>3</sup> Communication de la commission, Le Guide bleu relatif à la mise en œuvre de la réglementation de l'Union européenne sur les produits 2016, (2016/C 272/01)

## 3 Cadre d'application du guide

---

### 3.1 Applications visées par le guide

Ce guide est consacré aux systèmes à hydrogène et à leurs composants susceptibles d'être mis sur le marché. Ces systèmes trouvent leurs applications dans trois domaines principaux :

- les applications stationnaires,
  - Dans le domaine dit de l'hydrogène-énergie :
    - Production d'hydrogène à partir d'électricité
    - Compression,
    - Stockage,
    - Utilisation à des fins de production d'électricité
  - Ou liées à la distribution d'hydrogène carburant pour les véhicules,
- les applications liées à la mobilité embarquées dans des véhicules
  - Applications présentes sur le marché
    - Véhicules automobiles routiers
      - Voitures
      - Bus
      - Camions
      - Vélos
    - Véhicules non routiers
      - Chariots élévateurs
      - Engins de chantiers
  - Applications en développement avancé
    - Trains
    - Navires de navigation intérieure
  - Applications à un stade de développement initial
    - Navires de navigation maritime
    - Avions
- les applications relatives au transport d'hydrogène en tant que marchandise

### 3.2 Certification réglementaire et certification volontaire

La certification est, au sens large, une activité par laquelle un organisme reconnu, indépendant des parties en cause, donne une assurance écrite qu'une organisation, un processus, un service, un produit ou des compétences professionnelles sont conformes à des exigences spécifiées dans un référentiel.

Le référentiel peut être réglementaire. On parle alors de certification réglementaire. C'est le cas, par exemple de la certification de produits en application des directives européennes présentées au point suivant (3.4) et détaillées dans les chapitres 6 et 7.

Le référentiel peut être défini dans des normes indépendamment de tout cadre réglementaire ou même être défini dans un cahier des charges élaboré par un groupe d'acteurs ou une organisation. Dans ce cas, la certification à ce référentiel est une démarche volontaire et on parle de certification volontaire. Des exemples de certifications volontaires sont présentés au chapitre 11.

### 3.3 Examen de type et conformité de la production

Les réglementations présentées dans ce guide ont trait à la mise sur le marché de produits, qu'il s'agisse de composants, de systèmes stationnaires ou mobiles ou de véhicules. La certification peut porter sur plusieurs étapes du processus conduisant à la mise sur le marché du produit : la conception, la fabrication voire chaque produit fini individuellement.

Dans le cas des produits fabriqués en série, il est courant de procéder selon une démarche combinant les étapes suivantes :

1. Certification d'un type représentatif de la future production. Ce type peut être certifié sur la base des éléments de conception ou sur la base d'essais de type réalisés sur un échantillon représentatif ou sur une combinaison des deux approches,
2. Certification du processus de fabrication permettant de garantir la conformité des produits fabriqués au type certifié initialement
3. Essais sur produits finis.

Les normes citées dans ce guide en appui à la réglementation définissent donc généralement des exigences de conception, des essais de type, destinés à démontrer la conformité du type aux exigences

de conception et, dans certains cas, des essais individuels de série à appliquer sur chaque produit fini ou sur un échantillon prélevé sur les produits finis.

Dans certains cas, l'évaluation porte sur le système qualité mis en place par le fabricant pour garantir que les produits fabriqués sont conformes au type ou que son processus de conception lui permet de garantir que son produit respecte les exigences essentielles qui lui sont applicables.

Le cadre général et les différentes procédures d'évaluation de la conformité sont décrits en détail au chapitre 6.

### 3.4 Synthèse des réglementations applicables à la mise sur le marché des composants et systèmes pour applications stationnaires et engins mobiles à usage interne

Les systèmes à hydrogène sont composés de composants très spécifiques, comme les cellules d'électrolyse, les piles à combustibles, les réservoirs, et d'autres plus génériques tels que vannes, soupapes, pompes, échangeurs, dispositifs de sécurité qui peuvent être employés dans d'autres technologies mettant en œuvre des gaz.

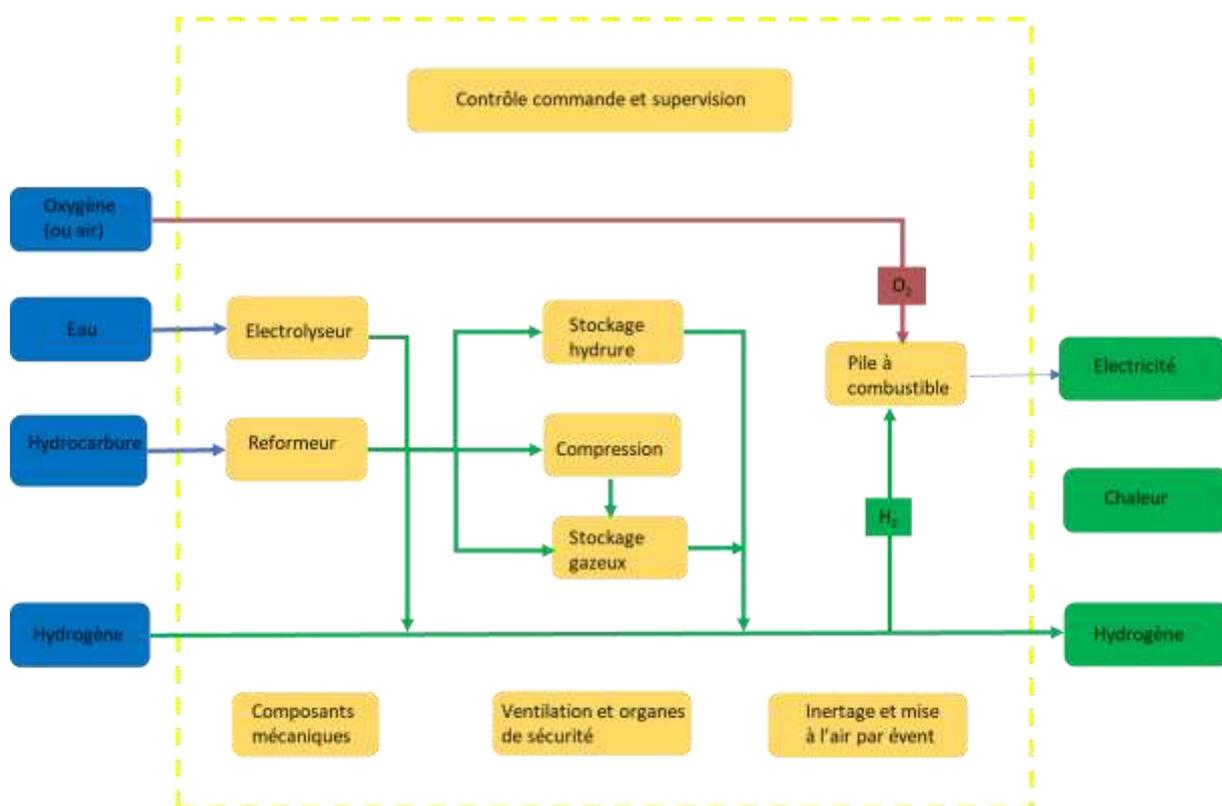


Figure 3 : Composants des systèmes à hydrogène selon la norme NF M58-003 : 2013

Ce guide aborde l'évaluation de la conformité et la certification tant au niveau des composants que de leurs assemblages pour composer un système.

Les référentiels de sécurité applicables sont différents en fonction des applications. La typologie qui suit s'attache donc à distinguer les composants et systèmes sur des critères fonctionnels et de domaine d'application.

Outre le cadre réglementaire décrit dans le présent guide, les systèmes à hydrogène stationnaires sont mis en œuvre au sein d'installations, qui relèvent la plupart du temps de la réglementation sur les installations classées. Le présent guide ne traite pas des installations mais uniquement des composants et des systèmes qui les constituent et qui sont visés par des réglementations applicables à leur mise sur le marché.

Les réglementations applicables aux systèmes stationnaires, les directives européennes ESP, machines, ATEX, CEM, Basse tension, et leurs critères d'application sont décrites de façon plus détaillée aux chapitres 6 et 7. Leurs critères d'application aux systèmes à hydrogène sont présentés dans le Tableau 1.

Les modalités d'application de ces directives aux divers systèmes et composants sont décrites au chapitre 5.

Ces directives sont aussi applicables aux véhicules industriels à usage interne tels que les chariots élévateurs, engins de chantier et autres machines mobiles à hydrogène qui ne sont pas destinés à rouler sur des routes publiques.

Directive	Critère principal d'application	Commentaire
ESP 2014/68/UE (Chapitre 7.2)	Pression de service > 0,5 barg Les procédures varient en fonction de la valeur du produit Pression x Volume pour les récipients ou Pression x DN pour les tuyauteries	La plupart des systèmes à hydrogène mettent en œuvre l'hydrogène à pression élevée et sont donc a priori concernés par la directive ESP. Le recours à un organisme notifié est obligatoire dans la plupart des cas sauf pour les récipients concernés uniquement par l'article 4.3 (PS.V≤25 bar.L ou V≤1 L et PS≤200 bar), qui doivent être construits selon les règles de l'art, ne font pas l'objet d'une évaluation de conformité et ne sont pas marqués CE au titre de la DESP, et la catégorie I (25≤PS.V≤50 bar.L et PS≤200 bar) qui relève du contrôle interne de la production (« auto-certification »)
Machines 2006/42/CE (Chapitre 7.3)	Élément mobile mu par une énergie autre qu'humaine (ou dispositif de levage actionné par la force humaine)	Les systèmes à hydrogène entrent souvent dans le champ de la directive machines du fait de la présence d'éléments mobiles tels que ventilateurs, compresseurs, pompes... Il n'est pas nécessaire de recourir à un organisme notifié, sauf pour des catégories de machines très spécifiques listées à l'annexe IV de la directive
ATEX 2014/34/UE (Chapitre 7.4)	Utilisation prévue en atmosphère explosible Présence de source d'inflammation propre	L'hydrogène étant un gaz inflammable, le risque d'explosion est toujours à évaluer. La directive ATEX ne s'applique que si le système lui-même est destiné à être utilisé en ATEX ou s'il génère une ATEX externe dans laquelle il est donc susceptible de fonctionner. Si l'atmosphère explosive n'est présente qu'à l'intérieur de l'équipement, et que celui-ci relève de la directive machines, alors la directive ATEX ne s'applique pas au système. Ses composants doivent néanmoins être adaptés au type d'atmosphère dans laquelle ils opèrent. Le recours à un organisme notifié est nécessaire pour les appareils de catégorie 1 ou 2 destinés à être utilisés en zone 0 ou 1 (et 20 pour les poussières).
CEM 2014/30/UE (Chapitre 7.5)	Appareils ou installations susceptibles de produire des perturbations électromagnétiques, ou dont le	La présence de systèmes électroniques actifs est souvent un critère déterminant pour l'application de la directive CEM. Ils sont

Directive	Critère principal d'application	Commentaire
	fonctionnement peut être affecté par de telles perturbations.	notamment présents dans les systèmes à hydrogène pour la régulation ou la sécurité. Le recours à un organisme notifié est facultatif.
<b>Basse tension 2014/35/UE (Chapitre 7.6)</b>	Matériel électrique destiné à être employé à une tension nominale comprise entre 50 et 1 000 V pour le courant alternatif et 75 et 1 500 V pour le courant continu	Les systèmes produisant de l'hydrogène à partir d'électricité ou de l'électricité à partir d'hydrogène sont naturellement concernés par cette directive, mais elle concerne aussi de manière générale tout système alimenté en courant électrique à basse tension. Pas de recours à un organisme notifié.
<b>ROHS 2011/65/UE (Chapitre 7.7)</b>	« Equipements électriques et électroniques » ou «EEE»: équipements fonctionnant grâce à des courants électriques ou à des champs électromagnétiques, et les équipements de production, de transfert et de mesure de ces courants et champs, conçus pour être utilisés à une tension ne dépassant pas 1 000 volts en courant alternatif et 1 500 volts en courant continu	La directive vise à éliminer des équipements électriques et électroniques certaines substances chimiques nocives. Les systèmes à hydrogène sont a priori concernés s'ils intègrent des composants électriques ou électroniques. Pas de recours à un organisme notifié.

Tableau 1 : Critères d'application des principales directives européennes applicables pour la mise sur le marché des systèmes à l'hydrogène stationnaires

Toutes ces directives ont en commun de définir des exigences de sécurité et de prévoir des procédures d'évaluation de la conformité faisant appel, lorsque les enjeux de sécurité le justifient, à des organismes certificateurs, les organismes notifiés. Ceux-ci ont pour rôle d'évaluer et de certifier la conformité des produits avant leur mise sur le marché. Dans plusieurs cas cependant les directives relatives à la mise sur le marché prévoient que cette évaluation soit faite par le fabricant lui-même sans recours à un organisme notifié. On parle dans ce cas d'auto-certification, bien que ce terme n'ait pas de définition réglementaire. Le cadre législatif européen décrit en détail au chapitre 6 et 7 prévoit que les produits mis sur le marché doivent être conformes aux exigences de sécurité. Cette conformité est présumée acquise lorsqu'ils sont conformes aux normes européennes harmonisées. Dans le cas contraire, il convient de démontrer que la conformité est obtenue par d'autres moyens. La présomption de conformité aux exigences de la directive du fait de la conformité aux normes harmonisées ne dispense pas de faire appel à un organisme notifié lorsque la réglementation l'exige. Son rôle est notamment d'évaluer la conformité aux normes harmonisées avant de certifier la conformité aux exigences essentielles de la réglementation.

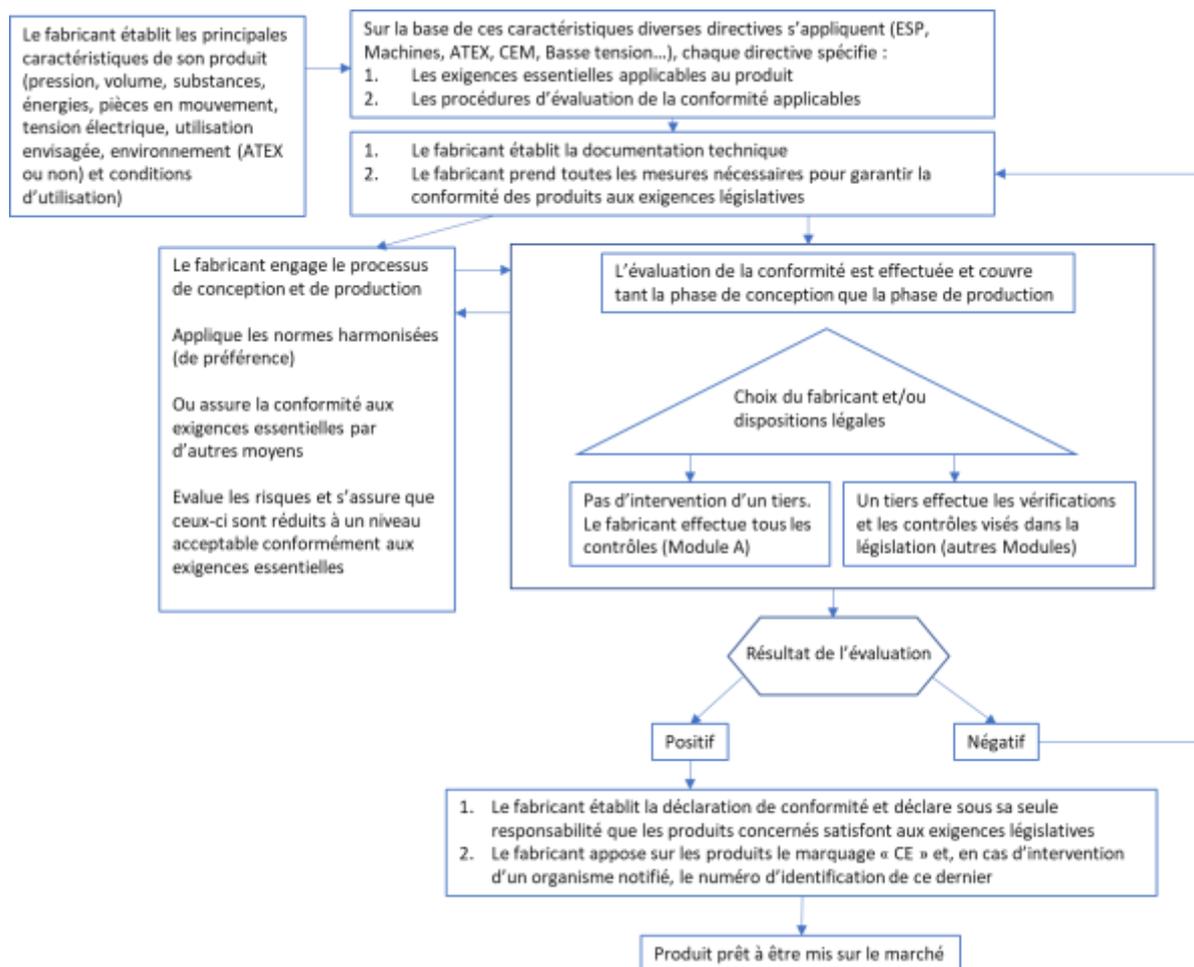


Figure 4 : Démarche générale d'évaluation de la conformité selon les directives relevant du « nouveau cadre législatif européen »<sup>4</sup>

### 3.5 Synthèse des réglementations applicables aux véhicules routiers et composants embarqués dans ces véhicules

Pour les véhicules routiers et composants embarqués d'autres réglementations s'appliquent : jusqu'au 5 juillet 2022 le règlement européen (CE) 79/2009 et son règlement d'application 406/2010. Conformément au Règlement (UE) 2019/2144 du Parlement européen et du conseil du 27 novembre 2019 ces deux règlements (CE 79/2009 et 406/2010) seront remplacés par le règlement ONU R134 qui est une référence au niveau mondial, en particulier dans l'espace économique européen (ECE)<sup>5</sup>. Le règlement (UE) 2019/2144 prévoit que des textes d'application viendront compléter le règlement R134 pour définir les détails des exigences. En l'occurrence, le règlement d'exécution (UE) 2021/535 a été publié le 31 mars 2021. Ces textes réglementaires et les normes qui viennent en support pour leur application sont présentés au chapitre 8.

Règlementation	Date d'application	Champ d'application
Règlements (CE) n° 79/2009 et n°406/2010	Règlement en vigueur jusqu'au 5 juillet 2022. A partir de cette date l'Europe appliquera le	Véhicules fonctionnant à l'hydrogène de catégorie M et N (selon directive 2007/46/CE), composants hydrogène destinés

<sup>4</sup> Adapté du Guide bleu relatif à la mise en œuvre de la réglementation de l'Union européenne sur les produits 2016, (2016/C 272/01)

<sup>5</sup> Le règlement ONU N° R134 est issu des travaux du WP29 de la commission économique pour l'Europe de l'ONU (UNECE), dont est aussi issu le règlement technique global GTR 13. Le contenu technique de ces textes en ce qui concerne les spécifications du système de stockage d'hydrogène comprimé à bord du véhicule sont identiques. Le détail du contenu de ces deux règlements est donné au chapitre 8.

	règlement R134 complété par une série d'actes de mise en œuvre à publier en 2021	à ces véhicules, systèmes hydrogène destinés à ces véhicules
<b>Règlement ONU N° 134 (UNECE) R134</b>	En vigueur au niveau mondial depuis le 15 juin 2015 (annexé à l'accord de 1958 <sup>6</sup> ) sera la référence pour l'Union Européenne à partir du 5 juillet 2022	Véhicules de catégorie M et N fonctionnant à l'hydrogène et leurs composants
<b>Règlement d'exécution (UE) 2021/535</b>	Applicable à partir du 6 juillet 2022	Complète le règlement ONU R134 avec des spécifications relatives aux systèmes de stockage d'hydrogène liquide et aux matériaux utilisables pour le système de stockage d'hydrogène

Tableau 2 : Synthèse des réglementations applicables aux véhicules routiers

### 3.6 Synthèse des réglementations applicables aux autres moyens de transport

D'autres applications de l'hydrogène sont actuellement en cours de développement, pour le transport ferroviaire, aérien, maritime ou fluvial. Pour chacun de ces domaines d'application, un cadre réglementaire existe, qui prévoit des procédures d'évaluation de la conformité des véhicules concernés et de leurs composants. Ces réglementations ne sont pas adaptées spécifiquement à l'utilisation d'hydrogène comme carburant et la certification ou l'homologation des véhicules à hydrogène se fait généralement dans un cadre dérogatoire.

Le présent guide n'a pas pour objectif de présenter en détail ces réglementations, dont l'application aux systèmes à hydrogène nécessite encore d'importantes évolutions. Le tableau suivant présente les principales instances de régulation en charge de mettre en place ou d'adapter le cadre de réglementation applicable aux futurs systèmes à hydrogène et en identifie le ou les textes principaux. Des compléments sont présentés au chapitre 10.

	Instance de régulation	Réglementation cadre
<b>Transport aérien</b>	Agence européenne de la sécurité aérienne (AESA)	RÈGLEMENT (UE) N° 748/2012 DE LA COMMISSION du 3 août 2012 établissant des règles d'application pour la certification de navigabilité et environnementale des aéronefs et produits, pièces et équipements associés, ainsi que pour la certification des organismes de conception et de production
<b>Transport maritime</b>	International maritime organisation (IMO) Direction générale des infrastructures, des transports et de la mer (DGITM)	Conventions internationales maritimes (SOLAS, Code IGF...) Arrêté du 23 novembre 1987 relatif à la sécurité des navires
<b>Transport fluvial</b>	Commission centrale pour la navigation du Rhin (CCNR)	DIRECTIVE (UE) 2016/1629 DU PARLEMENT EUROPÉEN ET DU CONSEIL du 14 septembre 2016 établissant les prescriptions techniques applicables aux bateaux de navigation intérieure, modifiant la

<sup>6</sup> Accord de 1958 concernant l'adoption de Règlements techniques harmonisés de l'ONU applicables aux véhicules à roues et aux équipements et pièces susceptibles d'être montés ou utilisés sur les véhicules à roues et les conditions de reconnaissance réciproque des homologations délivrées conformément à ces Règlements

	Direction générale des infrastructures, des transports et de la mer (DGITM)	directive 2009/100/CE et abrogeant la directive 2006/87/CE
<b>Transport ferroviaire</b>	Agence européenne pour les chemins de fer (ERA) Etablissement public de sécurité ferroviaire (EPSF)	Directive (UE) 2016/798 du parlement européen et du conseil du 11 mai 2016 relative à la sécurité ferroviaire Directive (UE) 2016/797 du parlement européen et du conseil du 11 mai 2016 relative à l'interopérabilité du système ferroviaire au sein de l'Union européenne Règlement d'exécution (UE) 2018/545 de la Commission du 4 avril 2018 - Modalités pratiques du processus d'autorisation des véhicules ferroviaires Décret n° 2019-525 du 27 mai 2019 relatif à la sécurité et à l'interopérabilité du système ferroviaire et modifiant ou abrogeant certaines dispositions réglementaires

Tableau 3 : Synthèse des cadres réglementaires applicables aux autres moyens de transport

### 3.7 Cadres normatifs applicables aux systèmes à hydrogène

Ce guide présente conjointement le cadre réglementaire, essentiellement européen, et les normes applicables aux systèmes à hydrogène qui peuvent émaner de diverses instances de normalisation. A quelques exceptions près, les normes résultent d'une démarche volontaire d'acteurs du monde économique, qui décident conjointement de l'intérêt de produire une référence commune afin de faciliter l'atteinte d'un niveau de qualité, de sécurité, d'interopérabilité des produits.

Les organismes de normalisation correspondent à divers niveaux géographiques : national (AFNOR pour la France, DIN pour l'Allemagne, etc.), européen (CEN/CENELEC/ETSI), mondial (ISO, IEC. Certains organismes de normalisation peuvent être très spécialisés (EUROCAE pour l'aviation au niveau européen, SAE International au niveau mondial pour l'automobile et l'aviation).

Une norme internationale (ISO, par exemple) ne reflète pas nécessairement un consensus de l'ensemble des pays membres de l'ISO, mais d'un nombre suffisant pour qu'elle ait été adoptée au niveau ISO. Ainsi, une norme ISO, bien que de portée internationale, peut ne pas être reconnue au niveau européen si elle n'a pas été adoptée en tant que norme EN. Dans certains cas, cette adoption au niveau européen interviendra peu de temps après l'adoption au niveau mondial. Dans d'autres cas, en revanche une différence d'approche persiste et la norme n'acquiert jamais de statut européen. De même, de nombreuses normes nationales ou européennes n'acquerront jamais le statut de norme internationale. Elles n'en demeurent pas moins des documents intéressants à prendre en compte afin d'identifier un état de l'art ou des bonnes pratiques.

La portée officielle d'une norme peut être identifiée par ses préfixes. L'adoption au niveau national des normes européennes (EN) étant quasiment automatique, le préfixe NF n'est pas systématiquement repris dans les références des normes EN citées dans le présent guide.

Les directives européennes ne peuvent se référer directement qu'à des normes européennes (EN).

Certaines normes acquièrent un statut spécial lorsqu'elles sont reconnues par les autorités publiques comme un moyen de démontrer la conformité d'un produit aux exigences réglementaires. C'est le cas des normes européennes harmonisées, dont la référence est publiée au journal officiel de l'Union Européenne, et qui confèrent une présomption de conformité aux directives européennes relatives à la mise sur le marché des produits.

En France, le développement des normes relatives aux technologies de l'hydrogène se fait sous l'égide des commissions de normalisation E29D « Technologies de l'hydrogène » et UF 105 « Piles à combustible ». Au niveau européen, ces développements ont lieu dans le cadre des comités techniques TC 268 « récipients cryogéniques » et TC 6 « Hydrogène dans les systèmes énergétiques », et, au niveau international, dans le cadre des comités techniques ISO TC 197 « Technologies de l'hydrogène », CEI TC 105 « Piles à combustible » et, pour l'automobile, dans le comité technique ISO/TC 22/SC 41 « Aspects spécifiques des combustibles gazeux ».

Le présent guide recense les normes les plus pertinentes à la date de sa rédaction. Le lecteur peut trouver une liste actualisée des normes relatives aux systèmes à hydrogène sur le site [fuelcellstandards.com](http://fuelcellstandards.com)<sup>7</sup>. La commission européenne publie par ailleurs la liste des normes harmonisées en lien avec les directives citées régulièrement mise à jour<sup>8</sup>.

### 3.8 **L'analyse et l'évaluation des risques au cœur de la démarche d'évaluation de la conformité des systèmes**

Les réglementations présentées dans ce guide ont toutes pour objectif de traiter les risques que peuvent présenter les produits mis sur le marché. Le chapitre 4 suivant présente une synthèse des risques spécifiques des systèmes à hydrogène.

La plupart de ces réglementations et les normes qui leurs sont associées ont en commun de conférer un rôle central à l'analyse et l'évaluation des risques. Elles constituent une étape fondamentale pour identifier les exigences de sécurité applicables au système, déterminer les situations et scénarios à risques et les mesures à mettre en œuvre pour traiter ces risques et répondre à ces exigences.

L'analyse et l'évaluation des risques constituent donc souvent une pièce centrale de la documentation technique du système requise pour l'évaluation de la conformité.

La démarche d'analyse et d'évaluation des risques est itérative. Il est courant et de bonne pratique d'effectuer une analyse de risques au début de la démarche de conception d'un système et de l'actualiser à mesure que les détails de la conception se précisent et de valider que le système tel que conçu présente bien un niveau de risque maîtrisé et acceptable.

Il est essentiel que l'analyse et l'évaluation des risques soient réalisées de façon rigoureuse, en groupe de travail composé de personnes ayant une bonne connaissance du système étudié, de son utilisation, de sa maintenance. Le groupe doit être animé par une personne ayant une bonne maîtrise de la démarche et des méthodes d'analyse de risques. Cette personne doit être en mesure d'orienter le choix vers une méthode adaptée en fonction de la nature du système et du contexte de l'étude, APR, AMDEC, HAZOP, par exemple<sup>9</sup>. L'analyse de risques doit s'appuyer non seulement sur les connaissances du groupe de travail, mais aussi sur le retour d'expérience documenté dans des bases de données spécialisées telles que la base h2tools<sup>10</sup>, European Hydrogen Safety Panel<sup>11</sup> ou généralistes comme la base ARIA<sup>12</sup> du BARPI. L'analyse de risques doit viser l'exhaustivité en s'appuyant autant que possible sur des normes ou guides qui identifient des événements ou défauts pertinents pour le système considéré ainsi que des dispositifs et mesures de sécurité adaptés. La norme EN ISO 12100 fournit le cadre essentiel pour l'évaluation des risques machines. D'autres normes citées dans ce guide fournissent des éléments plus spécifiques aux systèmes à hydrogène.

L'analyse de risques débouche généralement sur une étape d'appréciation du risque, c'est-à-dire de détermination du niveau de gravité des conséquences et de probabilité des scénarios identifiés au cours de l'analyse. Selon le contexte, l'appréciation du risque peut faire appel à des calculs ou modélisation ou au contraire au jugement d'expert, notamment lorsque les données issues du retour d'expérience manquent pour appuyer une estimation quantitative.

L'évaluation des risques doit permettre de déterminer si le risque est acceptable. C'est souvent une étape délicate dans la mesure où il n'existe pas toujours de critères d'acceptabilité du risque définis. Ceux-ci doivent alors être établis en considérant le type de conséquences envisagées : conséquences sur les travailleurs, conséquences sur les populations ou l'environnement.

Pour les accidents majeurs susceptibles d'avoir des conséquences sur les populations, les échelles de gravité et probabilité et la grille d'analyse de la justification des mesures de maîtrise des risques définis

---

<sup>7</sup> <http://fuelcellstandards.com>

<sup>8</sup> <https://ec.europa.eu/growth/single-market/european-standards/harmonised-standards/>

<sup>9</sup> La norme ISO 31010 présente des exemples d'outils d'analyse de risques. Voir aussi ISO/TR 14121-2, Sécurité des machines – Appréciation du risque – partie 2 : Lignes directrices pratiques et exemples de méthodes

<sup>10</sup> <http://h2tools.org/lessons>

<sup>11</sup> <https://www.fch.europa.eu/page/european-hydrogen-safety-panel>

<sup>12</sup> <https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/>

par l'arrêté de 26 mai 2014<sup>13</sup> et la circulaire du 10 mai 2010<sup>14</sup> peuvent servir de guide pour évaluer le niveau de maîtrise des risques sur un système. Les méthodes pour déterminer les exigences de niveau d'intégrité de sécurité décrites dans la norme EN 61508-5 peuvent aussi être utilisées comme cadre pour établir un niveau d'acceptabilité du risque.

Pour les conséquences sur les travailleurs, on pourra s'appuyer sur des méthodologies telles que celle présentée dans l'EN ISO 13849-1 ou l'IEC 62061 pour déterminer les niveaux de performance (PL) ou niveaux d'intégrité de sécurité (SIL) requis pour les systèmes de sécurité. L'approche s'apparente à celles décrites dans la norme EN 61508-5.

## 4 Les enjeux de sécurité des systèmes à hydrogène

---

Du fait des propriétés dangereuses et des conditions de mise en œuvre de l'hydrogène, les systèmes à hydrogène présentent des dangers. Les risques qui en résultent doivent être réduits au strict minimum. C'est l'objectif des réglementations et normes présentées dans ce guide.

Le rapport technique *ISO TR 15916 Considérations fondamentales pour la sécurité des systèmes à l'hydrogène* présente les principaux enjeux de sécurité. Il constitue aussi une référence essentielle quant à la compatibilité des matériaux avec l'hydrogène.

Le lecteur pourra aussi utilement consulter les études de l'Ineris et de l'ADEME relatives aux électrolyseurs<sup>15,16</sup>, au stockage, aux stations de distribution<sup>17</sup> et aux piles à combustible stationnaires<sup>18</sup>.

### 4.1 Inflammabilité

L'hydrogène est un gaz inflammable qui présente un domaine d'inflammabilité large avec une limite inférieure d'inflammabilité de 4% et une limite supérieure à 75% dans des conditions normales de température et de pression. L'hydrogène a aussi une énergie minimale d'inflammation très faible de 17  $\mu$  dans l'air, ce qui en fait un des gaz les plus facilement inflammables.

En cas de fuite et de mélange avec l'oxygène de l'air, l'hydrogène peut former une atmosphère explosive. Si celle-ci est enflammée, cela provoque des effets thermiques et de pression dont l'intensité varie en fonction de la concentration d'hydrogène et d'oxygène dans le mélange et des conditions d'environnement.

Une fois enflammée, la fuite forme un jet enflammé (ou feu torche). La flamme a une température très élevée (supérieure à 2000°C) et est difficilement visible en plein jour, son rayonnement étant principalement dans le domaine ultraviolet.

La flamme se propage beaucoup plus rapidement dans un mélange inflammable d'hydrogène et d'air que dans un mélange inflammable composé de combustibles usuels (méthane, propane, essence...) ce qui augmente le risque de la transition du régime de combustion de la déflagration vers la détonation en cas d'explosion. Les conséquences d'une explosion d'hydrogène peuvent donc être plus importantes que dans le cas d'autres gaz inflammables.

L'introduction d'oxygène dans l'hydrogène au sein des équipements, électrolyseurs et compresseurs en particulier, peut conduire à la formation d'un mélange inflammable dans ces équipements.

Le caractère extrêmement inflammable de l'hydrogène implique que la maîtrise du risque d'explosion et du risque incendie sont cruciaux pour les systèmes à l'hydrogène.

### 4.2 Haute pression

---

<sup>13</sup> [Arrêté du 26/05/14](#) relatif à la prévention des accidents majeurs dans les installations classées mentionnées à la section 9, chapitre V, titre Ier du livre V du code de l'environnement

<sup>14</sup> [Circulaire du 10 mai 2010 récapitulante](#) les règles méthodologiques applicables aux études de dangers, à l'appréciation de la démarche de réduction du risque à la source et aux plans de prévention des risques technologiques (PPRT) dans les installations classées en application de la loi du 30 juillet 2003

<sup>15</sup> Etude comparative des réglementations, guides et normes concernant les électrolyseurs et le stockage d'hydrogène, rapport d'étude Ineris N°DRA-15-149420-06399C

<sup>16</sup> Guide d'information sur les risques et les mesures de sécurité liés à la production décentralisée d'hydrogène, Etude Ineris, ENEA Consulting pour le compte de l'ADEME

<sup>17</sup> Benchmark stations-service hydrogène, rapport Ineris DRA-14-141532-06227C

<sup>18</sup> Pile à combustible stationnaire : Contexte Réglementaire et normatif international et national, risques potentiels : Rapport d'étude Ineris N° DRA-17-156712-00653A

La plupart des systèmes à hydrogène mettent en œuvre l'hydrogène sous haute pression, notamment pour permettre le stockage d'une grande quantité d'hydrogène dans un volume restreint.

Les pressions varient de quelques mbar dans les systèmes de pile à combustible jusqu'à 100 MPa (1000 bar) dans certains systèmes de stockage sous pression.

La haute pression peut être à l'origine de phénomènes dangereux. L'éclatement d'une capacité sous pression génère une onde de pression importante et des projectiles. Elle libère aussi instantanément le gaz contenu, qui, s'il est inflammable, ce qui est le cas de l'hydrogène, peut s'enflammer et générer une explosion ou un flash dont les effets thermiques et de pression viennent se cumuler avec les effets de l'éclatement de la capacité.

### 4.3 Compatibilité des matériaux avec l'hydrogène

L'hydrogène, du fait de la taille très faible de sa molécule, présente un risque de diffusion au sein des matériaux. Dans certains matériaux cet hydrogène dissout peut fragiliser le matériau, le dégrader, conduire à des phénomènes de fissuration ou de cloquage lors de la décompression.

Des détails sur ce phénomène et sur les matériaux qui y sont sensibles sont présentés dans le rapport *ISO/TR 15916: 2015 Considérations fondamentales pour la sécurité des systèmes à l'hydrogène*. La norme *NF EN ISO 11114-4* présente des méthodes d'essai pour le choix de matériaux métalliques résistants à la fragilisation par l'hydrogène. Les normes *NF EN ISO 11114-1* et *EN ISO 11114-2* fournissent des exemples génériques de matériaux compatibles.

Le guide *ISO/TR 15916* fait actuellement l'objet d'une révision dans le cadre de l'ISO TC 197 Technologies de l'hydrogène afin de compléter en particulier les données et recommandations relatives à la compatibilité des matériaux avec l'hydrogène.

### 4.4 Dangers associés à l'utilisation de l'hydrogène liquide

L'hydrogène liquide présente des dangers spécifiques liés à la température, -253°C, à laquelle il est stocké. Le maintien en température de l'hydrogène liquide implique que le réservoir de stockage soit isolé thermiquement. Cette isolation peut être obtenue par le vide entre deux parois ou par un isolant thermique solide. En cas de perte de cet isolement thermique, l'hydrogène liquide se transforme rapidement en gaz, ce qui peut conduire à une surpression dans le réservoir et à sa rupture s'il n'est pas adéquatement protégé contre les surpressions. Des phénomènes de condensation d'air sur les parois froides peuvent conduire à des problèmes mécaniques ou former des mélanges enrichis en oxygène potentiellement dangereux.

En cas d'épandage, divers phénomènes spécifiques peuvent survenir :

- Formation d'une flaque d'hydrogène liquide qui s'évapore rapidement,
- Formation d'un nuage inflammable d'hydrogène gazeux,
- Condensation d'air en contact avec l'hydrogène liquide, avec risque d'enrichissement en oxygène,
- Risque de brûlure par le froid en cas de contact.

### 4.5 Autres enjeux de sécurité non spécifiques à l'hydrogène

Au-delà des risques spécifiques à l'hydrogène présentés dans les paragraphes qui précèdent, les systèmes à hydrogène présentent des risques plus génériques dont le traitement est un point essentiel de la démarche de mise en conformité.

- Risque électrique, lié à l'utilisation de courant, en général à basse tension (moins de 1500 V alternatif).
- Compatibilité électromagnétique, liée à l'utilisation de composants électroniques pour la régulation notamment mais aussi pour la sécurité. La compatibilité électromagnétique doit être comprise dans les deux sens: innocuité du système pour les appareils électroniques qui l'entourent et innocuité des sources potentielles de perturbation électromagnétique pour le fonctionnement du système à hydrogène, en particulier pour ses fonctions de sécurité.
- Risques mécaniques associés aux éventuelles pièces mobiles présentes dans les systèmes à hydrogène, mais aussi, par exemple, aux moyens prévus pour en assurer la manutention,
- Risques chimiques, lié à l'emploi de substances dangereuses telles que les électrolytes alcalins ou présents plus indirectement du fait de la présence de certaines substances dangereuses pour l'environnement dans les matériaux utilisés pour fabriquer les composants du système.

## 5 Typologie des systèmes à hydrogène

Les paragraphes suivants présentent les principaux systèmes à hydrogène et leurs composants. Cette présentation volontairement succincte a pour objectif de mieux cerner les enjeux de sécurité associés à chaque technologie et ses applications et d'introduire ainsi la réglementation qui lui est applicable. Les normes ISO ou EN spécifiques à chaque technologie sont aussi présentées dans ce chapitre. Des informations sur les normes spécifiques à l'hydrogène applicables dans d'autres pays ou zones géographiques peuvent être trouvées sur le site [fuelcellstandards.com](http://www.fuelcellstandards.com)<sup>19</sup>. Le chapitre 7 présente par ailleurs les normes harmonisées pertinentes associées aux directives « nouvelle approche » (ESP, Machines, ATEX...).

Des détails complémentaires sur les technologies peuvent être trouvés dans la rubrique « Tout savoir sur » du site Internet de France Hydrogène<sup>20</sup> qui a constitué une des sources principales des paragraphes qui suivent.

1. Domaine d'application	7. Implantation et règles associées
2. Références normatives	7.1 Généralités
3. Termes et définitions	7.2 Distances de dégagement
4. Considérations fondamentales de sécurité	7.3 Installations dans un local
5. Prévention et maîtrise des risques d'inflammation	7.4 Installation en toiture terrasse
5.1. Classement des emplacements et choix des équipements	7.5 Installation de ravitaillement en hydrogène gazeux de chariots élévateurs en entrepôts
5.2. Circuit de protection électrique et mise à la terre	8. Règles de ventilation et détection
6. Exigences relatives aux éléments de l'installation	8.1 Système de ventilation
6.1. Aptitude aux conditions de service	8.2 Systèmes de détection d'hydrogène
6.2. Sécurité électrique	9. Systèmes de mise en sécurité
6.3. Choix des matériaux	9.1 Systèmes assurant des fonctions de sécurité
6.4. Equipements de production d'hydrogène	9.2 Dispositifs d'arrêt d'urgence
6.5. Piles à combustible	9.3 Vannes d'isolement de sécurité
6.6 Tuyauteries d'hydrogène et raccords	9.4 Dispositifs de protection contre les surpressions
6.7 Systèmes de mise à l'air d'hydrogène	9.5 Dispositifs de décharge d'urgence
6.8 Compresseurs d'hydrogène	10. Installation et mise en service
6.9 Systèmes de stockage	10.1 Exigences à respecter par l'installateur
6.10 Systèmes de ravitaillement de véhicules	10.2 Inspection et essais
6.11 Intégration d'équipements en armoire et conteneurs	10.3 Mise en service
	11. Maintenance
	11.1 Sécurité des opérations de maintenance
	11.2 Programme d'entretien
	11.3 Enregistrement permanent
	Annexe A Conditions d'installation d'un système mettant en œuvre l'hydrogène
	Annexe B Distances de dégagement pour un système installé à l'extérieur
	Annexe C Activités d'entretien
	Annexe D Règles d'intervention

Tableau 4 : Extrait de la table des matières de la norme NF M 58-003

La norme NF M58-003 :2013 Installation des systèmes mettant en œuvre l'hydrogène (cf. Tableau 4) fournit un cadre utile pour appréhender la sécurité des systèmes décrits dans le présent chapitre. Elle est complémentaire aux normes spécifiques à chaque type de système, vers lesquelles elle renvoie. Cette

<sup>19</sup> <http://www.fuelcellstandards.com> site géré par la FCHEA (Fuel Cell and Hydrogen Energy Association)

<sup>20</sup> <https://www.afhypac.org/documentation/tout-savoir/>

norme datant de 2013, de nombreuses références citées sont maintenant obsolètes. Le lecteur trouvera dans le présent guide une liste de normes et réglementations actualisée dont certaines sont décrites plus en détail dans les prochains paragraphes.

Le choix a été fait dans ce guide de ne présenter que les technologies correspondant aux « nouveaux » usages de l'hydrogène énergie. Les technologies conventionnelles de production de l'hydrogène par reformage ou d'utilisation de l'hydrogène comme matière première dans l'industrie chimique ne sont volontairement pas présentées.

## 5.1 Production d'hydrogène par électrolyse<sup>21</sup>

L'électrolyse de l'eau est un procédé électrochimique produisant de l'hydrogène et de l'oxygène à partir d'eau et d'électricité.

Cette réaction est mise en œuvre dans des cellules d'électrolyse contenant de l'eau avec deux compartiments séparés par un diaphragme ou une membrane.

L'hydrogène est produit dans l'un des deux compartiments, l'oxygène dans l'autre.

Deux voies d'électrolyse de l'eau sont actuellement utilisées à l'échelle industrielle : la voie alcaline et la voie PEM. Elles diffèrent par le type d'électrolyte, c'est-à-dire par le support qui assure l'équilibre électrique dans le bain réactionnel.

D'autres technologies sont actuellement en cours de développement (SOEC, électrolyse basée sur l'électrochimie du zinc).

### 5.1.1 Electrolyseur alcalin

La voie alcaline utilise une solution aqueuse d'électrolyte alcalin (hydroxyde de sodium ou de potassium) : les électrons circulent de la cathode (électrode négative) vers l'anode (électrode positive) par le circuit électrique. Le compartiment contenant la cathode consomme de l'eau pour produire de l'hydrogène et des ions hydroxyde (OH<sup>-</sup>), tandis que le compartiment contenant l'anode consomme des ions hydroxyde et produit de l'oxygène (voir réactions en Tableau 5 et schéma en Figure 5). Les deux compartiments sont séparés par un diaphragme à travers lequel passent les ions hydroxyde.

### 5.1.2 Electrolyseur PEM (Proton Exchange Membrane)

L'électrolyse PEM utilise un électrolyte solide sous forme de membrane polymère conductrice de protons qui sépare les deux compartiments. Les électrons circulent également par le circuit électrique de la cathode vers l'anode. Les deux électrodes sont collées à la membrane.

L'eau s'oxyde sur l'anode pour former de l'oxygène et des protons, libérant des électrons. Les protons (ions H<sup>+</sup>) traversent la membrane et se recombinent à la cathode pour former de l'hydrogène en captant des électrons (voir réactions en Tableau 5 et schéma en Figure 5).

Pour les grands électrolyseurs, les cellules d'électrolyse sont disposées en série dans des empilements. Un électrolyseur peut en contenir plusieurs.

Dans chaque empilement, de l'eau circule dans les compartiments hydrogène et oxygène. D'un côté l'eau s'enrichit en hydrogène gazeux et de l'autre côté elle s'enrichit en oxygène gazeux.

Propriétés	Electrolyse alcaline	Electrolyse PEM
Réaction de production d'hydrogène à la cathode	$2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$	$2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2$
Réaction de production d'oxygène à l'anode	$2\text{OH}^- \rightarrow \text{H}_2\text{O} + 1/2 \text{O}_2 + 2\text{e}^-$	$\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{H}^+ + 1/2 \text{O}_2 + 2\text{e}^-$

Tableau 5 : Réactions électrochimiques à la cathode et à l'anode d'un électrolyseur alcalin et PEM

<sup>21</sup> Contenu adapté du Guide d'information sur les risques et les mesures de sécurité liés à la production décentralisée d'hydrogène – Ineris, ENEA Consulting, Ademe, 2015

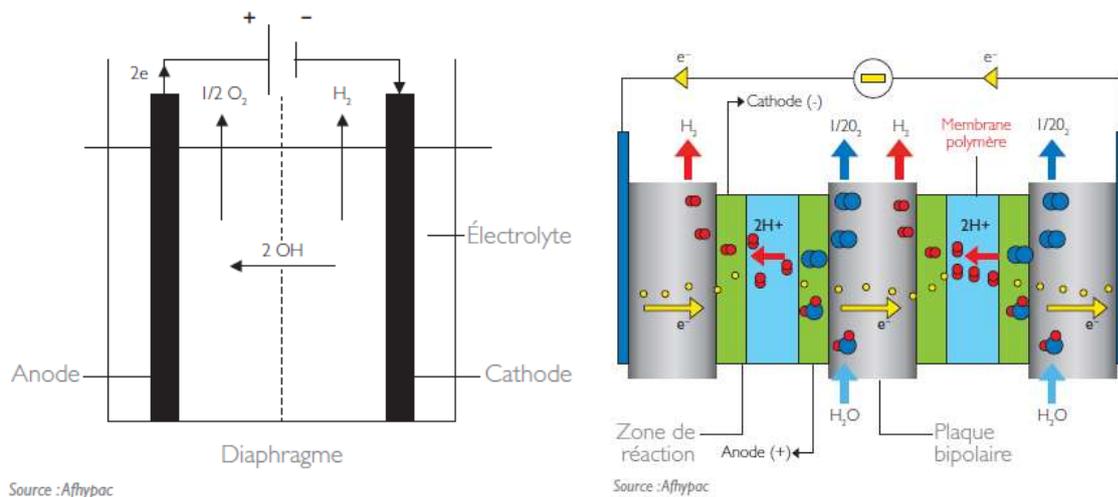


Figure 5 : Principe de fonctionnement d'une cellule d'électrolyseur alcalin (gauche) et d'une cellule d'électrolyseur PEM (droite)

### 5.1.3 Autres technologies d'électrolyse

D'autres technologies d'électrolyse existent à un stade plus ou moins avancé de développement et de commercialisation.

#### 5.1.3.1 Electrolyse haute température (SOEC)

La technologie SOEC (solid oxide electrolyzer cell), vise de hauts rendements de conversion d'électricité en hydrogène.

Le principe consiste à réaliser l'électrolyse à haute température (700 à 800°C), ce qui permet de réduire fortement la consommation d'électricité. Un apport de chaleur est nécessaire, mais la majorité de cette chaleur peut être récupérée sur les gaz produits. Toutefois, les hautes températures nécessitent l'utilisation de matériaux spécifiques : c'est pourquoi l'électrolyte et les électrodes sont conçus à base de céramiques. La vapeur d'eau est introduite à la cathode où sont produits l'hydrogène et les anions superoxydes  $O_2^-$ .

#### 5.1.3.2 Electrolyse haute pression basée sur la chimie du zinc

La technologie haute pression basée sur la chimie du zinc a été développée par la société ERGOSUP. Elle repose sur la séparation temporelle des phases de production d'oxygène et d'hydrogène en utilisant le zinc comme intermédiaire. Celui-ci est oxydé pendant une phase d'attaque acide, produisant alors de l'hydrogène à haute pression (jusqu'à 200 bar). Il est ensuite régénéré par électrolyse, se déposant à la cathode avec production d'oxygène.

Malgré la répartition dans le temps des deux étapes de l'électrolyse, la nature des opérations et réactions chimiques reste assez similaire à celles se produisant dans un électrolyseur classique.

#### 5.1.3.3 Electrolyse à membrane échangeuse d'anions

La technologie d'électrolyse à membrane échangeuse d'anions est actuellement en plein développement. Le principe est de remplacer le diaphragme par une membrane échangeuse d'anions (Anion Exchange Membrane - AEM). Cette solution combine les avantages des systèmes PEM et des systèmes alcalins, avec notamment la possibilité d'utiliser des métaux moins onéreux pour fabriquer les catalyseurs, comme le nickel ou le fer. Présentant encore des problèmes de stabilité, cette technologie est cependant amenée à se développer fortement dans un futur proche.

Technologie		Alcalin	PEM	SOEC	AEM <sup>22</sup>	Haute pression basée sur l'électrochimie du Zn <sup>23</sup>
Anode		$4OH^- \rightarrow 2H_2O + O_2 + 4e^-$	$H_2O \rightarrow 2H^+ + 1/2O_2 + 2e^-$	$2O^{2-} \rightarrow O_2 + 4e^-$	$4OH^- \rightarrow 2H_2O + O_2 + 4e^-$	$H_2O \rightarrow 2H^+ + 1/2O_2 + 2e^-$
Cathode		$4H_2O + 4e^- \rightarrow 2H_2 + 4OH^-$	$2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2$	$4H_2O + 4e^- \rightarrow 2H_2 + 4OH^-$	$4H_2O + 4e^- \rightarrow 2H_2 + 4OH^-$	(étape de dépôt) $Zn^{2+} + 2e^- \rightarrow Zn$ (étape d'attaque) $2H^+ + Zn \rightarrow Zn^{2+} + H_2$
Electrodes		Ni/Fe	Métaux nobles (Pt, Ir...)	Céramique dopée Ni	Ni	
Pureté H2	%	99,3-99,9	99,95	99,4	99,9	
Démarrage à froid		10-20 minutes sauf si maintien en température	<10 min	-	-	
Débit maximal d'H2	Nm <sup>3</sup> /h	0,25 à 750	0,01 à 240	0,1 à 1		
Puissance électrique max <sup>24</sup>	kW	4500	13000		1,3 à 4,8 <sup>22</sup>	
Pression	bar	1 à 50	1 à 80	5 à 30	35	200 (objectif d'atteindre 350 bar)
Température	°C	20 à 90	20 à 200	600 à 800	20 à 200	20
Rendement de conversion électricité → H <sub>2</sub>	%	70 à 85	Jusqu'à 90	Jusqu'à 100	39 <sup>22</sup>	
Avantages		Technologie mature Prix	Rapidité de variation de charge et démarrage à froid Grande plage de fonctionnement Compacité	Rendement élevé Réversibilité possible : fonctionnement en mode pile à combustible	Pas de métaux nobles	Production directe à haute pression
Inconvénients		Electrolyte corrosif Faible réactivité	Coût élevé des membranes Utilisation de métaux nobles Durée de vie plus limitée que pour l'électrolyse alcaline	Au stade démonstration Durée de vie	Stabilité et durée de vie Premier stade commercial	Premier stade commercial

Tableau 6 : Caractéristiques des principales technologies d'électrolyse

<sup>22</sup> I.Vincent, D.Bessarabov Low cost hydrogen production by anion exchange membrane electrolysis: A review, Renewable and Sustainable Energy Reviews 81 (2018) 1690–1704

<sup>23</sup> <http://www.ergosup.com/>

<sup>24</sup> Basée sur la fiche Electrolyse de l'eau de France Hydrogène

#### 5.1.4 Éléments d'un système de production d'hydrogène par électrolyse

Outre les stacks (empilements de cellules) d'électrolyse, un système d'électrolyse doit intégrer un ensemble d'éléments permettant d'assurer les fonctions annexes nécessaires à son fonctionnement et à la production d'hydrogène aux caractéristiques requises. La Figure 6 présente un exemple typique de fonctions présentes dans un système à hydrogène.

L'eau utilisée dans le procédé doit être déminéralisée, afin d'éviter l'encrassement des parois ou de la membrane de l'électrolyseur. Pour cela, un module de déminéralisation, utilisant par exemple le procédé d'osmose inverse, peut être utilisé sur le site de production d'hydrogène.

Le procédé d'électrolyse libère de la chaleur qui provoque une montée en température de l'eau. Cette chaleur est évacuée par un système de refroidissement des cellules ou de l'eau, de telle sorte que la température des flux de sortie des empilements ne dépasse pas une valeur limite (typiquement fixée entre 60 °C et 80 °C).

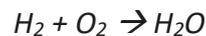
En sortie d'empilements, l'eau contenant de l'hydrogène gazeux côté cathode et celle contenant de l'oxygène gazeux côté anode sont dirigées vers deux réservoirs séparateurs distincts. Dans chacun, l'eau et son gaz sont séparés, puis l'eau est réinjectée dans les empilements.

L'oxygène en sortie de réservoir-séparateur est soit relâché dans l'atmosphère via un circuit d'évent, soit stocké pour être valorisé. L'hydrogène est envoyé vers une unité de purification.

Pour la production d'une mole d'oxygène à l'anode, deux moles d'hydrogène sont produites à la cathode. Ce phénomène crée un déséquilibre de débit qui peut, dans certains cas, créer un déséquilibre de pression que le système doit compenser.

L'hydrogène sortant du réservoir-séparateur contient encore de l'eau et quelques traces d'oxygène et d'hydroxyde en cas d'électrolyse alcaline, qui doivent être retirées du flux gazeux. C'est pourquoi un module de purification de l'hydrogène, par séchage, est souvent intégré à l'électrolyseur. La première étape de séchage consiste à refroidir ce flux à travers un échangeur pour condenser une partie de l'eau et de l'hydroxyde.

Les traces d'oxygène sont ensuite éliminées du flux, si nécessaire, au moyen d'un recombineur catalytique par réaction avec de l'hydrogène produisant ainsi de l'eau :



Enfin, l'hydrogène contenant encore de l'eau passe à travers un lit de zéolithes, un matériau capable de piéger les molécules d'eau par adsorption. Lorsque ce lit est saturé en eau, il est régénéré en étant chauffé par une résistance électrique ; les molécules d'eau piégées sont ainsi libérées. Deux lits de zéolithes sont utilisés en parallèle pour qu'un lit soit toujours disponible pour traiter le flux d'hydrogène à sécher. La purification du gaz peut ainsi avoir lieu en continu.

Les électrolyseurs fonctionnent sous pression dans une gamme typique de 3 à 30 bar. La plupart du temps, le stockage de l'hydrogène est effectué à des pressions nettement plus élevées (typiquement 200 bar), ce qui nécessite le recours à un ou plusieurs étages de compression en aval de l'électrolyseur. Un système d'électrolyse intégré (Figure 8) combine les fonctions de production d'hydrogène, de compression et de stockage.

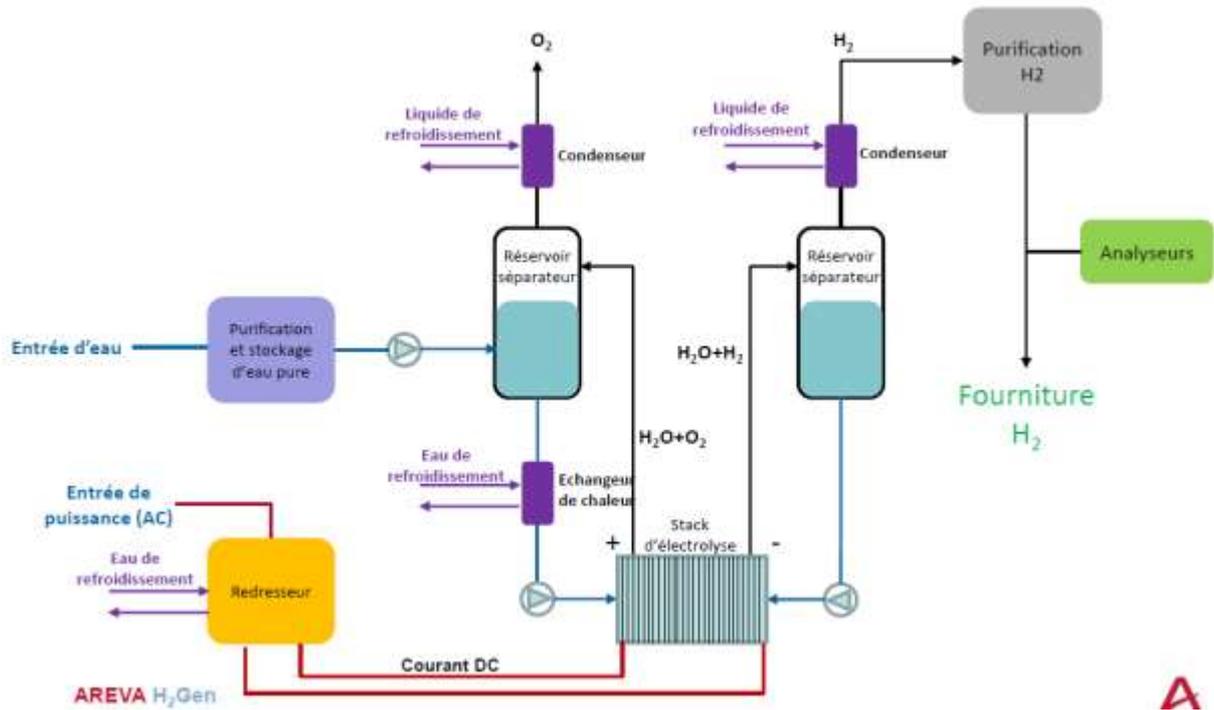


Figure 6 : Schéma d'ensemble des fonctions présentes dans un système d'électrolyse<sup>25</sup>

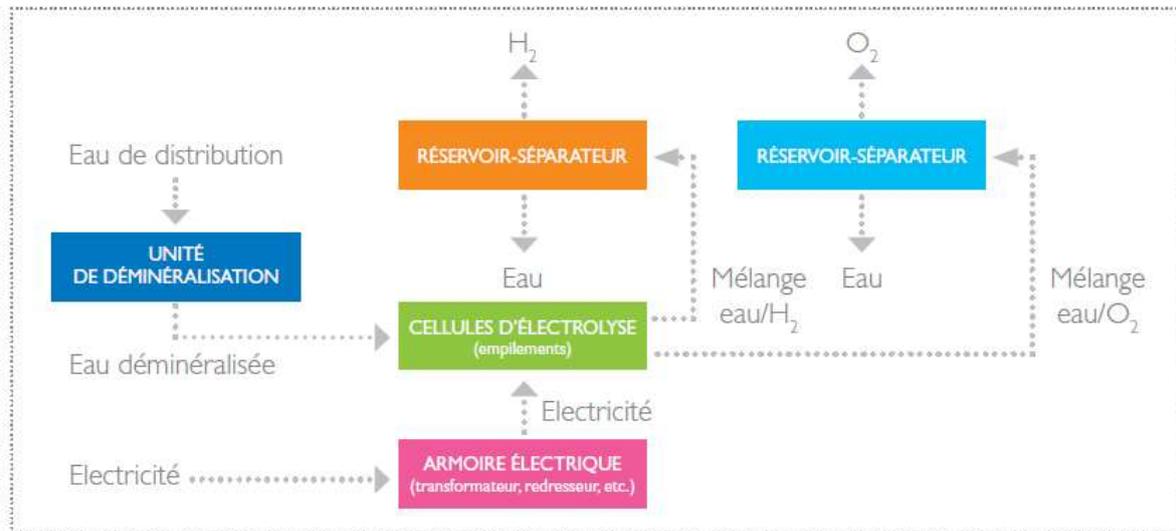


Figure 7 : Principaux composants d'un système d'électrolyse<sup>25</sup>

<sup>25</sup> Source : Guide d'information sur les risques et les mesures de sécurité liés à la production décentralisée d'hydrogène, Etude Ineris, ENEA Consulting pour le compte de l'ADEME

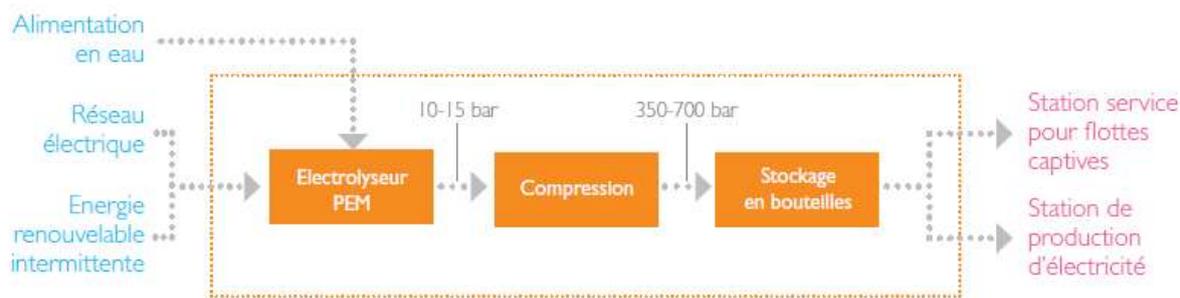


Figure 8 : Intégration d'un système d'électrolyse<sup>25</sup>

### 5.1.5 Directives applicables à la mise sur le marché des électrolyseurs

Le Tableau 7 présente une synthèse des directives applicables à la mise sur le marché des électrolyseurs.

Directive	Composant principal (empilement de cellules)	Système	Intervention d'un organisme notifié
ESP 2014/68/UE (Chapitre 7.2)	Oui pour la plupart des technologies (mais souvent dans le cadre de l'article 4.3 de la directive qui ne requiert pas de certification ni de marquage CE du fait du faible volume)	Oui pour la plupart des technologies (quand présence de réservoirs/capacités sous pression dans le système)	Oui pour le système
Machines 2006/42/CE (Chapitre 7.3)	Non (pas de pièce mobile)	Oui en tant qu'ensemble de machines si le système intègre des machines telles que compresseurs, ventilateurs	Non
ATEX 2014/34/UE (Chapitre 7.4)	Au cas par cas. Le besoin de conformité dépend du « classement » de l'emplacement où va être situé le stack d'électrolyse	Au cas par cas. Suivant les dispositions prises pour maîtriser le risque de fuite d'hydrogène et de présence d'ATEX autour du système, celui-ci peut être ou non concerné	Oui si équipement destiné à être utilisé en zone ATEX 0 ou 1 (sauf si tous les composants sont par ailleurs certifiés ATEX) Non dans les autres cas
CEM 2014/30/UE (Chapitre 7.5)	A évaluer	A priori oui du fait notamment de la présence de composants électroniques pour la régulation	Facultative
Basse tension 2014/35/UE (Chapitre 7.6)	A évaluer en fonction de la tension aux bornes de l'empilement Oui si tension > 75V (DC)	Oui	Non
ROHS 2011/65/UE (Chapitre 7.7)	Oui (en tant que composant électrique)	Oui (composants électriques et électroniques, notamment de régulation)	Non

Tableau 7 : Directives applicables au regard des caractéristiques principales du système

## 5.1.6 Norme spécifique applicable aux électrolyseurs

Il n'existe pas de norme européenne harmonisée spécifique aux électrolyseurs en application des directives européennes présentées dans le tableau précédent. Les fabricants peuvent s'appuyer sur les normes harmonisées génériques présentées au chapitre 7.

Au niveau international, les électrolyseurs sont couverts par la norme *ISO 22734 :2019 Générateurs d'hydrogène utilisant le procédé de l'électrolyse de l'eau — Applications industrielles, commerciales et résidentielles*. Bien que n'étant pas une norme harmonisée, celle-ci fournit un cadre utile et complet pour la conception et les essais d'électrolyseurs répondant aux exigences de sécurité des directives européennes.

Cette nouvelle norme remplace les précédentes versions ISO 22734-1 et ISO 22734-2 qui traitaient séparément les électrolyseurs à vocation industrielle et commerciale et les applications résidentielles.

Le Tableau 8 présente la structure de la norme ISO 22734 :2019. Son champ d'application couvre les électrolyseurs à électrolytes liquides, basiques ou acides, et solides de type polymère greffés avec des fonctions acides (PEM) ou basiques (AEM). Les électrolyseurs réversibles à haute température de type SOEC sont exclus du champ d'application de la norme. Aucune limite de puissance n'est précisée dans la norme.

1 Domaine d'application	5. Méthodes de test
2 Références normatives	5.1 Aspects généraux
3 termes et définitions	5.2 Tests de (re)qualification de type
4 Exigences	5.3 Tests de routine
4.1 Conditions opératoires	6 Marquage et étiquetage
4.2 Management des risques	7 Documentation
4.3 Equipements mécaniques	Annexe A : Corrosion induite par l'hydrogène
4.4 Equipement électrique, câblage et ventilation	Annexe B : Limites d'inflammabilité de l'hydrogène
4.5 Systèmes de contrôle	Bibliographie
4.6 Support de transport des ions	
Protection des personnels d'entretien et maintenance	

Tableau 8 : Structure de la norme ISO 22734 :2019

### Analyse de risques

Tout électrolyseur doit faire l'objet d'une appréciation des risques s'appuyant sur une démarche structurée, par exemple telle que décrite dans l'IEC 31010 :2019 (par exemple HAZOP ou AMDEC) ou l'ISO 12100. L'objectif de l'appréciation des risques est de démontrer que les mesures de maîtrise des risques permettent de réduire le risque à un niveau acceptable. Le chapitre 4.5 de la norme fournit une liste de dysfonctionnements qui doivent être pris en compte a minima lors de l'analyse de risques. Il énonce aussi les principes de conception des systèmes de sécurité qui doivent être définis sur la base de l'analyse de risques.

Une étude des risques de formation d'atmosphère explosive doit aussi être réalisée afin d'établir le classement des emplacements internes et externes de l'appareil. Celui-ci doit cependant être conçu pour réduire au maximum le risque de fuite d'hydrogène et par conséquent de formation d'ATEX. Les composants implantés à l'intérieur des zones à risque de formation d'atmosphère explosive doivent être certifiés conformes aux exigences de la directive ATEX 2014/34/UE.

### Exigences de conception

La norme ISO 22734 : 2019 définit un ensemble d'exigences relatives à l'évacuation des gaz, à la tenue mécanique du système, à sa tenue à la pression, à la sécurité électrique, la résistance au feu, à la compatibilité des matériaux, aux caractéristiques des stockages tampon, des tuyauteries et raccords, des vannes, dispositifs d'arrêt d'urgence...

### Essais de type :

La norme ISO 22734 : 2019 prévoit une série d'essais en vue de la qualification de type. Ces essais portent sur les aspects suivants :

1. Tests électriques, en application aux normes IEC relatives à la sécurité électrique (ex. EN IEC 61010-1 :2010) :
  - Continuité électrique et mise à la terre
  - Isolation électrique
  - Tests fonctionnels (incluant le test des fonctions de sécurité)
  - Marquage
  - Mesure du courant de contact et de la borne de protection
  - Décharge de condensateur
  - ...
2. Résistance à la pression
  - Test sous pression des parties contenant des liquides
  - Test sous pression des parties contenant des liquides et des gaz à 1,5 fois la pression maximale de travail admissible (MAWP) et au moins 70 kPa
  - Test sous pression des modules d'électrolyse (stack)
  - Test de pression différentielle appliquée à chaque électrode
3. Tests de fuite (dans le cadre et en complément des tests sous pression)
4. Test de dilution (en cas d'enceinte ventilée)
  - Mesure du débit d'air
  - Mesure de la pression d'air
  - Mesure du taux de dilution selon la norme IEC 60079-2
5. Protection contre la propagation du feu
6. Protection contre les températures excessives
7. Test de la protection contre la pénétration (eaux, particules)
8. Essais de performance
  - Débit de production
  - Qualité de l'hydrogène et de l'oxygène
9. Déversement, débordement de liquides
10. Résistance mécanique
11. Test de stabilité
12. Test de l'évent (si présent : fuite, température, résistance mécanique)
13. Niveau de bruit

#### Essais de routine

Les essais de routine à réaliser sur chaque exemplaire incluent :

1. Continuité électrique et mise à la terre
2. Isolation électrique
3. Tests fonctionnels
4. Test de fuite

## 5.2 Compression

### 5.2.1 Technologies utilisées pour la compression d'hydrogène

Les technologies et le nombre d'étages de compression utilisés dans les systèmes à hydrogène dépendent de la pression d'entrée et de la pression de sortie requise. Celle-ci peut atteindre 1 000 bar pour certains systèmes à hydrogène tels que les stations de distribution d'hydrogène. Le phénomène de compression augmentant la température de l'hydrogène, un groupe froid alimente généralement des échangeurs de refroidissement d'hydrogène situés à la sortie de chaque étage de compression.

Il existe diverses technologies de compression :

- Compresseurs à piston
- Compresseurs hélicoïdaux
- Compresseurs à spirale
- Compresseurs à membrane
- Compression à liquides ioniques

Ces technologies sont éprouvées. Elles bénéficient d'un important retour d'expérience industriel.

## 5.2.2 Directives applicables à la mise sur le marché des compresseurs et systèmes de compression

Directive	Composant principal	Système	Intervention d'un organisme notifié
ESP 2014/68/UE (Chapitre 7.2)	A étudier au cas par cas, la directive excluant certains équipements <sup>26</sup> dont certains compresseurs	Oui (en particulier réservoirs tampons intégrés)	Oui si un composant présente un couple Pression.Volume au-delà des limites définies dans l'annexe IV (voir chapitre 7.2)
Machines 2006/42/CE (Chapitre 7.3)	Oui	Oui	Non
ATEX 2014/34/UE (Chapitre 7.4)	Au cas par cas. Le besoin de conformité dépend du « classement » de l'emplacement où va être situé le compresseur	Au cas par cas. Suivant les dispositions prises pour maîtriser le risque de fuite d'hydrogène et de présence d'ATEX autour du système, celui-ci peut être ou non concerné	Oui si équipement destiné à être utilisé en zone ATEX 0 ou 1 (sauf si tous les composants sont par ailleurs certifiés ATEX) Non dans les autres cas
CEM 2014/30/UE (Chapitre 7.5)	A évaluer	A évaluer	Facultative
Basse tension 2014/35/UE (Chapitre 7.6)	Oui	Oui	Non
ROHS 2011/65/UE (Chapitre 7.7)	Oui	Oui	Non

Tableau 9 : Synthèse des directives nouvelle approche applicables aux systèmes de compression

## 5.2.3 Normes spécifiques applicables aux compresseurs

Les compresseurs sont couverts par une norme harmonisée spécifique (norme de type C) en application de la directive machine (cf. 7.3).

*NF EN 1012-3 : 2014 Compresseurs et pompes à vide —Prescriptions de sécurité —Partie 3 : Compresseurs de procédé.*

Cette norme couvre de façon systématique l'ensemble des phénomènes dangereux envisageables de façon typique sur un compresseur et formule pour tous ces phénomènes des prescriptions de sécurité. Dans son chapitre 6, la norme spécifie aussi les épreuves et vérifications auxquelles le compresseur doit être soumis dans le cadre de l'évaluation de sa conformité.

1 Domaine d'application	6 Vérification des prescriptions de sécurité et/ou mesures de prévention
2 Références normatives	6.1 Épreuve sous pression
3 Termes et définitions	6.2 Essai d'étanchéité pour gaz dangereux

<sup>26</sup> L'article 2 de la directive 2014/68/UE précise en effet : *La présente directive ne s'applique pas :*

*j) aux équipements comportant des carters ou des mécanismes dont le dimensionnement, le choix des matériaux et les règles de construction reposent essentiellement sur des critères de résistance, de rigidité et de stabilité à l'égard des sollicitations statiques et dynamiques en service ou à l'égard d'autres caractéristiques liées à leur fonctionnement et pour lesquels la pression ne constitue pas un facteur significatif au niveau de la conception ; ces équipements peuvent comprendre :*

*i) les moteurs, y compris les turbines et les moteurs à combustion interne ;*

*ii) les machines à vapeur, les turbines à gaz ou à vapeur, les turbogénérateurs, les **compresseurs**, les pompes et les servocommandes ;*

4 Liste de phénomènes dangereux significatifs – Analyse des phénomènes dangereux et appréciation du risque	6.3 Essai des boucles électriques
5 Prescriptions de sécurité et/ou mesures de prévention	6.4 Essai des systèmes de commande
5.1 Généralités	6.5 Bruit
5.2 Sécurité mécanique	6.6 Stabilité des unités de compression mobiles
5.3 Sécurité électrique	6.7 Structure de vérification
5.4 Systèmes de commande	7 Informations pour l'utilisation
5.5 Sécurité thermique	7.1 Prescriptions générales
5.6 Bruit	7.2 Documents d'accompagnement
5.7 Matériaux et substances traités, utilisés ou dégagés	7.3 Marquages, signaux et avertissements écrits
5.8 Incendie et explosion	Annexe A (informative) Symboles graphiques
5.9 Principes ergonomiques	Annexe B (informative) Mesure destinée à assurer une fonction de sécurité pendant les essais
5.10 Intégrité des parties de machine et autres exigences fonctionnelles	Annexe C (informative) Guide pour l'application des normes en vigueur à la sécurité fonctionnelle de la commande relative à la sécurité des compresseurs ou unités de compression de procédé
5.11 Limiteurs de pression	Annexe ZA (informative) Relation entre la présente Norme européenne et les exigences essentielles de la Directive européenne 2006/42/CE
5.12 Dispositifs d'information et d'avertissement	

Tableau 10 : Extrait de la table des matières de la norme NF EN 1012-3

### 5.3 Stockage

L'hydrogène peut être stocké sous diverses formes : gaz comprimé, liquide cryogénique, absorbé sur des solides (hydrures métalliques), combiné avec une autre espèce chimique, adsorbé dans des solides poreux. Ces technologies de stockage sont à des stades de maturité variés. Nous ne traiterons ici que des trois premières, seules disponibles commercialement.

#### 5.3.1 Stockage d'hydrogène comprimé

Le stockage sous forme d'hydrogène comprimé est la technologie la plus courante employée tant pour les applications fixes que pour la mobilité. L'hydrogène est stocké dans des réservoirs en matériaux métalliques ou composites. Ces réservoirs (dits « de type I, II, III ou IV », selon les niveaux de pression, les caractéristiques des matériaux, etc.) ont été progressivement développés grâce aux avancées technologiques sur les matériaux, et notamment pour les alléger en vue d'applications de mobilité pour lesquelles les pressions nominales communément envisagées sont de 350 ou 700 bar. Les réservoirs de type I sont entièrement métalliques ; ceux de type II sont métalliques, avec une virole renforcée en fibre de carbone ; ceux de type III entièrement bobinés avec une enveloppe interne métallique (liner) qui supporte une partie des contraintes liées à la pression ; ceux de type IV entièrement bobinés avec une enveloppe interne en polymère, qui ne supporte aucune contrainte liée à la pression.

Les matériaux composites utilisés pour la fabrication des réservoirs sont actuellement basés sur des matrices polymère thermodurcissables. Des développements sont en cours pour employer des matrices polymère thermoplastiques, ce qui permettra notamment une meilleure recyclabilité des matériaux. La possibilité de fabriquer des réservoirs conformables, c'est-à-dire de forme non régulière, est aussi à l'étude. De tels réservoirs, en s'adaptant à la forme de l'espace dans lequel ils seront installés permettront des gains de place importants.

Enfin, un nouveau type de réservoir est actuellement aussi en cours de développement : le type V, intégralement constitué de matériau composite sans enveloppe interne (liner). Ces évolutions devraient permettre de réduire le coût et la masse des réservoirs.

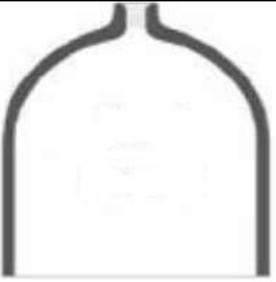
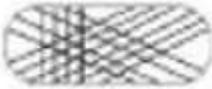
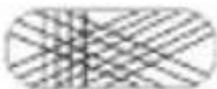
Structure	Principe	Détails
	 Réservoir métallique tout	<b>Type I</b> : Réservoir entièrement métallique, le métal assurant la structuration et l'étanchéité du réservoir. Le stockage de l'hydrogène dans ce type de réservoir est limité par le poids du réservoir. Les pressions maximales ne dépassent généralement pas 250 bar pour des applications mobiles et peut atteindre des pressions supérieures sur des stockages stationnaires
	 Liner métallique Bobinage composite « hoop wrap »	<b>Type II</b> : Ce type de réservoir est fabriqué en métal entouré par un cylindre de filament autour de la virole de l'enveloppe métallique. Les réservoirs construits en métal-fibre permettent un stockage d'hydrogène jusqu'à une pression de 850 bar.
	 Liner métallique Bobinage composite « fully wrap »	<b>Type III</b> : Le réservoir de type III est composé de matériaux composites entourant un liner (enveloppe interne) en métal. Les composites sont généralement basés sur des fibres d'aramide ou de verre. Des pressions de l'ordre de 350 bar sont couramment atteintes. Des réservoirs de type III à 700 bar existent en fibre de carbone. Ces réservoirs à 700 bar présentent cependant encore parfois une tenue au cyclage de pression insuffisante, ce qui peut être un obstacle à leur certification.
	 Liner plastique Bobinage composite « fully Wrap »	<b>Type IV</b> : Le réservoir de type IV est fabriqué sur un bobinage tournant avec des matériaux composites comme la fibre de carbone sur un liner en polymère (polyéthylène, polyamide). Le liner est en général produit par injection-soufflage ou par roto-moulage. Ce type de réservoir peut stocker l'hydrogène jusqu'à une pression de 1000 bar.  Des développements sont en cours pour utiliser des composites basés sur des résines thermoplastiques au lieu des résines thermodurcissables.
	 Pas de liner. Réservoir intégralement en composite	<b>Type V</b> : Réservoir intégralement en matériau composite, sans liner. L'étanchéité est assurée par la matrice composite thermoplastique. Ce type de réservoir est encore au stade de prototype.

Tableau 11 : Les différents types de réservoirs à haute pression pour le stockage d'hydrogène comprimé

Un système de stockage peut comprendre plusieurs bouteilles interconnectées. Il peut intégrer ou non un compresseur. Par exemple le stockage en bouteilles en aval d'un électrolyseur peut être divisé en un ou plusieurs compartiments connectés en parallèle à la sortie du module de compression. Les compartiments sont remplis successivement par le compresseur d'alimentation. Les bouteilles peuvent être remplies et vidées simultanément, ce qui offre une flexibilité de stockage intéressante : la bouteille peut à la fois absorber une production d'hydrogène discontinue issue d'un électrolyseur et restituer de l'hydrogène selon la demande en aval.

### 5.3.1.1 Directives applicables à la mise sur le marché des systèmes de stockage stationnaire d'hydrogène sous forme gazeuse comprimée

Le Tableau 12 synthétise les réglementations applicables aux réservoirs et systèmes de stockage composés, par exemple d'un compresseur et un ou plusieurs réservoirs interconnectés ainsi qu'un dispositif de commande et des dispositifs de sécurité destinés à protéger le ou les réservoirs contre les surpressions.

Directive	Composant principal (réservoir de stockage)	Système	Intervention d'un organisme notifié
ESP 2014/68/UE (Chapitre 7.2)	Oui	Oui	Oui
Machines 2006/42/CE (Chapitre 7.3)	Non	Oui si le système intègre par exemple un compresseur ou des ventilateurs	Non
ATEX 2014/34/UE (Chapitre 7.4)	Non	Au cas par cas si le système intègre des éléments électriques et en fonction de l'analyse de risques ATEX ou de la destination du système.	Oui si système destiné à être utilisé en zone ATEX 0 ou 1 (sauf si tous les composants sont par ailleurs certifiés ATEX) Non dans les autres cas
CEM 2014/30/UE (Chapitre 7.5)	Non	Oui si le système intègre des éléments électroniques, pour la régulation, par exemple.	Facultative
Basse tension 2014/35/UE (Chapitre 7.6)	Non	Oui si le système intègre des éléments électriques.	Non
ROHS 2011/65/UE (Chapitre 7.7)	Non	Oui si le système intègre des éléments électroniques, pour la régulation, par exemple	Non

Tableau 12 : Synthèse des réglementations applicables aux systèmes de stockage stationnaire

### 5.3.1.2 Normes spécifiques relatives au stockage stationnaire d'hydrogène sous pression

Des réglementations et normes présentées au chapitre 8 définissent les exigences applicables aux réservoirs utilisés dans les véhicules à hydrogène.

Les applications stationnaires sont couvertes par la norme *NF EN 17533 : 2020 Hydrogène gazeux - Bouteilles et tubes pour stockage stationnaire*. Cette norme n'a pas encore le statut de norme harmonisée.

La norme EN 17533 spécifie les exigences en matière de conception, de fabrication et d'essai des bouteilles, tubes et autres récipients sous pression, qu'ils soient individuels ou reliés à un collecteur (pour certains essais particuliers comme l'essai à la flamme vive), en acier, acier inoxydable, alliages d'aluminium ou matériaux de construction non métalliques. Ces récipients sont destinés au stockage stationnaire de l'hydrogène gazeux jusqu'à une capacité maximale en eau de 10 000 l et une pression de service maximale admissible (PSMA) inférieure ou égale à 110 MPa, de construction métallique sans soudure (Type 1) ou de

construction composite (Types 2, 3 et 4), et sont appelés « récipients sous pression » dans la suite du document.

La norme définit (chapitre 4 et 5) les conditions de service qui doivent être spécifiées par le fabricant et au regard desquelles le récipient sera conçu et testé et pour chacune de ces grandeurs, les valeurs maximales admises pour l'application de la norme :

- Pression de service maximale admissible,
- Contenu énergétique maximal admissible,
- Températures maximale et minimale admissibles,
- Durée de vie en cycles de pression,
- Durée de vie en cycles de pression de faible amplitude,
- Durée de vie en service,
- Autres conditions de service (conditions environnementales, conditions au feu).

La norme précise dans le chapitre 6 les informations à communiquer à l'utilisateur ou à conserver dans un fichier :

- Déclaration de service,
- Plans et informations de conception,
- Rapport d'analyse de contraintes,
- Données relatives aux propriétés des matériaux,
- Données de fabrication.

Les exigences relatives aux matériaux sont précisées au chapitre 7. Ils doivent être compatibles entre eux et avec l'hydrogène lorsqu'ils sont en contact. La nature des matériaux autorisés pour la composition des matériaux composites est aussi précisée.

Le chapitre 8 de la norme spécifie les exigences pour les nouvelles conceptions telles que :

- La conception doit s'appuyer sur une analyse de contraintes effectuée au moyen d'une méthode appropriée à la nature des matériaux utilisés et à la configuration géométrique du récipient.
- La pression de rupture et le taux de contrainte doivent être supérieurs à des valeurs fixées par rapport à la pression de service maximale admissible et en fonction du type de réservoir et du matériau (Tableau 13).

Construction	Taux de contrainte minimal <sup>a</sup>			Pression de rupture réelle minimale <sup>b</sup>			
	Type 2	Type 3	Type 4	Type 1	Type 2	Type 3	Type 4
Entièrement métallique				2			
Verre	2,65	3,5	3,5		2,4	3,4	3,5
Aramide	2,25	3,0	3,0		2,25	2,9	3,0
Carbone	2,25	2,25	2,25		2,25	2,25	2,25

<sup>a</sup> Contrainte des fibres à la pression de rupture minimale divisée par la contrainte des fibres à la PSMA.  
<sup>b</sup> Les pressions de rupture sont exprimées proportionnellement à la PSMA (Pression de service maximale admissible).

Tableau 13 : Taux de contrainte minimaux et pressions de rupture (EN 17533)

- Le liner et l'embase doivent être protégés contre la corrosion
- Les matériaux doivent résister aux UV, à l'humidité
- Les méthodes de fabrication doivent répondre à des exigences particulières
- Le matériau, la conception, le procédé de fabrication et l'inspection du récipient sous pression doivent faire la preuve de leur adéquation au service prévu en satisfaisant aux exigences des essais de matériaux et des essais de type spécifié en 8.3.2 (cf. Tableau 15) et en 8.3.3 ou en suivant les règles données en 8.3.5.
- Une analyse de risques doit déterminer la nécessité ou non de protéger le réservoir contre les surpressions liées aux scénarios d'incendie en tenant compte de l'environnement du réservoir et des dispositifs présents pour limiter le risque incendie.

Essai	Nombre de récipients sous pression à soumettre à l'essai	Applicable au type			
		Type 1	Type 2	Type 3	Type 4
Essais de matériaux pour les récipients, les liners et les embases métalliques	1 récipient sous pression ou liner ou anneau d'essai représentatif	X	X	X	X
Essais de matériaux pour liners en matière plastique	1 liner				X
Propriétés de la résine	Échantillons de matériau composite		X	X	X
Essais des revêtements	Échantillons de systèmes de revêtement	X	X	X	X

Tableau 14 : Récapitulatif des essais sur matériaux

Essai	Nombre de récipients sous pression à soumettre à l'essai	Applicable au type			
		Type 1	Type 2	Type 3	Type 4
Pression de rupture hydrostatique	3 plus 1 liner <sup>a</sup>	X	X	X	X
Cyclage en pression à température ambiante	2 à 10	X	X	X	X
Fuite avant rupture	2	X <sup>b</sup>	X	X	X
Fluage accéléré	1		X	X	X
Cyclage en pression à température extrême	1		X	X	X
Choc à fort taux de déformation	1			X	X
Flamme vive	1 ou 2	X <sup>c</sup>	X <sup>c</sup>	X <sup>c</sup>	X <sup>c</sup>
Détérioration due aux chocs	1,2 ou 3			X	X
Perméation	1				X
Couple de l'embase	1				X
Cyclage en hydrogène gazeux	1				X
Trempage	1		X	X	X
<p>a Uniquement pour le Type II.  b L'essai de fuite avant rupture ne concerne que les récipients comprenant de l'aluminium haute résistance (EN ISO 7866) ou de l'acier (EN ISO 9809-2).  c Si nécessaire d'après l'analyse du risque décrite en 8.3.3.9.</p>					

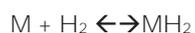
Tableau 15 : Récapitulatif des essais de type applicables aux réservoirs stationnaires

La norme EN 17533 définit aussi dans son annexe B des solutions de substitution pour l'emploi en toute sécurité des bouteilles et des tubes déjà homologués pour d'autres applications. Il s'agit par exemple de pouvoir, moyennant le respect de certains critères et l'application éventuelle d'essais complémentaires, de pouvoir accepter des bouteilles qui auraient été homologuées pour des applications mobiles ou du transport de matières dangereuses ou selon des normes non spécifiques au stockage de l'hydrogène.

### 5.3.2 Stockage sur hydrures

Le principe du stockage sur hydrure repose sur la capacité de certains métaux et alliages métalliques à réagir avec l'hydrogène pour former de façon réversible, en fonction des conditions de pression et de température des hydrures métalliques solides. Il s'agit d'un mécanisme de chimisorption plus ou moins

complexe suivant la nature du métal employé, qui peut être résumé par la réaction simplifiée ci-dessous pour un métal M.



Le module de stockage sur hydrures fonctionne selon des séquences distinctes de stockage et de déstockage.

En phase de stockage, le réservoir d'hydrures est alimenté en hydrogène à la sortie de l'unité de purification ; l'hydrogène est absorbé sur les hydrures. La température et la pression d'absorption dépendent du type d'hydrures.

Sur les hydrures de magnésium, l'hydrogène s'absorbe par exemple à 10 bar et 380 °C et se désorbe à 2 bar et 310 °C. La réaction d'absorption libère de la chaleur, ce qui nécessite de refroidir le réservoir d'hydrures pour maintenir une température constante. En phase de déstockage, le réservoir d'hydrures est chauffé pour produire la réaction de désorption de l'hydrogène qui consomme de la chaleur.

Il existe de nombreux types d'hydrures, et de nouveaux types sont régulièrement développés pour les applications de stockage d'hydrogène.

### 5.3.2.1 Directives applicables à la mise sur le marché des systèmes de stockage stationnaires sur hydrures

Le stockage sur hydrure se caractérise par le fait qu'il fait intervenir un mode plus complexe de régulation des flux et de la pression dans les réservoirs puisque ceux-ci reposent sur des échanges thermiques. Les réservoirs eux-mêmes sont constitués d'une enveloppe résistante à la pression, qui renferme l'alliage métallique sous forme divisée au sein de laquelle on ajoute un échangeur de chaleur pour gérer les flux thermiques associés aux phases d'adsorption et de désorption. En fonction des types d'hydrure, la pression maximale au sein du réservoir peut être plus ou moins importante. De même, le volume libre occupé par l'hydrogène à l'état gazeux peut être plus ou moins conséquent.

L'analyse de risques d'un système de stockage basé sur des hydrures métalliques nécessite d'avoir une bonne connaissance du comportement de l'hydrure, en particulier de l'équilibre de pression en fonction de la température et du comportement de l'hydrure en cas de présence de contaminants dans l'hydrogène (oxygène, eau en particulier).

Directive	Composant principal	Système	Intervention d'un organisme notifié
ESP 2014/68/UE (Chapitre 7.2)	Oui (sauf exception notamment si le volume libre d'hydrogène est limité et la pression faible conduisant à l'application de l'article 4.3 <sup>27</sup> )	Oui (sauf exception)	Oui
Machines 2006/42/CE (Chapitre 7.3)	Non	A évaluer, oui si le système intègre des éléments tels que pompes, ventilateurs	Non
ATEX 2014/34/UE (Chapitre 7.4)	Non	A évaluer	Oui si système destiné à être utilisé en zone ATEX 0 ou 1 (sauf si tous les composants sont par ailleurs certifiés ATEX) Non dans les autres cas
CEM 2014/30/UE	Non	Oui (sauf exception)	Facultative

<sup>27</sup> Article 4.3. Les équipements sous pression et les ensembles dont les caractéristiques sont inférieures ou égales aux limites visées respectivement au paragraphe 1, points a), b) et c), et au paragraphe 2 sont conçus et fabriqués conformément aux règles de l'art en usage dans un État membre afin d'assurer leur utilisation de manière sûre. Les équipements sous pression et les ensembles doivent être accompagnés d'instructions d'utilisation suffisantes.

Sans préjudice d'autres actes législatifs d'harmonisation de l'Union qui en prévoient l'apposition, ces équipements ou ensembles ne portent pas le marquage CE visé à l'article 18.

(Chapitre 7.5)			
Basse tension 2014/35/UE (Chapitre 7.6)	Non	Oui (sauf exception)	Non
ROHS 2011/65/UE (Chapitre 7.7)	Non	Oui (sauf exception)	Non

Tableau 16 : Synthèse des réglementations applicables aux systèmes de stockage sur hydrures

### 5.3.2.2 Normes spécifiques relatives au stockage d'hydrogène sous forme d'hydrures

Il n'existe pas pour des applications stationnaires de norme spécifique au stockage sous forme d'hydrure. En revanche, il existe une norme internationale *ISO 16111:2018* pour les appareils de stockage transportables utilisant les hydrures métalliques. Cette norme a été rédigée en application du règlement de transport de matières dangereuses dans lequel elle est citée explicitement (cf. chapitre 9). Elle est décrite plus en détails au paragraphe 5.3.5.2.

## 5.3.3 Stockage d'hydrogène sous forme liquide

### 5.3.3.1 Description de la technologie

L'hydrogène peut aussi être stocké sous forme liquide cryogénique. Cette technologie, initialement développée pour l'industrie spatiale, est maintenant étudiée notamment pour le développement de moyens de transport lourd, mais aussi pour le stockage en grande quantité d'hydrogène pour des applications stationnaires. Sous forme liquide, l'hydrogène a une densité 1,75 fois supérieure à la forme gazeuse comprimée à 700 bar.

### 5.3.3.2 Directive applicable à la mise sur le marché des réservoirs de stockage stationnaires d'hydrogène sous forme liquide

L'hydrogène liquide est généralement stocké à une pression un peu supérieure à la pression atmosphérique (typiquement de l'ordre de 4 bar). Les réservoirs d'hydrogène liquide sont donc soumis à la réglementation des équipements sous pression. L'analyse de risques de ces systèmes doit intégrer certains scénarios spécifiques tels que la perte d'isolation thermique qui peut conduire à une vaporisation plus rapide et à une montée en pression, le risque de condensation d'autre gaz au contact des équipements à la température de l'hydrogène liquide (-253°C), ou encore les risques de blessure par contact avec les parties froides des équipements.

Directive	Réservoir de stockage cryogénique	Intervention d'un organisme notifié
ESP	Oui (sauf exception)	Oui

### 5.3.3.3 Normes applicables

Il existe de nombreuses normes traitant des systèmes employant des liquides cryogéniques, non spécifiques à l'hydrogène.

Référence	Titre
NF EN ISO 21009-1 : 2008 <sup>28</sup>	Réceptacles cryogéniques - Réceptacles fixes isolés sous vide - Partie 1 : exigences de conception, de fabrication, d'inspection et d'essais
NF EN ISO 21009-2 : 2016	Réceptacles cryogéniques - Réceptacles fixes, isolés sous vide - Partie 2 : exigences de fonctionnement
NF EN 1626 : 2008	Réceptacles cryogéniques, Robinets pour usage cryogénique
EN 1797 : 2001	Réceptacles cryogéniques - Compatibilité entre gaz et matériaux

<sup>28</sup> Cette norme fait actuellement l'objet d'un projet de révision

NF EN ISO 24490 : 2016	Réceptacles cryogéniques - Pompes pour service cryogénique
NF EN 13371 : 2002	Réceptacles cryogéniques - Raccords pour service cryogénique
NF EN 13648-1 : 2009	Réceptacles cryogéniques - Dispositifs de protection contre les surpressions - Partie 1 : soupapes de sûreté pour service cryogénique
NF EN 13648-2 :2002	Réceptacles cryogéniques - Dispositifs de protection contre les surpressions - Partie 2 : dispositif de sécurité à disque de rupture pour service cryogénique
ISO 21013-1 :2008	Réceptacles cryogéniques - Dispositifs de sécurité pour le service cryogénique - Partie 1 : soupapes refermables
NF EN ISO 21013-3 : 2016	Réceptacles cryogéniques - Dispositifs de sécurité pour le service cryogénique - Partie 3 : détermination de la taille et du volume
NF EN ISO 20088-2 : 2020	Détermination de la résistance des matériaux d'isolation thermique suite à un refroidissement cryogénique - Partie 2 : phase vapeur
NF EN 14197-2 : 2004	Réceptacles cryogéniques - Réceptacles statiques, non isolés sous vide - Partie 2 : conception, fabrication, inspection et essais
NF EN ISO 21028-1 : 2016	Réceptacles cryogéniques - Exigences de ténacité pour les matériaux à température cryogénique - Partie 1 : températures inférieures à - 80 °C

Tableau 17 : Normes applicables aux réceptacles cryogéniques

Les normes présentées dans le Tableau 17 sont relativement anciennes et ne tiennent pas nécessairement compte des enjeux spécifiques à l'hydrogène liquide dans le contexte des nouvelles applications de l'hydrogène énergie et de la mobilité. Sur la base de ce constat, plusieurs organismes de recherche se sont regroupés dans le cadre du projet européen PRES-LHY pour étudier les risques spécifiques liés à l'utilisation et au stockage d'hydrogène liquide et pour établir un guide technique pour la conception et l'exploitation des systèmes basés sur l'hydrogène liquide et les infrastructures associées. Ce guide est accessible sur le site de l'association HYSAFE<sup>29</sup>.

#### 5.3.3.4 Stockage d'hydrogène sous forme liquide pour l'aviation

Concernant le stockage de l'hydrogène liquide à bord des avions la norme SAE AS 6679 du 2019-11-20 définit les directives techniques pour l'intégration, l'exploitation et la maintenance en toute sécurité, et pour la certification des systèmes de stockage d'hydrogène liquide (LHSS). Ce document définit également des lignes directrices pour une opération sûre de ravitaillement en hydrogène pour les avions. Ce document ne traite pas des infrastructures aéroportuaires, ni de la manière dont les moyens d'avitaillement sont spécifiés, à l'exception des dispositions requises pour la sécurité de l'opération d'avitaillement des avions.

#### 5.3.4 Stockage à bord de véhicules

Le stockage à bord des véhicules est actuellement principalement fait sous forme d'hydrogène gazeux comprimé. C'est le cas pour les automobiles de transport de passagers, où le mode de stockage à 700 bar en réservoir de type IV est très majoritaire. D'autres gammes de pression sont utilisées, 350 bar par exemple, qui est la pression généralement utilisée pour l'utilisation de l'hydrogène dans les bus.

**Les réglementations et normes applicables au stockage d'hydrogène à bord des véhicules routiers sont développées au chapitre 8.**

Pour certains véhicules légers, vélos par exemple, l'hydrogène est stocké sous forme d'hydrures métalliques. La réglementation est moins développée concernant ce type d'applications.

Enfin, le stockage sous forme liquide est actuellement à l'étude pour les véhicules lourds nécessitant une grande autonomie tels que les camions, bateaux ou avions. Pour ces types de véhicules à l'exception des avions, il n'existe pas encore de réglementation ni de normes spécifiques à l'usage et à la mise sur le marché de systèmes mettant en œuvre de l'hydrogène. Les chapitres 10 à 10.5 présentent le cadre général applicable pour ces applications.

<sup>29</sup> Pre-normative REsearch for Safe use of Liquid Hydrogen (PRES-LHY), Project Deliverable, Novel guidelines for safe design and operation of LH2 systems and infrastructure, D6.2, April 30 2021. [PRES-LHY Project Deliverable \(hysafe.info\)](https://hysafe.info/Project-Deliverable) ([https://hysafe.info/wp-content/uploads/sites/3/2021/05/PRES-LHY\\_D6.2\\_novelguidelines.pdf](https://hysafe.info/wp-content/uploads/sites/3/2021/05/PRES-LHY_D6.2_novelguidelines.pdf))

La question du stockage d'hydrogène à bord de véhicules non routiers destinés à être utilisés dans l'enceinte d'un site industriel ou commercial se pose de plus en plus avec le développement de ce genre d'applications. Ces véhicules entrent dans le champ des directives « nouvelle approche » présentées au chapitre 7 : équipements sous pression, machines, ATEX, CEM en particulier.

### 5.3.5 Réservoirs pour le transport d'hydrogène

#### 5.3.5.1 Réglementation applicable

Le transport d'hydrogène, comme pour toute substance dangereuse, se fait dans le cadre de la réglementation sur le transport de matières dangereuses décrite au chapitre 9.

Les réservoirs employés pour le transport d'hydrogène doivent répondre aux exigences de cette réglementation et être certifiés conformes par un organisme notifié.

#### 5.3.5.2 Normes spécifiques

Seul le transport d'hydrogène sous forme absorbé dans des hydrures métalliques fait l'objet d'une norme spécifique : *ISO 16111 :2018 Appareils de stockage de gaz transportables — Hydrogène absorbé dans un hydrure métallique réversible*.

Cette norme est applicable aux appareils transportables dont l'enveloppe ne dépasse pas un volume interne de 150 litres et une pression de 25 MPa.

La norme traite de la définition des conditions de service (chapitre 4), de la conception (chapitre 5), des essais de qualification de type, de contrôle de production et de requalification ainsi que de l'inspection des réservoirs en service (chapitre 6), du marquage, de l'étiquetage et de la documentation (chapitres 7 et 8).

Les caractéristiques des récipients de transport de gaz sous forme comprimée ou liquide sont spécifiées directement dans la réglementation relative au transport de matières dangereuses et dans les normes associées (voir chapitre 9).

## 5.4 Production d'électricité à partir d'hydrogène : pile à combustible (PAC)<sup>30</sup>

### 5.4.1 Principes de fonctionnement

La pile à combustible permet de produire de l'énergie à partir d'hydrogène. Elle convertit l'hydrogène en électricité, en eau et en chaleur, selon la réaction inverse de l'électrolyse de l'eau. Les piles à combustible peuvent être stationnaires pour produire de l'électricité pour un site isolé ou l'injecter sur le réseau, ou bien embarquées pour des applications de mobilité (voitures, bus, chariots élévateurs, etc.).

Tout comme une cellule d'électrolyse, une pile à combustible contient une anode et une cathode séparées par un électrolyte. De nombreux types de piles à combustible existent selon le type d'électrolyte, d'anode et de cathode. Parmi les types d'électrolytes envisageables, on peut citer l'hydroxyde de potassium, les membranes polymères, l'acide phosphorique, les sels fondus, ou encore la céramique.

Par définition, la PAC, Fuel Cell (FC) en anglais, produit de l'électricité à partir d'une réaction chimique. Cette dernière est due au passage d'un gaz riche en hydrogène à travers une anode et d'oxygène ou d'air à travers une cathode. Un électrolyte, présent entre l'anode et la cathode, permet l'échange de charges électriques portées par des ions. Le flux d'ions à travers l'électrolyte produit un courant électrique dans un circuit externe vers une charge.

### 5.4.2 Les composants de la pile à combustible

Les différents éléments, constituant le cœur de la pile à combustible, varient en fonction de la technologie.

A titre d'exemple une pile à membrane polymère (PEMFC) est typiquement composée des éléments suivants :

#### Cellule unitaire

<sup>30</sup> Voir : Pile à combustible stationnaire : contexte règlementaire et normatif international et national, risques potentiels : rapport d'étude, Ineris N° DRA-17-156712-00653A, 2017

Chaque cellule d'une pile est constituée de plusieurs composants :

- la membrane qui permet le transport de protons et sépare le carburant de l'oxydant ;
- Deux électrodes : une anode oxydante (émettrice d'électrons) et une cathode (collectrice d'électrons) ;
- Deux couches de diffusion qui approvisionnent en gaz réactifs les électrodes ;
- Deux plaques bipolaires qui alimentent en gaz et évacuent l'eau produite ;
- Les joints d'étanchéité qui empêchent le carburant de l'anode et l'oxydant de la cathode de se mélanger mais également de fuir vers l'extérieur de la pile.

### Module (aussi appelé stack)

Une cellule unitaire fournit une tension limitée. Pour obtenir une puissance suffisante, il est indispensable d'associer plusieurs cellules unitaires en série pour créer un assemblage appelé module (ou stack). En général, toutes les cellules sont empilées et connectées électriquement en série et fluidiquement en parallèle.

## 5.4.3 Technologies des piles à combustible

Il existe actuellement cinq technologies de pile à combustible commercialisées ayant atteint un stade de maturité permettant un déploiement commercial prochain. Le Tableau 18 présente les principales caractéristiques de ces technologies.

Modèle	Nom	Électrolyte	Température de fonctionnement	Combustibles	Puissance	Rendement électrique en %	Rendement thermique en %	Coût initial d'investissement	Durée de vie
PEMFC	Proton Exchange Membrane Fuel Cell	Polymère (solide)	50 – 100°C	H2	De quelques mW à 1MW	30 – 45	45 – 65	3000-4000 Dollar/kW	60 000-90 000 heures
AFC	Alkaline Fuel Cell	Potasse (liquide)	25 – 260°C	H2	10kW – 100kW	55 – 60	<30	200-700 Dollar/kW	5000-8000 heures
PAFC	Phosphoric acid fuel cell	Acide phosphorique (liquide)	190-210 °C	H2	100kW – 400kW	40	40	4000-5000 Dollar/kW	30 000-60 000 heures
MCFC	Molten Carbonate Fuel Cell	Sels fondus (liquide)	600 – 660°C	H2, CH4O, CH4	50kW – 10MW	40 – 60	40 – 50	4000-6000 Dollar/kW	20 000-30 000 heures
SOFC	Solid Oxide Fuel Cell	Céramique (solide)	600 – 1000°C	H2, CH4O, CH4	Jusqu'à 10MW	30 – 60	40 – 60	3000-4000 Dollar/kW	Supérieur à 90 000 heures

Tableau 18 : Caractéristiques des principales technologies de piles à combustible<sup>31</sup>

En ce qui concerne la pression, la norme EN IEC 62282-2-200 (qui couvre toutes les applications de Piles à Combustibles à l'exception des véhicules routiers) précise les points suivants :

#### Modules de type PEMFC

La pression est un facteur important pour la conception d'un module de type PEMFC (pile à combustible à électrolyte polymère ou polymer electrolyte fuel cell stack en anglais). Le dimensionnement, le choix des matériaux et des règles de fabrication d'un bloc de type PEMFC sont essentiellement fondés sur les exigences de résistance, de rigidité et de stabilité suffisantes pour satisfaire aux caractéristiques statiques, dynamiques et/ou autres caractéristiques opérationnelles. Par exemple, un modèle utilisant un matériel à compression de force coaxiale fuit avant de se briser.

#### Modules de type PAFC

Le module de type PAFC (cellule élémentaire à combustible à acide phosphorique ou phosphoric acid fuel cell en anglais) fonctionne généralement à la pression atmosphérique.

#### Modules de type MCFC

Pour un fonctionnement sous pression d'un système de type MCFC (cellule élémentaire à combustible à carbonates fondus ou molten carbonate fuel cell en anglais), le module de type MCFC est intégré dans un système MCFC. Ce système de type MCFC abrite le module de même type et est conçu selon les codes nationaux et internationaux, ainsi que les normes applicables concernant les systèmes sous pression.

<sup>31</sup> Source : Technology Roadmap-Hydrogen and Fuel Cell, OECD, IEA 2015

Un danger dû à la pression associée à un module de type MCFC peut être exclu en raison de la présence d'une enveloppe conforme aux réglementations mentionnées.

### Modules de type SOFC

Si un fonctionnement sous pression d'un système de type SOFC (cellule élémentaire à combustible à oxydes solides ou solid oxide fuel cell en anglais) est envisagé, le module de type SOFC est intégré dans le système SOFC. Ce système de type SOFC abrite le module de même type et est conçu selon les codes nationaux et internationaux, ainsi que les normes applicables concernant les systèmes sous pression.

## 5.4.4 Directives applicables à la mise sur le marché des systèmes stationnaires de production d'électricité par pile à combustible

Les applications stationnaires mettant en œuvre des piles à combustible sont a priori concernées par les directives nouvelle approche présentées au chapitre 7.

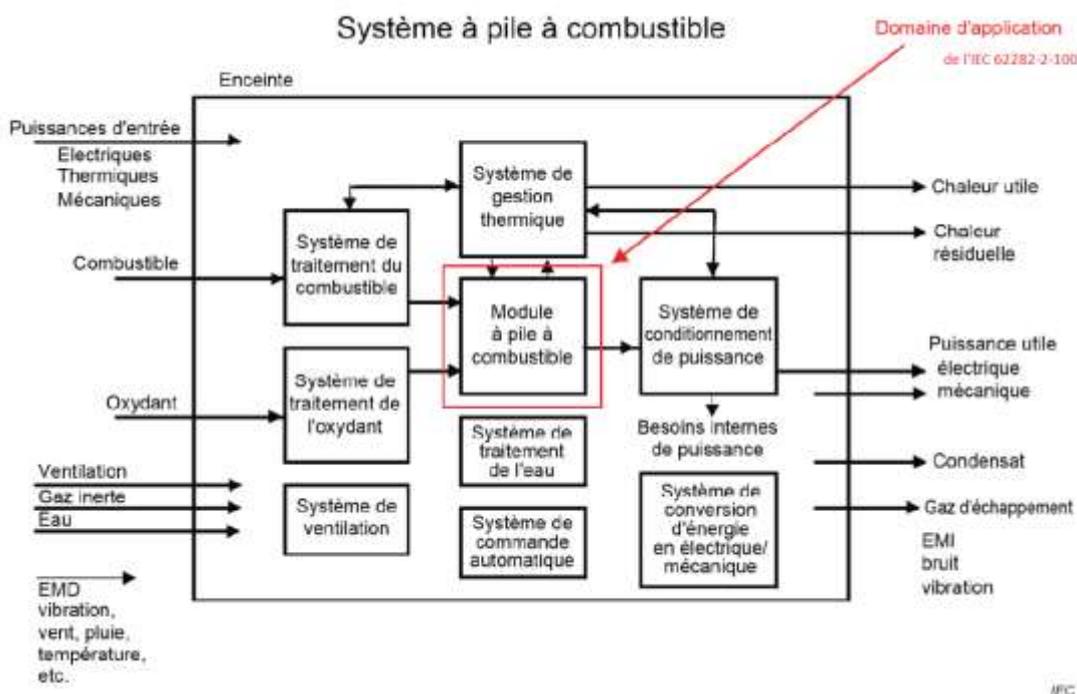


Figure 9 : Composants d'un système pile à combustible (Source : EN IEC 62282-2-100)

Directive	Composant principal	Système	Intervention d'un organisme notifié
ESP 2014/68/UE (Chapitre 7.2)	Dépend de la technologie et des conditions de fonctionnement visées. Compte tenu du volume de gaz limité dans chaque cellule l'article 4.3 s'applique la plupart du temps <sup>32</sup>	Non (sauf si le système intègre d'autres équipements sous pression (réservoirs tampons))	Non (sauf si le système intègre d'autres équipements sous pression (réservoirs tampons))
Machines 2006/42/CE	Non	Généralement oui (présence de ventilateurs, par exemple)	Non

<sup>32</sup> Article 4.3 : Les équipements sous pression et les ensembles dont les caractéristiques sont inférieures ou égales aux limites visées respectivement au paragraphe 1, points a), b) et c), et au paragraphe 2 sont conçus et fabriqués conformément aux règles de l'art en usage dans un État membre afin d'assurer leur utilisation de manière sûre. Les équipements sous pression et les ensembles doivent être accompagnés d'instructions d'utilisation suffisantes.

Sans préjudice d'autres actes législatifs d'harmonisation de l'Union qui en prévoient l'apposition, ces équipements ou ensembles ne portent pas le marquage CE visé à l'article 18.

(Chapitre 7.3)			
ATEX 2014/34/UE (Chapitre 7.4)	A étudier au cas par cas suivant la destination de la pile	A étudier au cas par cas suivant la destination du système	Oui si système destiné à être utilisé en zone ATEX 0 ou 1 (sauf si tous les composants sont par ailleurs certifiés ATEX) Non dans les autres cas
CEM 2014/30/UE (Chapitre 7.5)	Oui	Oui	Facultative
Basse tension 2014/35/UE (Chapitre 7.6)	Oui	Oui	Non
ROHS 2011/65/UE (Chapitre 7.7)	Oui	Oui	Non

Tableau 19 : Directives européennes applicables aux piles à combustibles et systèmes à pile à combustible

### 5.4.5 Applications mobiles

Les piles à combustible sont utilisées dans les véhicules à hydrogène pour convertir l'hydrogène en électricité, qui alimente le moteur électrique du véhicule.

Bien que la pile à combustible soit un composant essentiel du véhicule à hydrogène, elle ne fait pas l'objet d'un traitement particulier à ce jour dans les réglementations et normes applicables aux véhicules routiers développées au chapitre 8.

De même, les normes de la série IEC 62282 présentées au point suivant ne traitent pas le cas des véhicules routiers. Elles fournissent en revanche des exigences pour les PAC utilisées pour les chariots de manutention électriques.

### 5.4.6 Normes spécifiques aux piles à combustible

L'IEC a développé une série de normes *IEC 62282 – Technologies des piles à combustible*, qui ont été en partie reprises au niveau européen sous forme de la série de normes EN.

Référence	Titre
IEC/TS 62282-1 : 2013	Technologies des piles à combustible - Partie 1 : terminologie
NF EN 62282-2 : 2012	Technologies des piles à combustible - Partie 2 : modules à piles à combustible
NF EN IEC 62282-2-100 : 2020	Partie 2-100 : modules à piles à combustible – Sécurité
NF EN 62282-3-201 : 2017	Partie 3-201 : systèmes à piles à combustible stationnaires - Méthodes d'essai des performances pour petits systèmes à piles à combustible
NF EN IEC 62282-3-100 : 2020	Partie 3-100 : systèmes à piles à combustible stationnaires – Sécurité
NF EN 62282-3-200 : 2016	Partie 3-200 : systèmes à piles à combustible stationnaires - Méthodes d'essai des performances
NF EN 62282-3-300 : 2012	Partie 3-300 : systèmes à piles à combustible stationnaires – Installation
PR NF EN 62282-3-400 : 2015	Partie 3-400 : systèmes à piles à combustible stationnaires - Petits systèmes à piles à combustible stationnaires avec chaleur et puissance en sortie combinées
NF EN 62282-4-101 : 2015	Partie 4-101 : systèmes à piles à combustible pour la propulsion, autres que les véhicules routiers et groupes auxiliaires de puissance (GAP) - Sécurité pour chariots de manutention électriques

NF EN 62282-4-102 : 2017	Partie 4-102 : systèmes à piles à combustible pour chariots de manutention électriques - Méthodes d'essai des performances
NF EN 62282-5-1 : 2012	Partie 5-1 : systèmes à piles à combustible portables – Sécurité
NF EN IEC 62282-5-100 : 2018	Partie 5-100 : systèmes à piles à combustible portables – Sécurité
NF EN 62282-6-100/A1 : 2012	Partie 6-100 : système à micro-piles à combustible – Sécurité
NF EN 62282-6-300 : 2013	Partie 6-300 : systèmes à micro-piles à combustible - Interchangeabilité de la cartouche de combustible
IEC/TS 62282-7-1:2017	Part 7-1: Test methods - Single cell performance tests for polymer electrolyte fuel cells (PEFC)
PR NF EN IEC 62282-7-2 : 2020	Partie 7-2 : Méthodes d'essai - Essais de performance de cellule élémentaire et de pile pour les piles à combustible à oxyde solide (SOFC).
NF EN IEC 62282-8-101 : 2020	Partie 8-101 : système de stockage de l'énergie utilisant des modules à piles à combustible en mode inversé - Procédures d'essai pour la performance des cellules élémentaires et des piles à oxyde solide, comprenant le fonctionnement réversible
NF EN IEC 62282-8-102 : 2020	Partie 8-102 : systèmes de stockage de l'énergie utilisant des modules à piles à combustible en mode inversé - Procédures d'essai pour la performance des cellules élémentaires et des piles à membrane échangeuse de protons, comprenant le fonctionnement réversible
NF EN IEC 62282-8-201 : 2020	Partie 8 201 : systèmes de stockage de l'énergie utilisant des modules à piles à combustible en mode inversé - Procédures d'essai pour la performance des systèmes électriques à électriques
IEC/TS 62282-9-101:2020	Part 9-101: Evaluation methodology for the environmental performance of fuel cell power systems based on life cycle thinking - Streamlined life-cycle considered environmental performance characterization of stationary fuel cell combined heat and power systems for residential applications

Tableau 20 : Normes de la série IEC 62282 Technologies des piles à combustible

La norme *EN IEC 62282-2-100 Technologies des piles à combustible -Partie 2-100 : modules à piles à combustible – Sécurité* fournit le cadre pour traiter des questions de sécurité sur les modules piles à combustible quelle que soit l'application envisagée, à l'exception notable des véhicules routiers à pile à combustible. Le Tableau 21 présente un aperçu des points traités par la norme.

Cette norme est complétée par des normes spécifiques pour les systèmes piles à combustible pour applications stationnaires (EN IEC 62282-3-100), pour la propulsion des véhicules autres que routiers (EN 62282-4-101 en ce qui concerne les chariots de manutention électrique), les systèmes portables (EN 62282-5-100) ou les micro-piles à combustible (EN 62282-6-100).

La norme EN IEC 62282-3-100 traite de la sécurité des systèmes à piles à combustible autonomes assemblés pour être stationnaires ou des systèmes à piles à combustible d'un ensemble assemblé en usine de systèmes intégrés qui génèrent de l'électricité par réactions électrochimiques. Ce second cas correspond par exemple à un générateur électrique composé de piles à combustibles et des composants nécessaires à leur fonctionnement, montés en usine dans un conteneur. Bien que celui-ci puisse être déplacé, il constitue pendant son utilisation un système stationnaire.

1	Domaine d'application
2	Références normatives
3	Termes et définitions
4	Exigences
4.1	Stratégie de sécurité générale
4.2	Exigences de conception
Comportement dans des conditions normales et anormales de fonctionnement, Fuite, Fonctionnement sous pression, Feu et inflammation, Sécurité/garde-fou, Tuyauteries et accessoires, Composants électriques, Bornes et connexions électriques, Parties électriquement actives, Matériaux isolants et rigidité diélectrique, Mise à la terre/liaison de protection, Chocs et vibrations	
5	Essais de type

	Essai de choc et de vibration, Essai de fuite de gaz, Essai de fonctionnement normal, Essai de pression de service admissible, Essai de résistance à la pression du système de refroidissement, Caractéristiques assignées de courant continu et de courte durée, Essai de surpression, Essai de rigidité diélectrique, Essai de pression différentielle, Essai de fuite de gaz (répétition), Fonctionnement normal (répétition), Essai de concentration inflammable, Essais dans des conditions anormales de fonctionnement, Essai de sous-alimentation en combustible, Essai de sous-alimentation en oxygène/oxydant, Essai de court-circuit, Essai de manque de refroidissement/défaut de refroidissement, Essai du système de surveillance de perméation, Essais de cycle de gel/dégel
6	Essais individuels de série
	Essai d'étanchéité au gaz, Essai de tenue diélectrique,
7	Marquages et instructions
	Plaque signalétique, Marquage, Étiquette d'avertissement, Documentation, Manuel d'installation, Schéma d'installation, Manuel d'utilisation, Manuel de maintenance, Nomenclature,
Annexe A (Informative)	Dangers, situations dangereuses et événements dangereux significatifs traités dans le présent document
Annexe B (Informative)	Informations supplémentaires pour la réalisation et l'évaluation des essais

Tableau 21 : Extrait de la table des matières de la norme EN IEC 62282-2-100

Le champ d'application de l'EN IEC 62282-3-100 couvre l'ensemble des composants identifiés à l'intérieur de l'enceinte du système tel que décrit dans la Figure 9 et leurs interactions.

La norme EN IEC 62282-3-100 ne traite pas uniquement des piles à combustible utilisant de l'hydrogène. Elle s'applique aussi à d'autres types de combustibles tels que le méthane, l'éthanol...

4	Exigences de sécurité et mesures de protection
4.1	Stratégie de sécurité générale
4.2	Environnement physique et conditions de fonctionnement
	Généralités, <b>Énergie électrique à l'arrivée</b> , Environnement physique, Arrivée de combustible, <b>Arrivée d'eau</b> , Vibrations, chocs et secousses, Manutention, transport et stockage, Système de purge
4.3	Sélection des matériaux
4.4	Exigences générales
4.5	Équipement sous pression et tuyauteries
	Équipement sous pression, Réseaux de tuyauteries, <b>Systèmes d'évacuation de fumées</b> , Parties servant à transporter du gaz,
4.6	<b>Protection contre les dangers d'incendie ou d'explosion</b>
	<b>Prévention des dangers d'incendie et d'explosion dans les systèmes à piles à combustible équipés d'enveloppes, Prévention des dangers d'incendie et d'explosion dans les brûleurs, Prévention des dangers d'incendie et d'explosion dans les systèmes d'oxydation catalytique de combustible (brûleurs catalytiques)</b>
4.7	Sécurité électrique
4.8	Compatibilité électromagnétique (CEM)
4.9	Systèmes de commande et composants de protection
	Exigences générales, Systèmes de commande, Composants de protection, Équipement à énergie pneumatique et hydraulique
4.11	Vannes ( <b>Soupapes d'arrêt</b> , Vannes de combustible)
4.12	Équipement rotatif (Compresseurs, Pompes)
4.13	Enveloppes
4.14	<b>Matériaux d'isolation thermique</b>
4.15	Services publics (Exigences générales, Alimentation en eau, Alimentation en gaz combustible, Connexions électriques)
4.16	Installation et maintenance
4.17	Sécurité équivalente
5	Essais de type
5.1	Exigences générales
5.2	Combustibles d'essai
5.3	Aménagements des essais de base
5.4	Essais de fuite (Essais de fuite pneumatique, Essais de fuite hydrostatique.)

5.5	Essais de résistance (Essais de résistance pneumatique, Essai de résistance hydrostatique)
5.6	Essais de type en fonctionnement normal
5.7	Essai de surcharge électrique
5.8	Paramètres d'arrêt
5.9	Essais de caractéristiques de fonctionnement du brûleur
5.10	Commande automatique des brûleurs et réacteurs d'oxydation catalytique
5.11	Essai de température de gaz d'échappement
5.12	Températures de la surface et des composants
5.13	Essais en soufflerie
5.14	Essai de pluie
5.15	Émissions
5.16	Essai de conduite de condensat bloquée
5.17	Essai de décharge des condensats
5.18	Essais de sécurité électrique
5.19	Essai CEM
5.20	Essai de fuite du système de ventilation
5.21	Essais de fuite (répétition)
6	Essais individuels de série
Essai de fuite, Essai de rigidité diélectrique, Essai de fonctionnement du brûleur,	
7	Marquage, étiquetage et emballage
Marquage des systèmes à piles à combustible, Marquage des composants, Documentation technique, Manuel d'installation, Manuel d'information de l'utilisateur, Manuel d'exploitation, Manuel de maintenance,	
Annexe A (informative)	Dangers significatifs, situations et événements dangereux traités dans le présent document
Annexe B (informative)	Carburant et compatibilité du matériau pour l'utilisation de l'hydrogène
Annexe C (normative)	Paragraphes normatifs de remplacement relatifs aux petits systèmes à piles à combustible de puissance en sortie assignée inférieure à 10 kW et de pression maximale inférieure à 0,1 MPa (manométrique) pour les passages de <b>combustible et d'oxydant</b>

Tableau 22 : Extrait de la table des matières de la norme EN IEC 62282-3-100

## 5.5 Composants et systèmes pour applications stationnaires

### 5.5.1 Tuyauteries, vannes et raccords

En plus des composants très spécifiques traités dans les sections précédentes, les systèmes à hydrogène intègrent des composants courants dans l'industrie :

- Tuyauteries
- Raccords
- Vannes
- Soupapes
- Détendeurs
- Flexibles

Les vannes et plus généralement les dispositifs de régulation de flux sont réglementés en fonction de leur dimension nominale et de leur pression et de la dangerosité du fluide transporté. Pour les applications stationnaires, c'est la directive ESP qui s'applique principalement et la conception et le test des vannes sont effectués sur la base de normes génériques présentées au chapitre 7.2.5. Du fait des faibles diamètres de tuyauteries utilisées dans les systèmes à hydrogène, l'article 4.3 de la DESP<sup>33</sup> s'applique généralement aux tuyauteries.

<sup>33</sup> Article 4.3 : Les équipements sous pression et les ensembles dont les caractéristiques sont inférieures ou égales aux limites visées respectivement au paragraphe 1, points a), b) et c), et au paragraphe 2 sont conçus et fabriqués conformément aux règles de l'art en usage dans un État membre afin d'assurer leur

Les vannes et composants de sécurité utilisées pour les véhicules automobiles sont traitées dans la réglementation applicable aux véhicules développée au chapitre 8.

Les vannes et composants destinés à être mis en œuvre dans les stations-service d'hydrogène font l'objet d'une norme spécifique : *ISO 19880-3 :2018 Carburant d'hydrogène gazeux - Stations-service - Partie 3 : vannes*, présentée plus en détail au 5.6.1.

Une norme concernant les raccords : *ISO 19880-6 Fittings* est aussi en préparation dans le cadre des travaux du comité de certification ISO TC 197.

## 5.5.2 Détecteurs de gaz hydrogène

Pour de nombreuses applications, en particulier lorsqu'elles impliquent l'emploi d'hydrogène au sein d'un confinement, il peut être nécessaire de mettre en place des dispositifs instrumentés de sécurité reposant sur une fonction de détection de gaz hydrogène combinée à un système logique qui déclenche une fonction de mise en sécurité du système. Il peut s'agir de fermer une vanne automatique, de couper les énergies au sein du confinement ou d'enclencher une ventilation forcée, par exemple. Dans tous les cas, la fonction de sécurité combinée détection-interprétation-action doit avoir un niveau de fiabilité adéquat et le détecteur lui-même doit répondre à des exigences spécifiques.

Référence	Titre
ISO 26142:2010 (2010-06-01).	Détecteurs d'hydrogène - Applications fixes spécifie les exigences et les protocoles de test pour les détecteurs d'hydrogène utilisés dans des applications fixes
NF EN 60079-29-1	Atmosphères explosives - Partie 29-1 : détecteurs de gaz - Exigences d'aptitude à la fonction des détecteurs de gaz inflammables
NF EN 60079-29-2	Atmosphères explosives Partie 29-2 : détecteurs de gaz - Sélection, installation, utilisation et maintenance des détecteurs de gaz inflammables et d'oxygène
NF EN 60079-29-3	Atmosphères explosives - Partie 29-3 : détecteurs de gaz - Recommandations relatives à la sécurité fonctionnelle des systèmes fixes de détection de gaz
NF EN 60079-29-4	Atmosphères explosives - Partie 29-4 : détecteurs de gaz - Exigences d'aptitude à la fonction des détecteurs de gaz inflammables à chemin ouvert
NF EN 50270	Compatibilité électromagnétique - Appareils de détection et de mesure de gaz combustible, de gaz toxique et d'oxygène (Tirage 2 (2016-08-01))

Tableau 23 : Normes relatives aux détecteurs de gaz pertinentes pour les détecteurs d'hydrogène

## 5.6 Composants et systèmes pour la distribution d'hydrogène

### 5.6.1 Description de la technologie

Le schéma suivant présente les divers composants d'une station de distribution d'hydrogène pour véhicules pour différentes configurations d'approvisionnement.

Les stations-service d'hydrogène sont constituées en partie de composants génériques, dont certains peuvent néanmoins être développés plus spécifiquement pour l'application de distribution d'hydrogène :

- Réservoirs haute pression pour le stockage d'hydrogène gazeux ou liquide,
- Purificateur,
- Compresseur,
- Vannes,
- Dispositifs de sécurité : soupapes,
- Capteurs de température,
- Détecteurs de gaz,
- Système de refroidissement,
- Système de régulation,
- Flexible de distribution,
- Embout de distribution.

utilisation de manière sûre. Les équipements sous pression et les ensembles doivent être accompagnés d'instructions d'utilisation suffisantes.

Sans préjudice d'autres actes législatifs d'harmonisation de l'Union qui en prévoient l'apposition, ces équipements ou ensembles ne portent pas le marquage CE visé à l'article 18

Ces composants, présentés dans les sections qui précèdent, relèvent de réglementations génériques et des normes harmonisées prises en application. Lorsqu'ils sont assemblés pour constituer une station de distribution d'hydrogène, ils constituent un ensemble d'équipements sous pression et de machines et doivent donc être évalués comme tels.

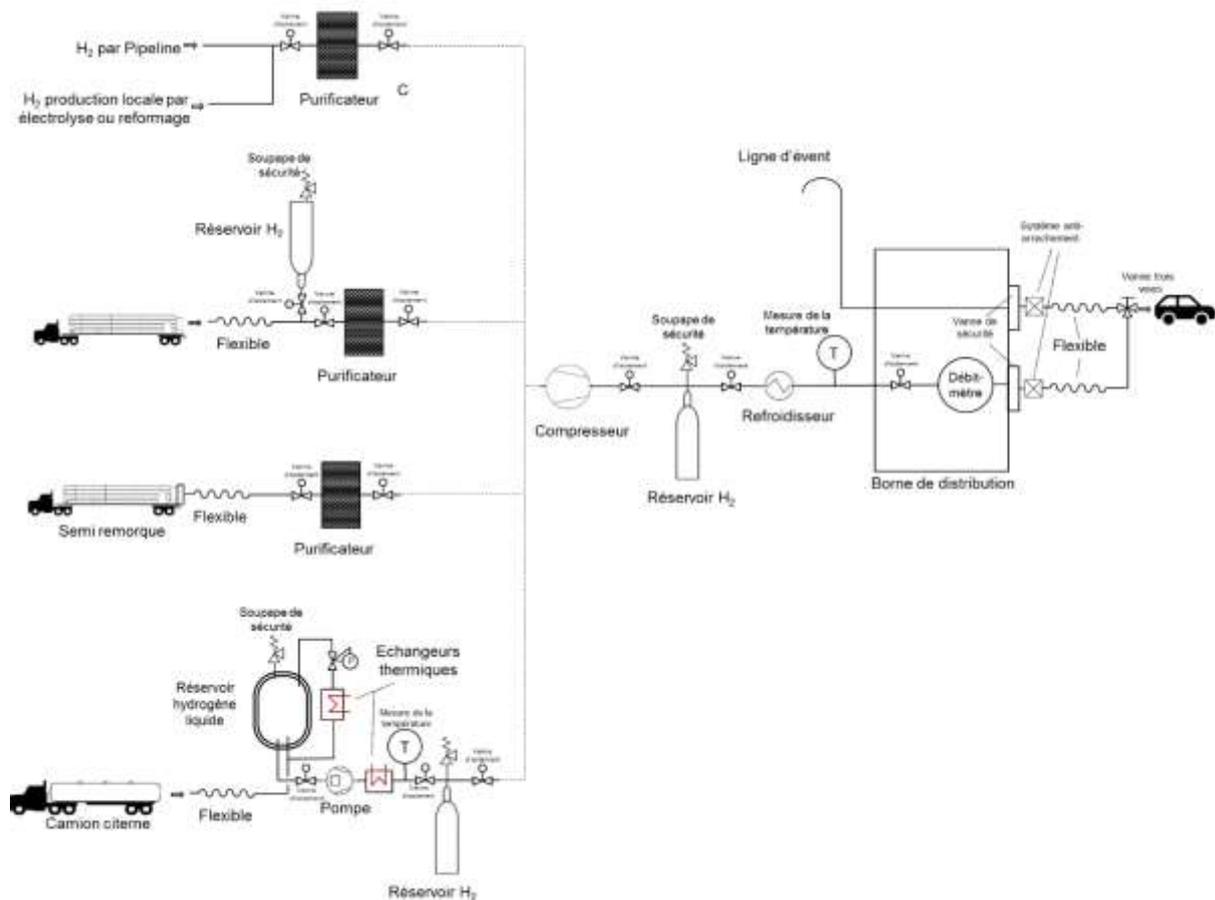


Figure 10 : Configurations typiques de stations-services alimentées par divers modes

La partie aval de la station comporte des composants très spécifiques qui assurent l'interface avec le véhicule et le pilotage de la distribution d'hydrogène. En plus des exigences applicables à ces composants du fait de leurs conditions de service, ces composants spécifiques doivent être compatibles avec le véhicule et avec les protocoles de remplissage adoptés par la profession automobile. Ils doivent donc être conçus et testés selon des normes spécifiques présentées ci-après.

### 5.6.2 Directives applicables à la mise sur le marché des stations de distribution d'hydrogène

Directive	Système	Intervention d'un organisme notifié
ESP 2014/68/UE (Chapitre 7.2)	Oui	Oui
Machines 2006/42/CE (Chapitre 7.3)	Oui	Non
ATEX 2014/34/UE (Chapitre 7.4)	A étudier au cas par cas	Oui si équipement destiné à être utilisé en zone ATEX 0 ou 1 (sauf si tous les composants sont par ailleurs certifiés ATEX) Non dans les autres cas

CEM 2014/30/UE (Chapitre 7.5)	Oui pour les composants électriques et électroniques	Facultative
Basse tension 2014/35/UE (Chapitre 7.6)	Oui pour les composants électriques	Non
ROHS 2011/65/UE (Chapitre 7.7)	Oui pour les composants électriques et électroniques	Non
Règlementation métrologie légale (Chapitre 7.9)	Oui si la station est destinée à la vente d'hydrogène au poids	Oui

Tableau 24 : Directives applicables au système station de distribution

### 5.6.3 Les normes applicables à la distribution d'hydrogène

#### 5.6.3.1 Normes européennes

La directive 2014/94/UE du Parlement européen et du Conseil du 22 octobre 2014 sur le déploiement d'une infrastructure pour carburants alternatifs fixait un cadre pour la mise en place de points de ravitaillement en hydrogène ouverts au public. L'objectif est d'assurer la sécurité et l'interopérabilité des stations.

La directive, qui date de 2014, requiert que les points de ravitaillement soient conformes aux spécifications techniques *ISO/TS 20100*. Ce texte a été annulé en 2015 et un mandat a été donné au CEN/CENELEC pour développer un nouveau cadre normatif européen.

Les instructions de la demande de normalisation M/533 couvraient en particulier :

- a) les points de ravitaillement en hydrogène en extérieur distribuant de l'hydrogène gazeux ;
- b) la pureté de l'hydrogène distribué par les points de ravitaillement en hydrogène ;
- c) les algorithmes et équipements des points de ravitaillement en hydrogène ;
- d) les connecteurs pour véhicules pour le remplissage d'hydrogène gazeux.

L'élaboration de ces nouvelles normes est maintenant terminée. Les points de ravitaillement et les algorithmes associés sont traités dans la norme *EN 17127*, initialement publiée en 2018 et dont une nouvelle version a été publiée en novembre 2020. La pureté de l'hydrogène est traitée par l'*EN 17124 : 2018*, et les connecteurs pour véhicules par l'*EN ISO 17268 : 2020*.

La norme *NF EN 17127 : 2018 Points de ravitaillement en hydrogène en extérieur distribuant de l'hydrogène gazeux et intégrant des protocoles de remplissage*, définit les exigences générales concernant la conception des points de distribution d'hydrogène, c'est-à-dire de la partie de la station qui assure le pilotage et la distribution vers le véhicule.

1 Domaine d'application	6 Sécurité des points de ravitaillement en hydrogène
2 Références normatives	6.1 Généralités
3 Termes et définitions	6.2 Processus d'attribution de permis
4 Abréviations	
5 Caractéristiques et propriétés des points de ravitaillement en hydrogène	
5.1 Exigences générales	7 Inspection et validation des points de ravitaillement en hydrogène
5.2 Qualité du carburant	7.1 Inspection avant la mise en service et inspection périodique
5.3 Process control de la borne de distribution	7.2 Essai minimal de réception sur site à des fins d'interopérabilité
5.3.1 Exigences générales concernant le protocole de remplissage	
5.3.2 Déroulement du protocole de remplissage	Annexe A (informative) Caractéristiques minimales attendues pour les véhicules

5.3.3 Limites du protocole de remplissage pour les autres véhicules	
5.3.4 Communications du véhicule vers la station	Annexe B (informative) Contre-mesures pour les protocoles de remplissage d'hydrogène inconnus
5.3.5 Défauts de régulation de la pression de la borne de distribution et protection contre les surpressions	B.1 Généralités
5.3.6 Défauts de régulation de température de la borne de distribution	B.2 Exemples de contre-mesures

Tableau 25 : Extrait de la table des matières de la norme NF EN 17127 : 2018

Le chapitre 7 de la norme traite de l'inspection et de la validation des points de ravitaillement en hydrogène. Ces essais concernent en particulier la conformité du protocole de remplissage. Ils peuvent être effectués lors de la réception en usine (FAT) ou lors de la réception sur site (SAT). La réception sur site (SAT) doit inclure un ensemble de points obligatoires portant sur :

- Les mesures de température
- La vérification de la pression du CHSS au démarrage
- La détection de coupure de communication et le passage à un mode sans communication
- L'arrêt du remplissage en cas de signal d'annulation
- La validation du remplissage sans communication
- La validation du remplissage avec communication

Le dispositif de raccordement du flexible de distribution au véhicule est un composant essentiel de la station de distribution d'hydrogène. Il assure à la fois une fonction d'étanchéité, de tenue mécanique pour empêcher le décrochage du flexible et de communication avec le véhicule.

La norme *NF EN ISO 17268 : 2020 Dispositifs de raccordement pour le ravitaillement des véhicules terrestres à hydrogène gazeux*, définit les exigences de conception et d'essai du dispositif de raccordement.

4 Exigences générales de construction	7.14 Essai de résistance à l'hydrogène des matériaux non métalliques
5 Pistolets	7.15 Résistance électrique
6 Réceptacles	7.16 Résistance hydrostatique
	7.17 Résistance à la corrosion
7 Modes opératoires d'essai pour la vérification de conception	7.17.3 Essai du pistolet
7.1 Exigences générales	7.17.4 Essai du réceptacle
7.2 Conditions d'essai	7.18 Déformation
7.3 Essai des pistolets	7.19 Essai de contamination
7.4 Essai des réceptacles	7.20 Essai de cycle thermique
7.5 Interface utilisateur-machine	7.21 Essai d'exposition à de l'hydrogène pré-refroidi
7.6 Chute	7.22 Essai de pistolet mal connecté
7.7 Étanchéité à température ambiante	7.23 Essai de compatibilité ascendante/descendante du pistolet
7.8 Poignée de manoeuvre de la vanne	
7.9 Résistance aux vibrations du réceptacle	
7.10 Charges anormales	7.23.1 Généralités
7.11 Basses et hautes températures	7.23.2 Essai de compatibilité ascendante du pistolet
	7.23.3 Essai de compatibilité descendante du pistolet
7.11.3 Essais d'étanchéité	7.24 Essai d'éjection de joint
7.11.4 Essais de fonctionnement	7.25 Essai d'inviolabilité
7.12 Endurance et maintenabilité	7.26 Essai de blocage par le givre
7.12.2 Essai d'endurance du pistolet	7.27 Essai de flexion alternée

7.12.3 Essai d'endurance du clapet anti-retour du réceptacle	7.28 Essai de communication
7.12.4 Essai d'endurance du réceptacle	8 Instructions
	9 Marquage
7.12.5 Essai d'endurance du pistolet et du réceptacle connectés	Annexe A (normative) Enveloppe de l'interface entre le réceptacle et le pistolet
7.13 Essai de vieillissement des matériaux d'étanchéité	Annexe B (normative) Réceptacles pour hydrogène
7.13.2 Procédure d'essai de vieillissement à l'oxygène	Annexe C (normative) Étalons de test à jeu élargi
	Annexe D (normative) Étalons de test à jeu serré
7.13.3 Procédure d'essai de vieillissement à l'ozone	Annexe E (normative) Étalons de test usés
	Annexe F (informative) Exemple de conception intégrant un six pans
	Bibliographie

Tableau 26 : Extrait de la table des matières de la norme NF EN ISO 17268 : 2020

### 5.6.3.2 Normes ISO

La station de remplissage dans son intégralité est par ailleurs traitée dans l'ISO 19880-1 Carburant d'hydrogène gazeux - Stations-service - Partie 1 : Exigences générales spécifie les exigences générales applicables à une station-service d'hydrogène, et plus généralement dans la série de normes ISO 19880 en cours d'élaboration dans le cadre de l'ISO TC 197.

Référence	Titre	Etat fin 2020
ISO 19880-1 : 2020	Carburant d'hydrogène gazeux - Stations-service - Partie 1 : Exigences générales spécifie les exigences générales applicables à une station-service d'hydrogène	Publiée en 2020
ISO/DIS 19880-2	Gaseous Hydrogen — Fuelling stations — Part 2: Dispensers and dispensing systems	En cours de rédaction
ISO 19880-3 : 2018	Carburant d'hydrogène gazeux - Stations-service - Partie 3 : vannes	Publiée en 2018
ISO 19880-4	Gaseous hydrogen -- Fueling stations. Part 4: Compressors	A l'état de proposition
ISO 19880-5 :2019	Gaseous hydrogen - Fuelling stations - Part 5: Dispenser hoses and hose assemblies	Publiée en 2019
ISO/CD 19880-6	Gaseous hydrogen — Fueling stations — Part 6: Fittings	En cours de rédaction
ISO/PWI 19880-7	Gaseous hydrogen — Fuelling stations — Part 7: O-rings	Début de rédaction
ISO 19880-8:2019	Hydrogène gazeux - Stations de remplissage- - Partie 8: Contrôle qualité du carburant	Publiée en 2019

Tableau 27 : Structure de la série de normes ISO 19880

La norme ISO 19880-1:2020 Carburant d'hydrogène gazeux - Stations-service - Partie 1: Exigences générales fixe le cadre général pour la conception, l'exploitation et les essais des stations de distribution. Elle traite des sujets suivants :

- Management des risques (Chapitre 5)
- Sécurité de l'approvisionnement en hydrogène (Chapitre 6)
- Equipements et composants (Chapitre 7)
- Système de distribution (Chapitre 8)
- Qualité de l'hydrogène (Chapitre 9)
- Aspects électriques (Chapitre 10)
- Systèmes d'instrumentation et contrôle (Chapitre 11)
- Essais et inspection avant mise en service (Chapitre 12)

- Opération (Chapitre 13)
- Documentation technique (Chapitre 14)
- Inspection et maintenance (Chapitre 15)

L'annexe A et l'annexe B de la norme décrivent de façon détaillée une méthodologie d'évaluation des risques en fournissant de nombreux éléments techniques pour guider la démarche.

Les annexes C, D, E et F sont consacrées aux protocoles de remplissage en particulier le protocole de la norme SAE J 2601. Elles fournissent aussi un cadre pour les essais de validation du protocole de remplissage à appliquer en usine et sur site et des spécifications pour la maîtrise des risques liés au protocole de remplissage. Il n'existe pas actuellement d'offre de certification de la conformité des stations-services à tout ou partie de l'ISO 19880-1 par des organismes de certification indépendants. Les constructeurs automobiles ont mis en place une évaluation systématique afin de garantir à leurs clients que le protocole de remplissage est bien respecté et appellent de leurs vœux la mise en place d'un schéma de certification indépendant.

L'annexe G décrit des solutions de protection de la station contre les impacts causés par les véhicules.

L'annexe H traite de la détection de fuite notamment par chute de pression.

L'annexe I présente une check-list des points à vérifier au cours des essais et inspections avant mise en service.

L'annexe J définit les spécifications d'un système de test simulant le comportement d'un véhicule.

L'annexe K définit les procédures et le système de prélèvement d'hydrogène pour analyse de la qualité

La norme *ISO 19880-3:2018 Carburant d'hydrogène gazeux - Stations-service - Partie 3 : vannes* spécifie les exigences et les essais de qualification des vannes et plus généralement les équipements de régulation de débit destinés à être employés dans les stations-services de carburant d'hydrogène gazeux.

La norme traite ainsi des composants suivants :

- Clapets anti-retours
- Clapets de sur débit
- Vannes de contrôle de débit
- Dispositifs anti-arrachement (breakaway)
- Vannes manuelles
- Soupapes de sécurité
- Vanne d'arrêt

Pour ces composants, elle définit des exigences en termes de

- Compatibilité des matériaux avec l'hydrogène
- Résistance aux conditions spécifiques d'utilisation (pression, température, nombre de cycles de mise en pression)

Ces exigences sont vérifiées au moyen d'essais parmi la liste suivante :

- Cyclage sous pression d'hydrogène
- Fuite interne et externe
- Cyclage en conditions de pression résultant d'un défaut (worst case fault pressure cycle test)
- Fuite sous pression hydraulique à 1,5 fois la pression de design
- Résistance sous pression (2,4 fois la pression de design)
- Résistance à un couple de torsion excessif (excess torque)
- Résistance à un couple de fléchissement
- Résistance au cloquage des matériaux non métalliques
- Résistance aux fluides froids (cold gas in war valve)

### 5.6.3.3 Lien avec les normes SAE

La SAE a édité une série de normes en vue de standardiser le remplissage des véhicules à hydrogène. Ces normes font référence internationalement. Elles traitent à la fois des composants clés du système véhicule-station, à savoir l'embout de remplissage, côté station, et le réceptacle de remplissage côté véhicule, du système de communication entre le véhicule et la station et du protocole de remplissage qui détermine la régulation du flux d'hydrogène entre la station et le véhicule en fonction des conditions initiales de pression et de température, de la température de l'hydrogène au point de ravitaillement et de l'évolution de la pression au cours du remplissage. Les normes SAE J 2600 relative au dispositif de connexion au véhicule et SAE J 2601 relative au protocole de remplissage sont citées dans les normes ISO 19880-1 et CEN 17127.

Référence	Titre
SAE J 2600-2015	Compressed Hydrogen Surface Vehicle Fueling Connection Devices
SAE J 2601-2020	Fueling Protocols for Light Duty Gaseous Hydrogen Surface Vehicles
SAE J 2601-2-2014	Fueling Protocol for Gaseous Hydrogen Powered Heavy Duty Vehicles
SAE J 2601-3-2013	Fueling Protocol for Gaseous Hydrogen Powered Industrial Trucks
SAE J 2799-2019	Hydrogen Surface Vehicle to Station Communications Hardware and Software
SAE J 2719-2020	Hydrogen Fuel Quality for Fuel Cell Vehicles

Tableau 28 : Normes SAE applicables aux véhicules à hydrogène

## 5.7 Véhicules à hydrogène et leurs composants

La Figure 11 issue du GTR 13<sup>34</sup> présente les composants principaux des véhicules routiers à hydrogène. Les réglementations et normes applicables à ces composants et systèmes pour les véhicules routiers de type M et N à hydrogène sont traités dans le chapitre 8.

Au-delà de ces véhicules, des applications pour d'autres types de véhicules sont en développement. Elles sont basées sur les mêmes types de composants mais ne bénéficient pas actuellement d'un cadre réglementaire et normatif aussi structuré. Les textes présentés au chapitre 8 concernant les véhicules routiers de type M et N<sup>35</sup> servent souvent de référence par défaut pour la conception de ces nouveaux systèmes.

D'autres véhicules routiers sont en développement ou commercialisés :

- Le vélo à hydrogène<sup>36</sup> est déjà disponible à la vente ;
- Le scooter<sup>37</sup> est encore à un stade précoce de développement ;
- Le tracteur agricole à hydrogène est encore au stade du concept.

Pour ces trois types de véhicules, le cadre réglementaire applicable à la motorisation à hydrogène n'est pour le moment pas défini de façon spécifique.

Des véhicules à usage interne sont aussi commercialisés ou en cours de développement. La réception par type de ces véhicules ou engins industriels suivant la réglementation applicable aux véhicules routiers est généralement possible mais facultative. S'ils ne sont pas homologués suivant ces règlements, ils sont alors couverts par les directives applicables aux machines industrielles présentées au chapitre 7.

- Les chariots élévateurs ont connu un développement significatif. Ils sont traités dans le cadre des directives « nouvelle approche » (machines, ESP...) en s'appuyant sur des normes spécifiques (cf. chapitre 7) et leurs stations de remplissage font l'objet d'un arrêté spécifique au titre de la réglementation sur les installations classées<sup>38</sup>.
- Des machines et engins de BTP divers sont aussi à l'étude. Ils ne disposent pas pour le moment d'un corpus normatif adapté à leurs spécificités. Ainsi les réglementations applicables aux véhicules routiers sont souvent prises comme référence pour la conception de ces systèmes auxquels il faut néanmoins appliquer les procédures d'évaluation de la conformité prévues dans les directives nouvelle approche (ESP, en particulier) si on décide de ne pas les homologuer comme véhicules routiers.

<sup>34</sup> Règlement technique mondial n° 13 sur les véhicules à hydrogène à pile à combustible, <https://unece.org/transport/standards/transport/vehicle-regulations-wp29/global-technical-regulations-gtrs>

<sup>35</sup> Catégorie M : Véhicules à moteur conçus et construits pour le transport de passagers et ayant au moins quatre roues.

Catégorie N : Véhicules à moteur conçus et construits pour le transport de marchandises et ayant au moins quatre roues.

<sup>36</sup> <https://www.pragma-industries.com/fr/mobilite-douce/>

<sup>37</sup> <https://www.go2roues.com/actualites/scooter-hydrogene-la-solution-de-demain/>

<sup>38</sup> Arrêté du 26/11/15 relatif aux prescriptions générales applicables aux installations mettant en œuvre l'hydrogène gazeux dans une installation classée pour la protection de l'environnement pour alimenter des chariots à hydrogène gazeux lorsque la quantité d'hydrogène présente au sein de l'établissement relève du régime de la déclaration pour la rubrique n° 4715 (arrêté modifié par arrêté du 22/10/2018)

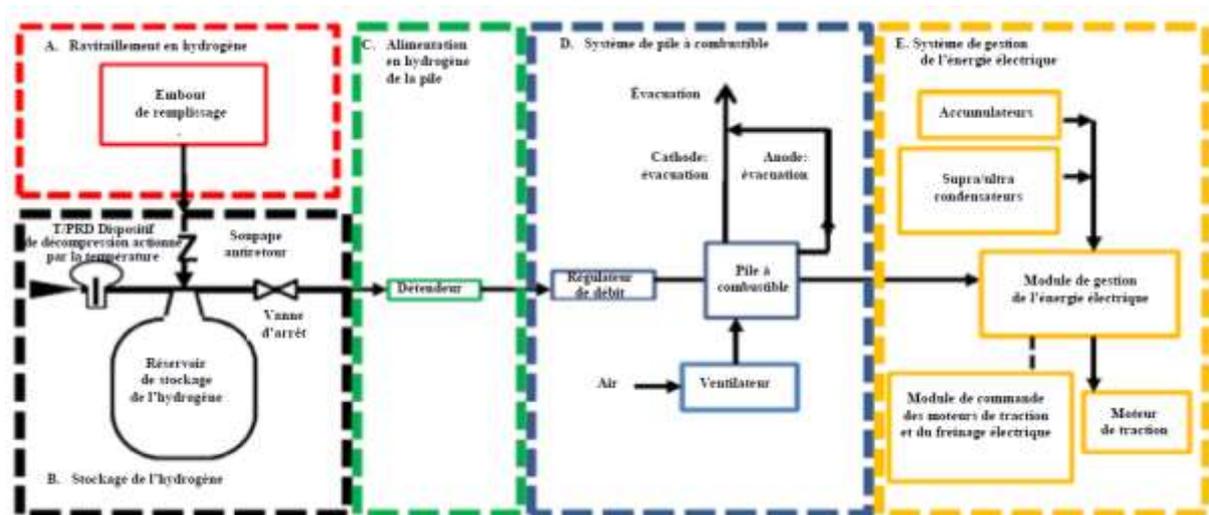


Figure 11 : Schéma de principe des principaux systèmes d'un véhicule à pile à combustible alimentée en hydrogène (Source : GTR 13)

Enfin, des développements sont en cours pour :

- Les trains à hydrogène, destinés notamment à remplacer les trains au diesel sur les portions non électrifiées du réseau,
- Les bateaux de navigation intérieure, pour le transport de passagers ou de marchandises,
- Les navires de navigation maritime, soit pour la propulsion soit pour l'alimentation en électricité, en particulier lorsque le navire est au port,
- Les avions de tourisme ou de transport de passagers.

Pour toutes ces applications nouvelles, le cadre réglementaire et normatif spécifique à l'utilisation de l'hydrogène comme carburant est à développer. En effet, même si dans chaque cas, des démonstrateurs ont été développés, parfois plusieurs, la certification ou l'homologation a été obtenue sur la base notamment des exigences spécifiques du règlement européen (CE) 79/2009 pour les bateaux de navigation intérieure<sup>39</sup> et les trains<sup>40</sup> et selon des procédures exceptionnelles. Le chapitre 10 présente pour chacun de ces domaines le cadre général de la certification ou homologation dans lequel s'inscriront ces futurs développements.

## 6 Cadre réglementaire et normatif de la certification selon le « nouveau cadre législatif européen »

### 6.1 Le « nouveau cadre législatif européen »<sup>41,42</sup>

Au cours de ces 40 dernières années d'intégration européenne les politiques et cadres réglementaires dans le domaine de la libre circulation des marchandises ont évolué. Passant successivement d'une « ancienne approche » basée sur des exigences techniques détaillées dans les textes, à une « nouvelle approche » qui restreint le contenu de la législation aux « exigences essentielles », laissant les détails

<sup>39</sup> Voir notamment les cahiers techniques de BATELIA publiés par VNF, n°2 Propulsion hydrogène pour bateaux fluviaux

[https://www.vnf.fr/vnf/app/uploads/2020/02/Cahier\\_technique\\_BATELIA\\_hydrogene.pdf](https://www.vnf.fr/vnf/app/uploads/2020/02/Cahier_technique_BATELIA_hydrogene.pdf)

<sup>40</sup> <https://www.alstom.com/press-releases-news/2018/7/coradia-ilint-hydrogen-train-receives-approval-for-commercial-operation-in-german-railway-networks> et

<https://www.fch.europa.eu/sites/default/files/04-Alstom-Ulrich-Gahl-final.pdf> et

[https://www.economie.gouv.fr/files/files/directions\\_services/cge/verdissement\\_flotte\\_ferroviaire.pdf](https://www.economie.gouv.fr/files/files/directions_services/cge/verdissement_flotte_ferroviaire.pdf)

<sup>41</sup> Le chapitre 6 est un extrait adapté de la COMMUNICATION DE LA COMMISSION Le Guide bleu relatif à la mise en œuvre de la réglementation de l'Union européenne sur les produits 2016 (Texte présentant de l'intérêt pour l'EEE) – Journal officiel de l'Union Européenne, 26/07/2016, C272/01

<sup>42</sup> Ce nouveau cadre législatif européen est couramment désigné sous le terme « nouvelle approche »

techniques aux normes harmonisées européennes, puis à un « nouveau cadre législatif » adopté en 2008<sup>43</sup>, qui complète la nouvelle approche en apportant tous les éléments nécessaires à une évaluation de la conformité, à une accréditation et à une surveillance du marché efficaces. Les textes relevant de ce "nouveau cadre législatif" sont appelés actes d'harmonisation de l'Union. Il s'agit pour la plupart de directives européennes<sup>44</sup>. Dans la suite de ce guide, le terme « directive » désigne plus particulièrement les actes d'harmonisation de l'Union.

Les directives détaillées au 7 relèvent toutes de ce « nouveau cadre législatif », qui constitue à présent un système complet regroupant les différents éléments devant être examinés, dans le cadre de la législation sur la sécurité des produits, dans un instrument législatif cohérent et global susceptible d'être utilisé de manière générale dans tous les secteurs de l'industrie, chaque fois que le recours à la législation de l'UE s'impose.

Les directives présentées au 7 sont celles qui a priori devront systématiquement être envisagées dans l'approche d'évaluation de la conformité des systèmes à l'hydrogène stationnaires. Ceci n'empêche pas le fabricant de s'interroger sur l'application d'autres actes d'harmonisation de l'union et d'autres réglementations lorsque le système entre dans un champ d'application particulier, par exemple s'il intègre un dispositif médical (directive 93/42/CE) ou s'il est destiné à être mis en œuvre dans un bateau de plaisance (directives 94/25/CE et 2013/53/CE).

Toutes ces directives, présentées dans ce guide, sont construites sur un même modèle et s'appuient sur les mêmes procédures d'évaluation de la conformité. Les paragraphes qui suivent présentent donc de façon synthétique ce cadre commun, qui sera redécliné de façon spécifique par la suite. Le contenu en est directement adapté du Guide Bleu<sup>41</sup> relatif à la mise en œuvre de la réglementation de l'union européenne sur les produits.

## 6.2 Les obligations des acteurs

### 6.2.1 Le fabricant

Le fabricant est responsable de la conception et de la fabrication du produit conformément aux exigences essentielles et aux autres exigences légales fixées par la directive concernée.

Lors de la mise sur le marché d'un produit, le fabricant doit prendre toutes les mesures nécessaires pour que le procédé de fabrication garantisse la conformité des produits. Il doit notamment :

- 1) réaliser ou faire réaliser l'évaluation de la conformité applicable conformément à la (aux) procédure(s) prévue(s). En fonction de(s) la directive(s) applicable(s), le fabricant peut être tenu de soumettre son produit à un organisme tiers (généralement un organisme notifié) afin de faire réaliser l'évaluation de la conformité ou de faire certifier son système de qualité par un organisme notifié. En tout état de cause, le fabricant assume la pleine responsabilité quant à la conformité du produit ;
- 2) établir la documentation technique requise (cf. 6.1.5) ;
- 3) établir la déclaration « UE » de conformité (cf.6.1.6) ;
- 4) veiller à ce que le produit soit accompagné d'instructions et d'informations de sécurité fournies dans une langue aisément compréhensible par les consommateurs et les autres utilisateurs finals. Ces instructions et informations doivent inclure toutes les informations nécessaires pour permettre d'utiliser le produit en toute sécurité et pour permettre au consommateur d'assembler, d'installer, d'utiliser, d'entreposer, d'entretenir le produit et de l'éliminer (cf. 6.1.5).
- 5) satisfaire aux exigences suivantes en matière de traçabilité :
  - conserver la documentation technique ainsi que la déclaration « UE » de conformité pour une durée de dix ans à compter de la mise sur le marché du produit ou pour la période spécifiée dans l'acte d'harmonisation de l'Union pertinent,
  - veiller à ce que les produits portent un numéro de type, de lot ou de série, ou un autre élément permettant leur identification,
  - indiquer les trois éléments suivants : 1) son nom ; 2) la raison sociale ou la marque déposée ; et 3) une adresse postale unique à laquelle il peut être contacté, sur le produit ou, lorsque ce n'est pas possible en raison de la taille ou des caractéristiques physiques du produit, sur son emballage et/ou sur les documents qui l'accompagnent.
- 6) apposer le marquage de conformité [marquage « CE » et, le cas échéant, d'autres marquages] sur le produit conformément à la législation applicable (cf. 6.1.7) ;

<sup>43</sup> A travers le règlement (CE) 765/2008 et la décision 768/2008/CE

<sup>44</sup> Le Guide Bleu se réfère plus spécifiquement à 28 directives et un seul règlement.

7) s'assurer que des procédures sont en place pour que la production en série reste conforme. Il doit tenir compte des modifications de la conception ou des caractéristiques du produit ainsi que des modifications des normes harmonisées ou des autres spécifications techniques par rapport auxquelles la conformité d'un produit est déclarée. Le type de mesure à prendre par le fabricant dépend de la nature des modifications des normes harmonisées ou des autres spécifications techniques. Il dépend notamment de l'importance de ces modifications à l'égard du champ d'application des exigences essentielles et des autres exigences légales, et de leur pertinence pour le produit en cause. Il pourrait ainsi être nécessaire, par exemple, de mettre à jour la déclaration « UE » de conformité, de modifier la conception du produit, de contacter l'organisme notifié, etc.;

8) le cas échéant, procéder à la certification du produit et/ou du système de qualité. Dans certaines directives, le fabricant peut être tenu d'effectuer des essais par sondage à la fin de la chaîne de production ou sur les produits déjà commercialisés dans un souci de protection supplémentaire des consommateurs ou d'autres utilisateurs finals.

### 6.2.2 Le mandataire

Qu'il soit établi ou non dans l'UE, le fabricant peut désigner un mandataire dans l'Union pour agir en son nom aux fins de l'accomplissement de certaines tâches administratives prévues dans la directive telles que l'interaction avec les autorités administratives, l'apposition du marquage « CE » ou l'établissement et la signature de la déclaration « UE » de conformité. Les tâches « techniques » restent du ressort du fabricant, qui ne peut ainsi déléguer ni les mesures nécessaires pour faire en sorte que le procédé de fabrication garantisse la conformité des produits, ni l'établissement d'une documentation technique, sauf disposition contraire. En outre, un mandataire ne peut modifier le produit de sa propre initiative en vue de le rendre conforme à la législation d'harmonisation de l'Union applicable.

### 6.2.3 L'importateur

On entend par importateur toute personne physique ou morale qui met sur le marché de l'UE un produit provenant d'un pays tiers. En règle générale, préalablement à la mise sur le marché d'un produit, l'importateur doit s'assurer que :

- 1) la procédure appropriée d'évaluation de la conformité a été appliquée par le fabricant.
- 2) le fabricant a établi la documentation technique, apposé le marquage de conformité pertinent (par exemple le marquage « CE »), rempli ses obligations en matière de traçabilité et, le cas échéant, joint au produit les instructions et les informations de sécurité dans une langue aisément compréhensible par les consommateurs et les autres utilisateurs finals, déterminée par l'État membre concerné.

### 6.2.4 Le distributeur

Le distributeur est une personne physique ou morale faisant partie de la chaîne d'approvisionnement, autre que le fabricant ou l'importateur, qui met un produit à disposition sur le marché. Il a l'obligation de s'assurer que les produits dont il assure la distribution répondent aux exigences formelles de la législation européenne. En particulier, il doit s'assurer que les produits portent le(s) marquage(s) requis, qu'il est accompagné des documents utiles (déclaration UE de conformité) et des instructions et des informations de sécurité dans une langue compréhensible par l'utilisateur final et qu'il porte les informations permettant de contacter le fabricant et l'importateur.

### 6.2.5 L'utilisateur final

Contrairement aux opérateurs économiques, les utilisateurs finals ne sont pas définis dans la législation d'harmonisation de l'Union et ne sont pas soumis à des obligations. De nombreux produits couverts par la législation d'harmonisation de l'Union sur les produits sont utilisés sur le lieu de travail et sont donc soumis à la législation de l'Union relative à la sécurité sur le lieu de travail<sup>45</sup>.

---

<sup>45</sup> Directive 2009/104/CE concernant les prescriptions minimales de sécurité et de santé pour l'utilisation par les travailleurs au travail d'équipements de travail et DIRECTIVE 89/391/CEE DU CONSEIL du 12 juin 1989 concernant la mise en œuvre de mesures visant à promouvoir l'amélioration de la sécurité et de la santé des travailleurs au travail

Les textes pris en application de cette législation (par exemple la directive ATEX 1999/92/CE46) peuvent venir définir des conditions spécifiques d'utilisation ou de suivi des produits.

### 6.3 Exigences essentielles pour les produits

Une grande partie des directives limite l'harmonisation législative à un certain nombre d'exigences essentielles qui sont d'intérêt public. Les exigences essentielles fixent les résultats à atteindre ou définissent les dangers à traiter, mais ne précisent pas les solutions techniques pour y parvenir. Les exigences essentielles sont généralement définies dans les annexes des directives.

### 6.4 Conformité aux exigences essentielles : Les normes harmonisées

Les « normes harmonisées » sont des « normes européennes » adoptées à la suite d'une demande formulée par la Commission en vue de l'application d'une directive. Les normes sont appliquées sur une base volontaire. Les normes harmonisées confèrent une présomption de conformité aux exigences essentielles qu'elles visent à couvrir.

Les normes harmonisées ne se substituent jamais à des exigences essentielles juridiquement contraignantes. Une spécification donnée dans une norme harmonisée constitue non pas une solution de rechange à une exigence essentielle ou à une exigence légale pertinente, mais uniquement un éventuel moyen technique permettant de s'y conformer. Cela signifie en particulier qu'un fabricant, même lorsqu'il applique des normes harmonisées, est pleinement tenu d'évaluer l'ensemble des risques de son produit afin de déterminer les exigences essentielles (ou autres exigences) applicables.

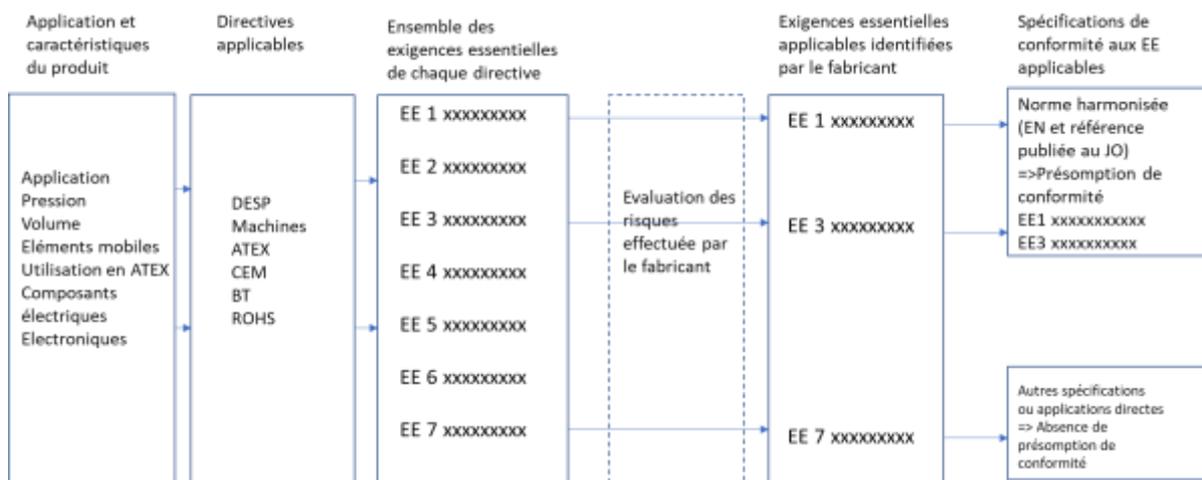


Figure 12 : Processus d'identification des exigences applicables et de sélection des normes et spécifications en vue de répondre à ces exigences

Au terme de cette évaluation, un fabricant peut alors choisir d'appliquer les spécifications contenues dans les normes harmonisées afin de mettre en œuvre les « mesures de réduction des risques » fixées par ces normes. Les fabricants demeurent pleinement responsables de l'évaluation des risques à effectuer afin d'identifier les risques concernés et de désigner les exigences essentielles applicables de manière à choisir les normes harmonisées ou toute autre spécification appropriées.

Lorsqu'une norme harmonisée ne couvre qu'une partie des exigences essentielles identifiées comme applicables par un fabricant, ou uniquement certains aspects de ces exigences, le fabricant doit recourir en complément à d'autres spécifications techniques pertinentes ou élaborer des solutions conformément aux connaissances techniques ou scientifiques générales exposées dans la littérature technique ou scientifique afin de satisfaire aux exigences essentielles de la législation en question.

<sup>46</sup> DIRECTIVE 1999/92/CE DU PARLEMENT EUROPÉEN ET DU CONSEIL du 16 décembre 1999 concernant les prescriptions minimales visant à améliorer la protection en matière de sécurité et de santé des travailleurs susceptibles d'être exposés au risque d'atmosphères explosives (quinzième directive particulière au sens de l'article 16, paragraphe 1, de la directive 89/391/CEE)

Les normes harmonisées confèrent une présomption de conformité aux exigences essentielles qu'elles ont pour objet de couvrir si leurs références ont été publiées au JO<sup>47</sup>.

Le fabricant peut décider d'appliquer ou non des normes harmonisées et de s'y référer. Toutefois, s'il décide de ne pas suivre les normes harmonisées, il a l'obligation de prouver que ses produits sont conformes aux exigences essentielles en ayant recours à un autre moyen de son choix garantissant le niveau de sécurité ou de protection d'autres intérêts requis par la législation applicable. Il peut s'agir de spécifications techniques telles que les normes nationales, européennes ou internationales non harmonisées, c'est-à-dire non publiées au JO, ou des propres spécifications du fabricant. Dans ces différents cas, le fabricant ne bénéficie pas de la présomption de conformité et doit prouver la conformité par ses propres moyens. Cela implique qu'il démontre de manière plus détaillée, dans le dossier technique du produit concerné, de quelle façon les spécifications techniques utilisées confèrent la conformité aux exigences essentielles.

La législation d'harmonisation de l'Union relative aux produits n'impose pas, en règle générale, le recours aux normes harmonisées. Seules les exigences essentielles sont juridiquement contraignantes et les fabricants peuvent appliquer quelque norme ou spécification technique que ce soit — cependant, seules des normes harmonisées confèrent une présomption de conformité.

Les normes harmonisées sont des normes européennes de la série EN. Il est cependant possible que ces normes renvoient de façon explicite à des normes qui ne sont pas en elles-mêmes harmonisées, en particulier des normes ISO.

## 6.5 La documentation technique

Le fabricant doit établir une documentation technique contenant des informations visant à démontrer la conformité du produit aux exigences applicables. Cette documentation technique doit être disponible lorsque le produit est mis sur le marché, quelle que soit son origine ou sa localisation géographique. La documentation technique doit être conservée pendant au moins dix ans à compter de la mise sur le marché du produit<sup>48</sup>, à moins que la législation d'harmonisation de l'Union applicable ne prévoie expressément une autre durée. Cette responsabilité incombe au fabricant ou à son mandataire établi au sein de l'Union.

Le contenu de la documentation technique est déterminé dans chaque directive, en fonction des produits concernés. En règle générale, la documentation doit inclure une description du produit et de sa destination, et doit couvrir la conception, la fabrication et le fonctionnement du produit. Les détails inclus dans la documentation sont fonction de la nature du produit et de ce qui est nécessaire, du point de vue technique, pour pouvoir démontrer la conformité du produit aux exigences essentielles de la législation applicable ou aux normes harmonisées, si celles-ci ont été appliquées, en indiquant les exigences essentielles couvertes par les normes.

L'annexe 2 du présent rapport présente des exemples de contenus de documentation technique requis par diverses directives.

## 6.6 La déclaration « UE » de conformité

Le fabricant ou son mandataire au sein de l'Union doit établir et signer une déclaration « UE » de conformité dans le cadre d'une procédure d'évaluation de la conformité prévue dans la législation d'harmonisation de l'Union. La déclaration « UE » de conformité doit contenir toutes les informations appropriées en vue d'identifier la législation d'harmonisation de l'Union en vertu de laquelle elle est délivrée ainsi que les données sur le fabricant, son mandataire, le cas échéant, l'organisme notifié, le produit et, au besoin, la référence à des normes harmonisées ou à d'autres spécifications techniques. Une déclaration de conformité unique est requise dès lors qu'un produit est couvert par plusieurs actes législatifs d'harmonisation exigeant une déclaration « UE » de conformité. La déclaration de conformité unique peut être constituée d'un dossier contenant les différentes déclarations de conformité concernées.

---

<sup>47</sup> Les références des normes harmonisées sont publiées en tant que communications de la Commission dans la série C du JO et référencées sur le site de la commission : <https://ec.europa.eu/growth/single-market/european-standards/harmonised-standards/>

<sup>48</sup> Étant donné que le concept de « mise sur le marché » se réfère à chaque produit individuellement, cette période de temps doit être calculée à compter de la mise sur le marché de chaque produit concerné par la documentation technique.

La déclaration « UE » de conformité est le document attestant que le produit répond à toutes les exigences pertinentes de la législation applicable. En établissant et en signant la déclaration « UE » de conformité, le fabricant assume la responsabilité de la conformité du produit.

La déclaration type figurant dans la décision n° 768/2008/CE contient :

- 1) un numéro d'identification du produit. Ce numéro ne doit pas être unique pour chaque produit. Il peut renvoyer à un numéro de produit, de lot, de type ou de série. Ce choix est laissé à la discrétion du fabricant ;
- 2) le nom et l'adresse du fabricant ou du mandataire délivrant la déclaration ;
- 3) une déclaration selon laquelle la déclaration de conformité est établie sous la seule responsabilité du fabricant ;
- 4) l'identification du produit permettant sa traçabilité. Il s'agit essentiellement de toute information pertinente complémentaire au point 1), décrivant le produit et permettant sa traçabilité. Lorsque cela se révèle approprié pour l'identification du produit, elle peut contenir une image, mais, à moins que ce ne soit une exigence de la législation d'harmonisation de l'Union applicable, le choix est laissé à la discrétion du fabricant ;
- 5) toutes les législations d'harmonisation de l'Union applicables auxquelles la déclaration est conforme ; les normes ou autres spécifications techniques (telles que des normes ou spécifications techniques nationales) référencées de manière précise, complète et claire ; cela signifie que la version et/ou la date de la norme concernée doivent être précisées ;
- 6) le nom et l'identification de l'organisme notifié lorsque ce dernier est intervenu dans la procédure d'évaluation de la conformité et la référence du certificat pertinent le cas échéant ;
- 7) toute information complémentaire qui, le cas échéant, peut être demandée (par exemple, classe, catégorie) ;
- 8) la date de délivrance de la déclaration ; signature et titre ou identification équivalente de la personne autorisée ; il peut s'agir de n'importe quelle date suivant l'exécution de l'évaluation de la conformité.

## 6.7 Le marquage « CE »

Le marquage « CE » est un indicateur clé (mais pas une preuve) de la conformité d'un produit à la législation de l'UE et permet la libre circulation des produits au sein du marché de l'EEE et de la Turquie, qu'ils soient fabriqués au sein de l'EEE, en Turquie ou dans un autre pays.

Le marquage « CE » est la conséquence visible de l'ensemble du processus d'évaluation de la conformité au sens large et indique qu'un produit est déclaré par le fabricant comme étant conforme aux textes d'harmonisation de l'Union applicables.

Le marquage « CE » est apposé par le fabricant (établi au sein ou en dehors de l'Union) ou par son mandataire établi au sein de l'Union.

En apposant le marquage « CE » sur un produit, le fabricant déclare sous sa seule responsabilité (et indépendamment du fait qu'un tiers ait été associé au processus d'évaluation de la conformité) que le produit est conforme à l'ensemble des exigences légales en matière de marquage « CE ».

Le marquage « CE » doit avoir la forme représentée en Figure 13.

Le marquage « CE » est apposé sur le produit ou sur sa plaque signalétique de façon visible, lisible et indélébile. Toutefois, lorsque la nature du produit ne le permet pas ou ne le justifie pas, le marquage « CE » est apposé sur son emballage, si celui-ci existe, et/ou sur les documents d'accompagnement. Le marquage « CE » ne peut, en principe, être apposé tant que la procédure d'évaluation de la conformité n'a pas été achevée afin de garantir que le produit est conforme à l'ensemble des dispositions contenues dans les actes législatifs d'harmonisation de l'Union applicables.



Figure 13 : Forme du marquage CE

Lorsqu'un organisme notifié intervient dans la phase de contrôle de la production conformément à la directive applicable, le marquage « CE » est suivi du numéro d'identification de l'organisme notifié. Les conditions d'apposition du numéro d'identification sont définies dans la directive.

Le marquage « CE » doit être apposé sur tout produit soumis au marquage préalablement à sa mise sur le marché, sauf lorsqu'une directive en dispose autrement. Lorsque des produits font l'objet de plusieurs directives, qui prévoient toutes l'apposition du marquage « CE », le marquage indique que les produits sont déclarés conformes aux dispositions de tous ces actes.

Un produit ne peut porter le marquage « CE » que s'il est couvert par une directive européenne prévoyant l'apposition de ce marquage.

## 6.8 Les modules d'évaluation de la conformité

L'évaluation de la conformité est le processus appliqué par le fabricant et visant à démontrer que les exigences spécifiques liées à un produit ont été respectées.

Les procédures d'évaluation de la conformité définies dans les directives couvrent aussi bien la phase de conception que la phase de production. Elles sont constituées d'un ou deux modules. Les modules définis dans chaque directive sont tous construits à partir d'un même ensemble générique de modules définis dans la décision no 768/2008/CE. Certains modules couvrent les deux phases, conception et production. Dans d'autres cas, des modules distincts sont utilisés pour chaque phase.

Les modules utilisés pour les phases de conception et de production, ou pour chaque phase, peuvent faire appel, ou non, à un organisme notifié ou à un organisme d'évaluation de la conformité interne accrédité. L'évaluation de la conformité relève de la responsabilité du fabricant, que la législation prévoit ou non l'intervention d'un organisme notifié ou interne accrédité. Les organismes d'évaluation de la conformité internes accrédités doivent démontrer le même niveau de compétence technique et d'impartialité que les organismes notifiés.

Les organismes d'évaluation de la conformité peuvent être évalués et notifiés pour l'intégralité des modules d'évaluation de la conformité d'une directive ou pour certains d'entre eux seulement.

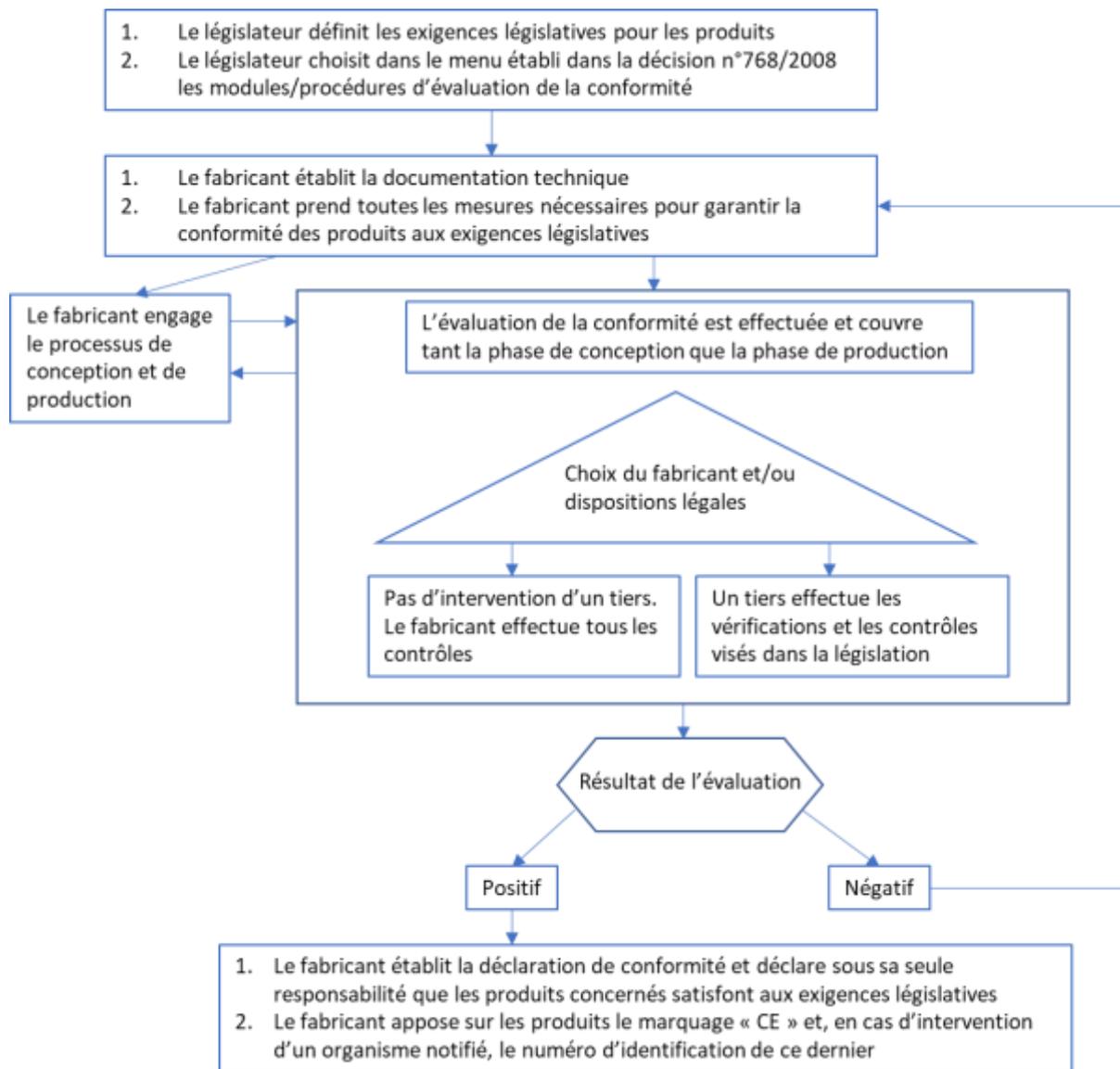


Figure 14 : Processus d'évaluation de la conformité (source : Guide bleu relatif à la mise en œuvre de la réglementation de l'Union européenne sur les produits 2016)

### 6.8.1 Les modules et leurs variantes

Huit modules sont proposés (désignés par les lettres A à H) au titre de la décision no 768/2008/CE. Ces modules déterminent les responsabilités du fabricant (et de son mandataire) ainsi que le degré de participation de l'organisme notifié ou de l'organisme d'évaluation de la conformité interne accrédité. Plusieurs modules comportent des variantes. Les variantes au sein des modules ont pour objectif de garantir le niveau de protection nécessaire dans le cas de produits présentant un niveau de risque plus élevé sans pour autant alourdir le module. Le principe est de limiter dans toute la mesure du possible la charge pesant sur les fabricants.

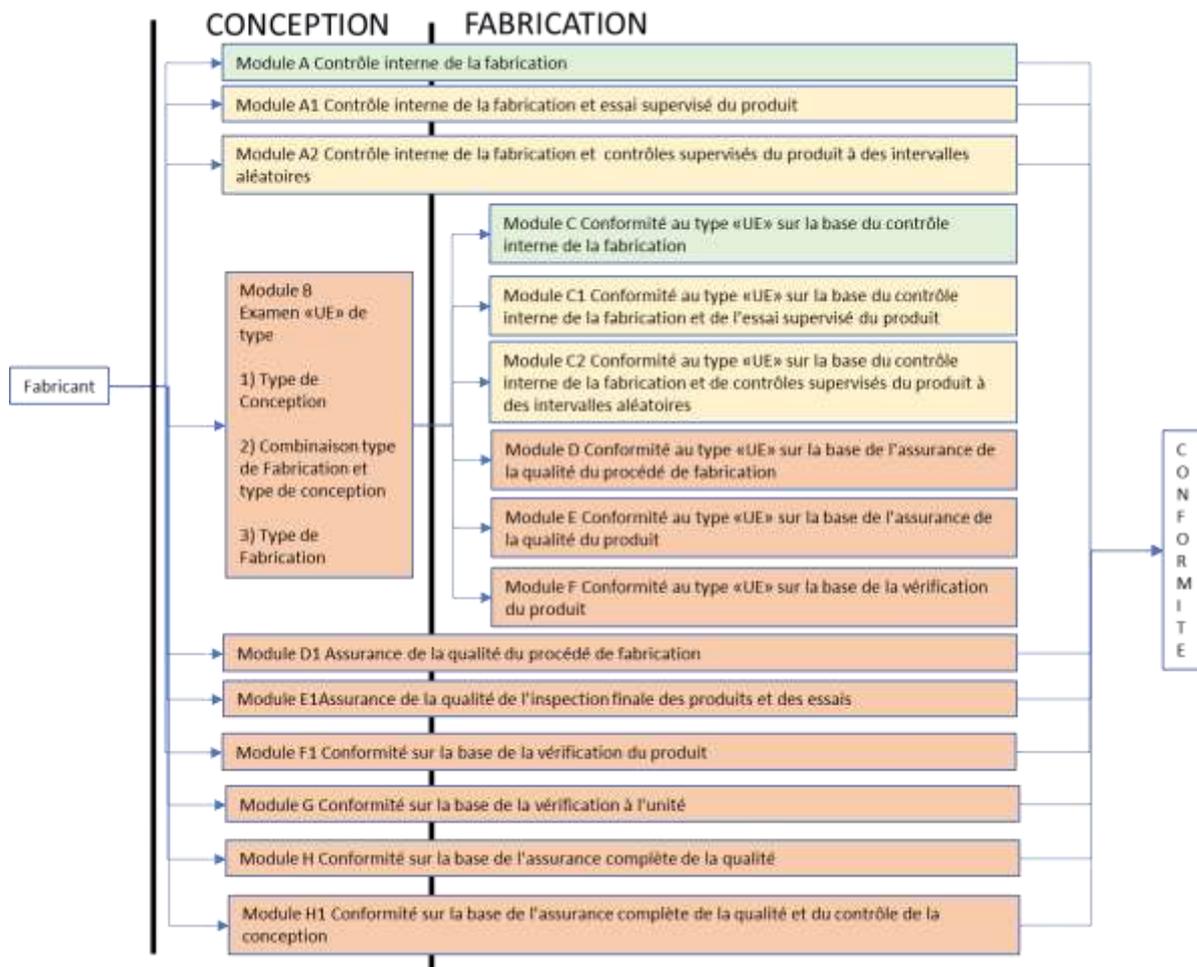


Figure 15 : Combinaisons possibles des modules d'évaluation de la conformité. En vert modules sous la seule responsabilité du fabricant, en jaune, modules faisant intervenir un organisme interne accrédité ou un organisme notifié, en orange, modules faisant intervenir un organisme notifié.

## 6.8.2 Procédures avec un ou deux modules

### 6.8.2.1 Procédures en fonction du type (examen « UE » de type)

Dans certains cas, par exemple une production de masse sur la base d'un type/échantillon « représentatif de la production envisagée », et lorsque le produit en cause est de conception complexe, la législation de l'UE peut définir la procédure d'évaluation de la conformité en deux étapes :

1. D'abord, l'examen de la conformité du type/échantillon aux exigences légales applicables (appelé « examen » UE « de type » — module B), et
2. Ensuite, l'établissement de la conformité des produits fabriqués par rapport au type « UE » approuvé.

Dans ces cas de figure, les procédures d'évaluation de la conformité se composent de deux modules, le premier étant toujours le **module B**.

Une fois que le type a été approuvé (approbation effectuée une seule fois pour un échantillon spécifique), il suffit de vérifier si les produits destinés à être mis sur le marché sont conformes au type approuvé.

L'organisme d'évaluation de la conformité intervenant dans le cadre du module B n'est pas nécessairement le même que celui intervenant dans le module utilisé pour évaluer la conformité des produits au type.

Lorsqu'il n'y a pas d'examen « UE » de type, les procédures d'évaluation de la conformité se composent d'un seul module décliné en deux phases (conception et production). Le fabricant recourant au module utilisé en même temps que le module B ne doit pas nécessairement être la même personne que celle ayant obtenu le certificat d'examen « UE » de type au titre du module B. Néanmoins, le fabricant qui met alors le produit sur le marché assume l'entière responsabilité en ce qui concerne l'évaluation de la conformité (conception et production) du produit. En conséquence, il doit être en possession des deux

attestations, bien que l'attestation d'examen « UE » de type ne doit pas être libellée à son nom, et de l'historique complet du produit.

Il doit disposer de toutes les informations et données administratives et techniques, faire réaliser les essais de type, gérer la documentation technique liée aux essais de type et faire réaliser les essais sur lots. Dans les faits, le raisonnement susmentionné s'applique à tous les modules et procédures, indépendamment du fait qu'il s'agisse d'une procédure d'évaluation de la conformité décliné en une ou deux phases. Lorsqu'un fabricant s'appuie sur un ou plusieurs fabricants pour la conception et la fabrication du produit, des éléments de preuve doivent démontrer que le fabricant est parfaitement informé de tout changement apporté à la conception, à la fabrication et à l'évaluation de la conformité du produit.

### 6.8.2.2 Modules fondés sur l'assurance de la qualité

Les modules fondés sur les techniques d'assurance de la qualité (modules D, E, H et leurs variantes) décrivent les éléments qu'un fabricant doit mettre en œuvre dans son organisation afin de démontrer que le produit satisfait aux exigences essentielles de la législation applicable. Cela signifie qu'un fabricant a la possibilité de recourir à un système de qualité approuvé afin d'établir la conformité aux exigences réglementaires. Le système de qualité est évalué par l'organisme notifié. Un système de qualité mis en œuvre conformément aux normes EN ISO 9000 et EN ISO 9001 confère une présomption de conformité aux modules respectifs en ce qui concerne les dispositions contenues dans les modules et couvertes par ces normes, à condition que le système de qualité tienne compte des spécificités des produits concernés. Cependant, aux fins de se conformer à ces modules, le fabricant est libre de recourir à des modèles de système de qualité autres que ceux fondés sur les normes EN ISO 9001.

Modules	Description
<b>A</b> Contrôle interne de la fabrication	Porte tant sur la phase de conception que sur la phase de production. Le fabricant garantit lui-même la conformité des produits aux exigences législatives (pas d'examen « UE » de type).
<b>A1</b> Contrôle interne de la fabrication et essai supervisé du produit	Porte tant sur la phase de conception que sur la phase de production. Module A + essais sur les aspects spécifiques du produit effectués par un organisme interne accrédité ou sous la responsabilité d'un organisme notifié choisi par le fabricant.
<b>A2</b> Contrôle interne de la fabrication et contrôles supervisés du produit à des intervalles aléatoires	Porte tant sur la phase de conception que sur la phase de production. Module A + contrôles du produit à des intervalles aléatoires effectués par un organisme notifié ou un organisme interne accrédité.
<b>B</b> Examen « UE » de type	Porte sur la phase de conception. Il est toujours suivi d'autres modules sur la base desquels la conformité des produits au type « UE » approuvé est démontrée. Un organisme notifié examine la conception technique et/ou l'échantillon d'un type, vérifie et en atteste la conformité aux exigences de l'instrument législatif applicable en délivrant une attestation d'examen « UE » de type. Il existe 3 manières de réaliser un examen « UE » de type : 1) type de fabrication ; 2) combinaison du type de fabrication et du type de conception ; et 3) type de conception.
<b>C</b> Conformité au type « UE » sur la base du contrôle interne de la fabrication	Porte sur la phase de production et complète le module B. Le fabricant doit assurer le contrôle interne de sa production afin de garantir la conformité du produit par rapport au type « UE » approuvé dans le cadre du module B.
<b>C1</b> Conformité au type « UE » sur la base du contrôle interne de la fabrication et de l'essai supervisé du produit	Porte sur la phase de production et complète le module B. Le fabricant doit assurer le contrôle interne de sa production afin de garantir la conformité du produit par rapport au type « UE » approuvé dans le cadre du module B. Module C + essais sur les aspects spécifiques du produit effectués par un organisme interne accrédité ou sous la responsabilité d'un organisme notifié choisi par le fabricant (*).
<b>C2</b> Conformité au type « UE » sur la base du contrôle interne de la fabrication et de contrôles supervisés du produit à des intervalles aléatoires	Porte sur la phase de production et complète le module B. Le fabricant doit assurer le contrôle interne de sa production afin de garantir la conformité du produit par rapport au type « UE » approuvé dans le cadre du module B. Module C + contrôles du produit à des intervalles aléatoires effectués sur des aspects spécifiques du produit par un organisme notifié ou un organisme interne accrédité.
<b>D</b> Conformité au type « UE » sur la base de l'assurance de la qualité du procédé de fabrication	Porte sur la phase de production et complète le module B. Le fabricant applique un système d'assurance de la qualité de la production (partie fabrication et inspection du produit final) afin de garantir la conformité au type « UE ». L'organisme notifié évalue le système de qualité.
<b>D1</b> Assurance de la qualité du procédé de fabrication	Porte tant sur la phase de conception que sur la phase de production. Le fabricant applique un système d'assurance de la qualité de la production (partie fabrication et inspection du produit final) afin de garantir la conformité aux exigences législatives (il n'y a pas de type « UE » ; le module est utilisé comme le module D, mais sans le module B). L'organisme notifié évalue le système de qualité de la production (partie fabrication et inspection du produit final).
<b>E</b> Conformité au type « UE » sur la base de l'assurance de la qualité du produit	Porte sur la phase de production et complète le module B. Le fabricant applique un système d'assurance de la qualité du produit (= qualité de la production sans la partie fabrication) approuvé pour l'inspection finale des produits et l'essai des produits aux fins de garantir la conformité au type « UE ». L'organisme notifié évalue le système de qualité. Le principe à la base du module E est comparable à celui du module D : les deux se fondent sur un système

	de qualité et complètent le module B. La différence est que le système de qualité dans le cadre du module E vise à garantir la qualité du produit final tandis que le système de qualité dans le cadre du module D (et D1 également) vise à garantir la qualité du processus de production dans son ensemble (y compris la partie fabrication et les essais sur le produit final). Le module E est donc semblable au module D, mais sans les dispositions relatives au procédé de fabrication.
<b>E1</b> <b>Assurance de la qualité de l'inspection finale des produits et des essais</b>	Porte tant sur la phase de conception que sur la phase de production. Le fabricant applique un système d'assurance de la qualité du produit (= qualité de la production sans la partie fabrication) approuvé pour l'inspection finale des produits et l'essai des produits aux fins de garantir la conformité aux exigences législatives [il n'y a pas de module B (type « UE ») ; le module est utilisé comme le module E, mais sans le module B]. L'organisme notifié évalue le système de qualité. Le principe à la base du module E1 est comparable à celui du module D1: les deux se fondent sur un système de qualité. La différence est que le système de qualité dans le cadre du module E1 vise à garantir la qualité du produit final tandis que le système de qualité dans le cadre du module D1 vise à garantir la qualité du processus de production dans son ensemble (y compris la partie fabrication et les essais sur le produit final). Le module E1 est donc semblable au module D1, mais sans les dispositions relatives au procédé de fabrication.
<b>F</b> <b>Conformité au type « UE » sur la base de la vérification du produit</b>	Porte sur la phase de production et complète le module B. Le fabricant garantit la conformité des produits fabriqués au type « UE » approuvé. L'organisme notifié effectue l'examen des produits (essais sur chaque produit ou sur une base statistique) de manière à s'assurer de la conformité du produit au type « UE ». Le module F s'apparente au module C2 si ce n'est que l'organisme notifié effectue le contrôle des produits de manière plus systématique.
<b>F1</b> <b>Conformité sur la base de la vérification du produit</b>	Porte tant sur la phase de conception que sur la phase de production. Le fabricant garantit la conformité des produits fabriqués aux exigences législatives. L'organisme notifié effectue l'examen des produits (essais sur chaque produit ou sur une base statistique) de manière à s'assurer de la conformité du produit aux exigences législatives (il n'y a pas de type « UE » ; le module est utilisé comme le module F, mais sans le module B). Le module F1 s'apparente au module A2 si ce n'est que l'organisme notifié effectue le contrôle des produits de manière plus détaillée.
<b>G</b> <b>Conformité sur la base de la vérification à l'unité</b>	Porte tant sur la phase de conception que sur la phase de production. Le fabricant garantit la conformité des produits fabriqués aux exigences législatives. L'organisme notifié vérifie chaque produit individuellement de manière à s'assurer de la conformité aux exigences législatives (il n'y a pas de type « UE »).
<b>H</b> <b>Conformité sur la base de l'assurance complète de la qualité</b>	Porte tant sur la phase de conception que sur la phase de production. Le fabricant applique un système d'assurance complète de la qualité afin de garantir la conformité aux exigences législatives (il n'y a pas de type « UE »). L'organisme notifié évalue le système de qualité.
<b>H1</b> <b>Conformité sur la base de l'assurance complète de la qualité et du contrôle de la conception</b>	Porte tant sur la phase de conception que sur la phase de production. Le fabricant applique un système d'assurance complète de la qualité afin de garantir la conformité aux exigences législatives (il n'y a pas de type « UE »). L'organisme notifié évalue le système de qualité ainsi que la conception du produit et délivre une attestation d'examen « UE » de la conception. Par rapport au module H, le module H1 prévoit en outre la réalisation par l'organisme notifié d'un contrôle plus détaillé de la conception du produit. L'attestation d'examen « UE » de la conception ne doit pas être confondue avec l'attestation d'examen « UE » de type du module B, lequel atteste de la conformité d'un échantillon « représentatif de la production envisagée » de sorte que la conformité des produits puisse être vérifiée au regard de cet échantillon. Dans le cas de l'attestation d'examen « UE » de la conception du module H1, il n'y a pas d'échantillon. L'attestation d'examen « UE » de la conception atteste que la conformité de la conception du produit a été contrôlée et certifiée par un organisme notifié.

Tableau 29 : Description des modules d'évaluation de la conformité

## 6.9 Organismes d'évaluation de la conformité

### 6.9.1 Organismes d'évaluation de la conformité et organismes notifiés

Un organisme d'évaluation de la conformité est un organisme chargé d'effectuer un ou plusieurs éléments de l'évaluation de la conformité, dont une ou plusieurs des activités suivantes : l'étalonnage, l'essai, la certification et l'inspection.

Les organismes notifiés sont des organismes d'évaluation de la conformité officiellement désignés par l'autorité nationale compétente afin d'effectuer les procédures d'évaluation de la conformité au sens de la législation d'harmonisation de l'Union applicable lorsque l'intervention d'une tierce partie est requise. Ils sont appelés « organismes notifiés » aux termes de la législation de l'UE. La liste des organismes notifiés est publiée par la Commission Européenne<sup>49</sup>.

Les organismes notifiés sont libres d'offrir à tout opérateur économique établi aussi bien à l'intérieur qu'à l'extérieur de l'Union les services d'évaluation de la conformité qui entrent dans le champ d'application

<sup>49</sup> Site NANDO <https://ec.europa.eu/growth/tools-databases/nando/index.cfm>

de leur notification. Ils peuvent aussi exercer ces activités sur le territoire d'autres États membres ou de pays tiers. Ils doivent fournir des informations utiles à leur autorité notifiante, aux autorités de surveillance du marché et aux autres organismes notifiés. Ils doivent fonctionner de manière compétente, non discriminatoire, transparente, neutre, indépendante et impartiale. Ils doivent être dotés du personnel nécessaire ayant les connaissances et l'expérience suffisantes et adéquates pour assurer l'évaluation de la conformité conformément à la législation d'harmonisation de l'Union applicable. Ils doivent prendre les dispositions adéquates afin de garantir la confidentialité des informations obtenues au cours de l'évaluation de la conformité.

Les États membres contrôlent directement ou par le biais des organismes d'accréditation, les compétences des organismes notifiés ultérieurement à leur notification

L'accréditation, réalisée conformément à la série de normes EN ISO/CEI 17000 (cf. Tableau 30) par des organismes d'accréditation reconnus à l'échelle nationale (en France le COFRAC), consiste en une évaluation technique des compétences, de l'impartialité et l'intégrité de l'organisme d'évaluation de la conformité.

Référence	Titre
ISO/CEI 17000	Évaluation de la conformité – Vocabulaire et principes généraux
ISO/CEI 17011	Évaluation de la conformité - Exigences pour les organismes d'accréditation procédant à l'accréditation d'organismes d'évaluation de la conformité
ISO/CEI 17020	Évaluation de la conformité – Exigences pour le fonctionnement de différents types d'organismes procédant à l'inspection
ISO/CEI 17021	Évaluation de la conformité – Exigences pour les organismes procédant à l'audit et à la certification des systèmes de management
ISO/CEI TS 17022	Évaluation de la conformité – Exigences et recommandations pour le contenu d'un rapport d'audit tierce partie de systèmes de management
ISO/CEI 17024	Évaluation de la conformité – Exigences générales pour les organismes de certification procédant à la certification de personnes
ISO/CEI 17025	Exigences générales concernant la compétence des laboratoires d'étalonnages et d'essais
ISO/CEI 17065	Évaluation de la conformité - Exigences pour les organismes certifiant les produits, les procédés et les services

*Tableau 30 : Normes de la série ISO 17000 relatives aux activités d'évaluation de la conformité, d'essai et de certification*

Un organisme notifié peut confier une partie de ses tâches à un autre organisme, qu'il s'agisse d'un sous-traitant ou d'une filiale, à condition que la compétence de l'organisme sous-traitant soit dûment établie et régulièrement contrôlée, notamment dans le cadre d'une accréditation selon une des normes de la série ISO 17000 (voir Tableau 30). La sous-traitance doit faire l'objet d'un contrat propre à garantir la transparence et la confiance dans les opérations de l'organisme notifié. Les tâches doivent être techniques et strictement limitées (comme des essais ou examens).

Un organisme notifié qui fait appel à des sous-traitants demeure responsable de toutes les activités couvertes par la notification. La sous-traitance n'implique aucune délégation de pouvoirs ni de responsabilités. Les certificats et autres attestations de conformité sont toujours délivrés au nom et sous la responsabilité de l'organisme notifié.

Le fabricant peut fournir les rapports des essais ou tout autre élément de sa documentation technique. L'organisme notifié peut tenir compte de ces rapports s'il assume l'entière responsabilité des résultats. L'organisme notifié peut accepter les résultats des essais du fabricant aux fins de l'évaluation de la conformité pour autant qu'il motive la prise en compte de ces essais.

### 6.9.2 Organismes internes accrédités

Uniquement lorsque la directive concernée le prévoit, un organisme interne accrédité peut être utilisé pour accomplir des activités d'évaluation de la conformité pour l'entreprise dont il fait partie afin de mettre en œuvre les procédures décrites dans les modules A1, A2, C1 ou C2. Cet organisme constitue une entité séparée et distincte de l'entreprise et ne participe pas à la conception, à la production, à la fourniture, à l'installation, à l'utilisation ou à l'entretien des produits qu'il évalue. En tant qu'organisme interne accrédité, il doit répondre à un certain nombre d'exigences. Il doit être accrédité conformément au règlement (CE) no 765/2008.

## 7 Détails des exigences issues des directives « nouvelle approche » applicables aux systèmes hydrogène

---

### 7.1 Principe de réduction des dangers/ risques à la source

La plupart des directives citées dans ce chapitre appliquent un principe de réduction des risques à la source selon lequel, pour choisir les solutions les plus appropriées, le fabricant applique les principes ci-après, dans l'ordre dans lequel ils sont énoncés :

- supprimer ou réduire les dangers autant que raisonnablement possible,
- appliquer les mesures de protection appropriées contre les dangers qui ne peuvent être supprimés,
- informer, le cas échéant, les utilisateurs des dangers résiduels et indiquer s'il est nécessaire de prendre des mesures spéciales appropriées visant à atténuer les risques au moment de l'installation et/ou de l'utilisation.

L'application de ces principes fait que l'analyse et l'évaluation des risques est une étape essentielle du processus de mise en conformité du produit.

### 7.2 Directive équipements sous pression (2014/68/UE)

#### 7.2.1 Présentation générale de la directive

La directive équipements sous pression (ESP) s'applique à la conception, à la fabrication et à l'évaluation de la conformité des équipements sous pression et des ensembles dont la pression maximale admissible PS est supérieure à 0,5 bar.

Un certain nombre d'exclusions sont définies dans la directive (Article 1-2), notamment la directive ESP ne s'applique pas :

- Aux équipements destinés au fonctionnement :
  - i) Des véhicules à moteur couverts par la directive 2007/46/CE<sup>50</sup>
  - ii) Des véhicules agricoles et forestiers couverts par le règlement (UE) n° 167/2013
  - iii) Des véhicules à deux ou trois roues et des quadricycles couverts par le règlement (UE) n°168/2013
- Aux équipements qui relèveraient au plus de la catégorie I en application de l'article 13 de la directive ESP et qui sont visés par l'une des directives suivantes :
  - iv) Directive 2006/42/CE du Parlement européen et du Conseil (Machines) ;
  - v) Directive 2014/33/UE du Parlement européen et du Conseil (Ascenseurs) ;
  - vi) Directive 2014/35/UE du Parlement européen et du Conseil (Basse tension) ;
  - vii) Directive 93/42/CEE du Conseil (Dispositifs médicaux) ;
  - viii) Directive 2009/142/CE du Parlement européen et du Conseil (Appareils à gaz) ;
  - ix) Directive 2014/34/UE du Parlement européen et du Conseil (ATEX) ;

#### 7.2.2 Critères d'application

Dès lors que sa pression maximale admissible (PS)<sup>51</sup> dépasse 0,5 bar, l'équipement est soumis aux exigences de la directive ESP.

---

<sup>50</sup> DIRECTIVE 2007/46/CE DU PARLEMENT EUROPÉEN ET DU CONSEIL du 5 septembre 2007 établissant un cadre pour la réception des véhicules à moteur, de leurs remorques et des systèmes, des composants et des entités techniques destinés à ces véhicules.

Cette directive s'applique de façon obligatoire aux véhicules destinés à circuler sur la route. Elle est facultative pour la réception par type et individuelle des engins de chantier et véhicules destinés à circuler dans les carrières, ports et aéroports et des machines mobiles dans la mesure où ces véhicules satisfont aux exigences de la directive 2007/46/CE. Ces réceptions facultatives sont sans préjudice de l'application de la directive 2006/42/CE du Parlement européen et du Conseil du 17 mai 2006 relative aux machines (3).

<sup>51</sup> « Pression maximale admissible PS »: la pression maximale pour laquelle l'équipement est conçu, spécifiée par le fabricant, et définie à un emplacement spécifié par ce dernier, à savoir soit l'emplacement où sont connectés les organes de protection ou de sûreté, soit la partie supérieure de l'équipement ou, si cela n'est pas approprié, tout autre emplacement spécifié

Celles-ci sont établies selon la nature du fluide contenu dans l'équipement. Deux groupes de substances sont définis : le groupe 1 pour les substances ou mélanges dangereux<sup>52</sup>, et le groupe 2 pour les substances ou mélanges non dangereux (au sens du règlement CLP (CE) n° 1272/2008).

L'hydrogène, gaz inflammable de la catégorie 1 selon le règlement CLP, fait partie du groupe 1.

Les procédures d'évaluation de la conformité sont regroupées en divers modules applicables aux catégories d'équipement définies à l'annexe IV de la directive en fonction des combinaisons PS.volume ou PS.DN pour les tuyauteries. A ce titre les critères de définition des catégories d'équipement qui s'appliquent aux équipements mettant en œuvre l'hydrogène sont présentés en Figure 16 pour les récipients et Figure 17 pour les tuyauteries. Certains systèmes à hydrogène mettent en œuvre d'autres fluides sous pression tels que l'azote, utilisé pour la purge ou l'inertage des capacités, des liquides caloporteurs. Il convient d'appliquer à ces substances les critères correspondant à leur catégorie de danger.

Selon l'article 4, paragraphe 3 de la directive, les équipements dont la pression de service dépasse 0,5 bar mais qui ne relèvent pas des catégories I à IV du fait de leur faible couple pression de service/volume doivent être construits selon les règles de l'art. Ils ne font pas l'objet d'une évaluation de conformité et ne sont pas marqués CE au titre de la DESP.

Les accessoires de sécurité doivent faire l'objet d'une évaluation de conformité selon les procédures applicables à la catégorie IV.

Les ensembles que leur fabricant destine à être mis à disposition sur le marché et en service en tant qu'ensembles qui comprennent au moins un équipement sous pression relevant des catégories I à IV doivent satisfaire aux exigences essentielles de sécurité, énoncées à l'annexe I de la directive.

Ils font l'objet d'une procédure d'évaluation globale selon les procédures applicables à la catégorie la plus élevée des équipements qui les composent autre que celle applicable à des accessoires de sécurité. Cette procédure porte notamment sur l'évaluation de l'intégration des différents éléments de l'ensemble et l'évaluation de la protection de l'ensemble contre le dépassement des limites de service admissibles.

Les accessoires sous pression (vannes, brides, piquage, manomètres...) sont classés en fonction de leur PS et de leur volume ou DN<sup>53</sup> selon pertinence et en considérant le cas échéant, lorsque le volume et le DN sont tous deux pertinents pour le classement, la catégorie la plus élevée.

---

<sup>52</sup> Le groupe 1 est constitué de substances et de mélanges, au sens de l'article 2, points 7) et 8), du règlement (CE) n° 1272/2008, qui sont considérés comme dangereux selon les classes de dangers physiques ou de dangers pour la santé, définies à l'annexe I, parties 2 et 3, dudit règlement. La directive reprend la liste des classes de dangers concernés.

<sup>53</sup> « Dimension nominale (DN) » : la désignation numérique de la dimension commune à tous les éléments d'un système de tuyauteries autres que les éléments indiqués par leur diamètre extérieur ou par la taille du filet ; il s'agit d'un nombre arrondi à des fins de référence et qui n'a pas de relation stricte avec les cotes de fabrication ; la taille nominale est indiquée par DN suivi d'un nombre ;

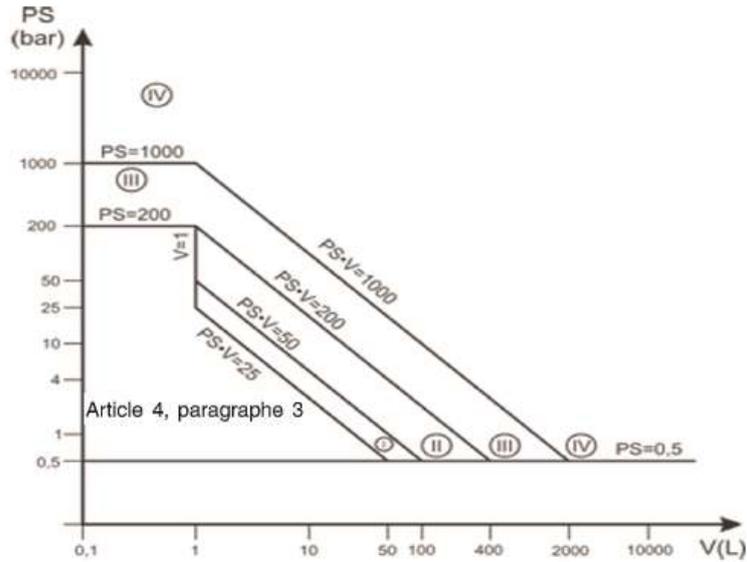


Tableau 1

Réceptifs visés à l'article 4, paragraphe 1, point a) i), premier tiret

Figure 16 : Critères relatifs aux réceptifs contenant une substance dangereuse

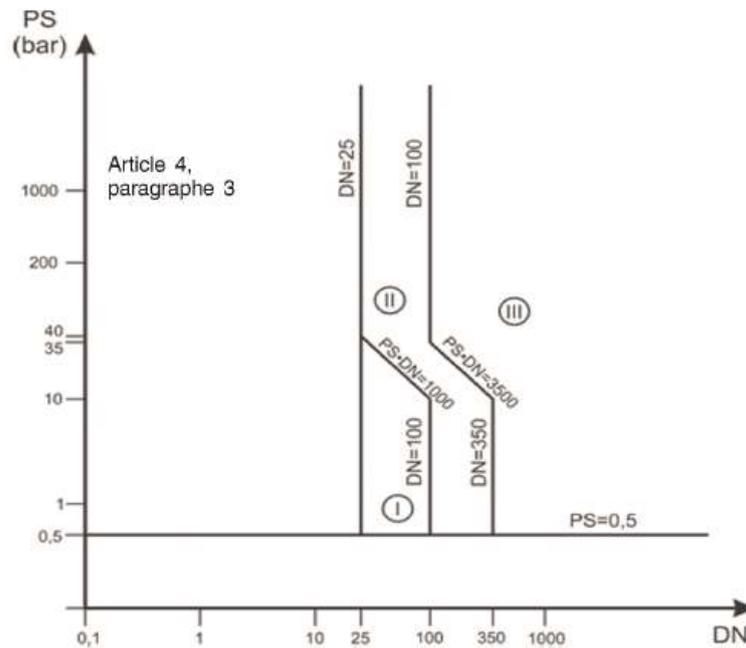


Tableau 6

Tuyauteries visées à l'article 4, paragraphe 1, point c) i), premier tiret

Figure 17 : Critères relatifs aux tuyauteries contenant des substances dangereuses

### 7.2.3 Procédures d'évaluation de la conformité

Les procédures d'évaluation de la conformité à mettre en œuvre pour les diverses catégories d'équipements sous pression sont présentées en Figure 18. Le détail des modules est présenté au chapitre 6.8.

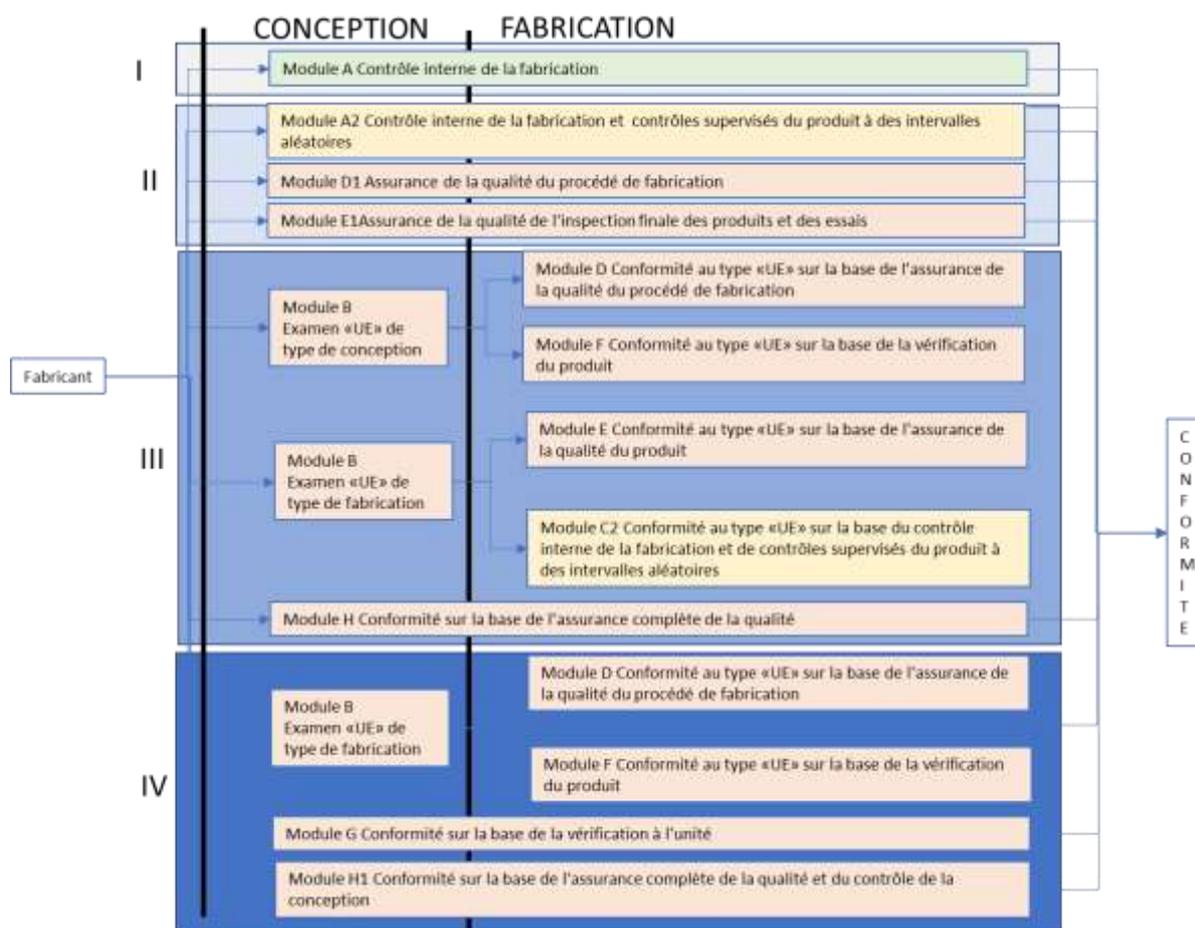


Figure 18: Modules d'évaluation de la conformité applicables en fonction de la catégorie de l'équipement (voir la description des modules au § 6.8)

Les fabricants assurent, lorsqu'ils mettent sur le marché des équipements sous pression ou des ensembles, ou lorsqu'ils les utilisent à leurs propres fins, que ceux-ci ont été conçus et fabriqués conformément aux exigences essentielles de sécurité énoncées à l'annexe I de la directive.

L'objectif du présent guide n'est pas de reprendre in extenso les exigences essentielles de sécurité prescrites par la directive ESP. Le lecteur est invité à se référer au texte intégral de la directive pour en voir le détail. Les paragraphes suivants présentent un résumé de ces exigences afin de permettre au lecteur d'apprécier les grands enjeux de sécurité de la directive.

Les procédures à suivre pour l'évaluation de la conformité sont détaillées dans le guide AQUAP (Association pour la Qualité des Appareils à Pression) 2002 :01 Révision 4, Evaluation de la conformité selon la Directive 2014/68/UE<sup>54</sup>. Voir aussi le guide de CABF sur l'évaluation de la conformité des ensembles<sup>55</sup>.

## 7.2.4 Exigences essentielles de sécurité (Annexe 1)<sup>56</sup>

Les exigences essentielles ne concernent que les équipements des catégories I, II, III et IV. Les équipements visés par l'article 4 § 3<sup>57</sup> ne sont pas soumis à ces exigences, mais doivent être fabriqués

<sup>54</sup> Disponible sur le site de l'AQUAP <https://www.aquap.org>, rubrique publications, Procédures, procédure d'évaluation DESP

<sup>55</sup> [https://www.vdtuev.de/IG-NB/vdtuev-en/dok\\_view?oid=580984](https://www.vdtuev.de/IG-NB/vdtuev-en/dok_view?oid=580984)

<sup>56</sup> Le texte de présentation des exigences essentielles de sécurité est adapté de la brochure de présentation de la directive ESP disponible sur le site AIDA de l'Ineris <https://aida.ineris.fr/sites/default/files/gesdoc/30291/presentation.pdf>

<sup>57</sup> Article 4 paragraphe 3 de la directive 2014/68/UE : Les équipements sous pression et les ensembles dont les caractéristiques sont inférieures ou égales aux limites visées respectivement au paragraphe 1, points a), b) et c), et au paragraphe 2 sont conçus et fabriqués conformément aux règles de l'art en usage dans un État membre afin d'assurer

selon les règles de l'art afin d'assurer leur utilisation de manière sûre et accompagnés d'instructions suffisantes.

Le fabricant applique les principes de réduction du risque à la source, présentés au 7.1.

Les exigences essentielles fixées dans l'annexe I de la directive sont obligatoires. Elles sont principalement exprimées de manière qualitative en termes d'objectifs généraux. Seules quelques valeurs numériques sont fixées dans le chapitre 7 de l'annexe I (coefficient de sécurité, surcharge d'épreuve, etc.). Le fabricant est tenu en règle générale de respecter ces valeurs. Dans le cas contraire il doit justifier de la mise en œuvre de dispositions appropriées permettant d'obtenir un niveau de sécurité global équivalent.

#### 7.2.4.1 Conception

Les équipements sous pression sont correctement conçus en tenant compte de tous les facteurs pertinents permettant de garantir la sûreté de l'équipement pendant toute sa durée de vie prévue.

La conception comprend des coefficients de sécurité appropriés qui se fondent sur des méthodes générales réputées utiliser des marges de sécurité adéquates pour prévenir tous types de défaillance de manière cohérente.

En particulier les équipements sous pression doivent être conçus pour supporter des charges correspondant à l'usage envisagé dans des conditions raisonnablement prévisibles. Ces charges tiennent compte de la pression interne et externe, mais aussi de la température de service et ambiante, des contraintes mécaniques, des facteurs environnementaux, des déplacements...

Cette conception doit être fondée sur une méthode de calcul des contraintes admissibles et de la résistance de l'équipement ainsi éventuellement que de sa stabilité structurelle si elle n'est pas assurée par la résistance à la pression. Cette méthode doit appliquer des facteurs de sécurité permettant d'éliminer entièrement toutes les incertitudes découlant de la fabrication, des conditions réelles d'utilisation, des contraintes, des modèles de calcul, ainsi que des propriétés et du comportement du matériau.

Une méthode expérimentale peut aussi être utilisée sous certaines conditions éventuellement en complément des méthodes de calcul. Le programme d'essais porte sur un échantillon représentatif de l'équipement ou de la famille d'équipements.

Des dispositions doivent être prises pour assurer la sécurité de la manutention et du fonctionnement : dispositifs de fermeture et d'ouverture, maîtrise des rejets des soupapes de sécurité, etc.

L'équipement doit permettre les inspections nécessaires à la sécurité (orifices d'accès) ainsi que les purges et ventilations éventuellement nécessaires à son fonctionnement.

Les risques de corrosion, d'usure, etc. sont également à prendre en compte.

Des dispositions doivent être prises pour que les opérations de remplissage et à la vidange soient sûres.

Enfin, l'équipement doit être protégé contre le dépassement des limites admissibles des équipements sous pression au moyen de dispositifs de protection adéquats. Ils sont le cas échéant aussi protégés contre les effets d'un feu externe.

Les ensembles sont conçus de telle sorte que les éléments à assembler soient adaptés et fiables dans leurs conditions de service, et tous les éléments s'intègrent correctement et s'assemblent de manière appropriée.

Les accessoires de sécurité doivent être conçus et construits de façon à être fiables et adaptés à leurs conditions de service. Ils doivent pouvoir être maintenus et testés. Les dispositifs de limitation de la pression et de surveillance de la température font l'objet d'exigences spécifiques.

#### 7.2.4.2 Fabrication

Le fabricant s'assure que le procédé de fabrication, notamment la préparation des composants, leur assemblage, les traitements thermiques, permet de fabriquer un produit conforme à ses spécifications de conception et sûr.

Les procédés d'assemblage permanent (en particulier le soudage) ainsi que les opérateurs doivent être qualifiés. Pour les équipements des catégories II, III et IV, cette qualification doit être prononcée par un organisme notifié ou une « entité tierce partie reconnue », désignée selon la même procédure que les organismes notifiés.

Les essais non destructifs doivent être réalisés par du personnel qualifié. Pour les équipements des catégories III et IV, ce personnel doit être certifié par une « entité tierce partie reconnue »<sup>58</sup>.

---

leur utilisation de manière sûre. Les équipements sous pression et les ensembles doivent être accompagnés d'instructions d'utilisation suffisantes.

<sup>58</sup> En France il s'agit du COFREND.

Les équipements doivent être soumis à une vérification finale destinée à s'assurer du respect de la directive. Ce contrôle comprend, en principe, un examen de l'équipement et des documents de fabrication ainsi qu'une épreuve hydraulique. Cette épreuve hydraulique doit normalement être effectuée à une pression au moins égale à la valeur définie au 7.4 de l'annexe I de la directive (la plupart du temps 1,43 fois la pression maximale de service) et être réalisée individuellement, sauf pour les équipements de la catégorie I, pour lesquels un essai statistique est admis.

Dans le cas où l'essai de pression hydrostatique est nocif ou ne peut pas être effectué, d'autres essais d'une valeur reconnue peuvent être réalisés. Pour les essais autres que l'essai de pression hydrostatique, des mesures complémentaires, telles que des contrôles non destructifs ou d'autres méthodes d'efficacité équivalente, doivent être mises en œuvre avant ces essais.

Pour les ensembles, la vérification finale comprend également un examen des accessoires de sécurité.

De manière générale, le fabricant est tenu de réaliser cette vérification. Selon les modules d'évaluation de la conformité appliqués la présence d'un organisme notifié ou sa surveillance peuvent être requises.

### 7.2.4.3 Matériaux

Les matériaux utilisés doivent posséder des « caractéristiques appropriées », une résistance chimique suffisante, ne pas être sensibles au vieillissement, etc.

Le respect de la directive peut être assuré :

- par l'emploi de matériaux conformes aux normes harmonisées,
- par l'emploi de matériaux ayant fait l'objet d'une « approbation européenne de matériaux », selon la procédure particulière définie à l'article 15 de la directive,<sup>59</sup>
- par une évaluation particulière de matériaux, qui doit alors être rédigée par le fabricant et approuvée par un organisme notifié pour les équipements de catégorie III et IV. Les matériaux doivent être accompagnés d'un document de contrôle établi par le producteur de matériaux. Pour les équipements des catégories II, III et IV, ce document doit être un certificat de contrôle spécifique.

### 7.2.4.4 Instructions et marquage

Outre le marquage CE, les équipements sous pression doivent porter un marquage comprenant les informations essentielles nécessaires à l'identification du fabricant, de l'équipement et à la sécurité : volume, pression d'épreuve, etc. Les équipements doivent également être accompagnés d'une notice d'instructions destinées à l'utilisateur contenant toutes les informations relatives à la sécurité lors de son utilisation, ainsi que les conditions d'installation et de maintenance.

### 7.2.4.5 Ensembles

Les obligations découlant des exigences essentielles de sécurité énoncées dans l'annexe I de la directive pour les équipements sous pression s'appliquent également aux ensembles lorsque le danger correspondant existe.

Les ensembles font l'objet d'une procédure globale d'évaluation de la conformité qui comprend les évaluations suivantes :

- a) l'évaluation de chacun des équipements sous pression constitutifs de cet ensemble, lorsqu'ils n'ont pas fait l'objet antérieurement d'une procédure d'évaluation de la conformité et d'un marquage CE séparé ; la procédure d'évaluation est déterminée par la catégorie de chacun de ces équipements ;
- b) l'évaluation de l'intégration des différents éléments de l'ensemble conformément à l'annexe I, points 2.3, 2.8 et 2.9: celle-ci est déterminée par la catégorie la plus élevée applicable à l'équipement concerné, autre que celle applicable à des accessoires de sécurité ;
- c) l'évaluation de la protection de l'ensemble contre le dépassement des limites de service admissibles conformément à l'annexe I, points 2.10 et 3.2.3; celle-ci doit être conduite en fonction de la plus élevée des catégories des équipements sous pression individuels des équipements à protéger.

---

<sup>59</sup> Une AEM peut être préparée pour une nuance de matériau nouvelle ou spéciale qui ne figure pas dans une norme européenne harmonisée au titre de la directive équipements sous pression (DESP). Une telle nuance de matériau doit avoir une spécification incluant des propriétés chimiques et/ou des propriétés mécaniques particulières ou des caractéristiques telles que la résistance à la corrosion. Ces propriétés mécaniques ou ces caractéristiques doivent être complémentaires à celles des normes harmonisées similaires.

Si les assemblages sont permanents, la vérification finale d'un ensemble comprend normalement une épreuve hydrostatique ou un essai équivalent tel qu'une épreuve pneumatique ou des contrôles non destructifs renforcés si l'essai hydrostatique n'est pas praticable.

Si les assemblages sont de type non permanent, les joints utilisés sont adaptés au processus industriel et aux produits mis en œuvre. L'étanchéité de ces assemblages est vérifiée au plus tard lors de la mise en service et constatée lorsque le processus industriel est devenu opérationnel, et après toute intervention susceptible d'affecter ces assemblages<sup>60</sup>.

La démarche d'évaluation de la conformité des ensembles est décrite en détail par le Forum des Organismes d'Évaluation de la Conformité Européens (CABF) dans un document de référence partagé par les organismes notifiés<sup>61</sup>. Ce document décrit notamment la documentation qui doit être constituée par le fabricant, qui inclut en particulier les certificats de conformité des équipements qui le composent, l'analyse de risques et la stratégie de sécurité, et présente la démarche suivie par l'organisme notifié pour évaluer la conformité.

## 7.2.5 Normes harmonisées pertinentes pour l'application de la directive ESP aux systèmes à hydrogène

La commission publie régulièrement la liste des normes harmonisées pour chaque directive dite nouvelle approche<sup>62</sup>. Certaines de ces normes définissent le cadre général de l'évaluation des risques et de la conception des équipements sous pression. D'autres normes traitent de façon globale certains accessoires ou équipements tels que les robinets, soupapes ou tuyauteries, que l'on retrouve dans tous les ensembles sous pression. Enfin certaines normes sont très spécifiques à des équipements ou systèmes particuliers. Aucune norme harmonisée au titre de la directive ESP ne traite de façon spécifique les systèmes à hydrogène en tant que tel. L'analyse et la conception de ces systèmes doit donc s'appuyer sur des normes générales telles que la série EN 13445-1 à -5 et EN 746-1 à -7 et la série de normes EN 13480.

Il est cependant important de noter aussi que les normes de la série EN 13445 traitent uniquement des équipements sous pression métalliques et ne sont donc pas applicables, par exemple, aux équipements en matériaux composites, pour lesquels l'application de normes spécifiques, telles que la norme NF EN 17533 : 2020 Hydrogène gazeux - Bouteilles et tubes pour stockage stationnaire (décrite en détails au 5.3.1.2), est nécessaire. Datant de juin 2020, cette norme n'est pas encore harmonisée au titre de la directive ESP.

Référence et titre	Description
EN 13445-1:2014 Récipients sous pression non soumis à la flamme — Partie 1: généralités	La partie 1 de la norme EN 13445 définit les termes, définitions, grandeurs, symboles et unités utilisés tout au long de l'EN 13445. Elle contient également des instructions sur le mode d'utilisation de la norme (Annexe A) ainsi qu'un index qui couvre l'ensemble de la norme (Annexe B). Ces informations sont destinées à aider l'utilisateur de l'EN 13445.
EN 13445-2:2014 Partie 2 : Matériaux	<p>Spécifie les prescriptions relatives aux matériaux (y compris les matériaux plaqués) destinés aux récipients sous pression non soumis à la flamme et aux supports, couverts par l'EN 13445-1:2014, fabriqués à partir de matériaux métalliques ; elle est limitée actuellement aux aciers ayant une ductilité suffisante, mais elle est, dans le cas de composants en service dans le domaine du fluage, également limitée aux matériaux suffisamment ductiles au fluage.</p> <p>Elle spécifie les prescriptions relatives à la sélection, l'inspection, les essais et le marquage des matériaux métalliques pour la fabrication des récipients sous pression non soumis à la flamme.</p> <p>La norme présente en annexe une liste de matériaux autorisés. Elle prévoit cependant que des matériaux puissent faire l'objet d'une évaluation particulière. Dans ce cas ils doivent respecter les exigences générales spécifiées au 4.1 de la norme et les caractéristiques particulières imposées par le processus de fabrication et le fonctionnement final de l'équipement.</p> <p>Quelle que soit la méthode de qualification utilisée, il convient de s'assurer de la compatibilité du matériau avec l'environnement et le contenu du récipient, à savoir</p>

<sup>60</sup> Arrêté du 20 novembre 2017 relatif au suivi en service des équipements sous pression et des récipients à pression simple.

<sup>61</sup> [https://www.vdtuev.de/IG-NB/vdtuev-en/dok\\_view?oid=580984](https://www.vdtuev.de/IG-NB/vdtuev-en/dok_view?oid=580984)

<sup>62</sup> <https://ec.europa.eu/growth/single-market/european-standards/harmonised-standards/>

	<p>l'absence de corrosion, d'érosion, etc. Le fabricant devra toujours évaluer la résistance du matériau à une telle action.</p> <p>En particulier, pour les systèmes à hydrogène, il convient de s'assurer que le matériau employé est compatible avec l'hydrogène. La norme mentionne explicitement la nécessité de prendre en compte les phénomènes de fragilisation par l'hydrogène.</p>
<p><b>EN 13445-3 : 2014</b> <b>Partie 3 : Conception</b></p>	<p>Cette partie spécifie les exigences relatives à la conception des récipients. Les méthodes de conception sont au nombre de quatre ; celles-ci peuvent être combinées ou utilisées séparément.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Conception par formules (DBF). Cette méthode est au cœur de la norme EN 13445-3, qui fournit dans son corps principal les formules de calcul pour diverses géométries de récipients et composants (brides, échangeurs de chaleur, soufflets de dilatation...)</li> <li>• Conception par analyse utilisant une évaluation directe des modes de défaillance (DBA – méthode directe). Cette méthode est présentée en annexe B.</li> <li>• Conception par analyse faisant appel à la catégorisation des contraintes (DBA – méthode fondée sur les catégories de contraintes), présentée en annexe C.</li> <li>• Conception expérimentale (DBE), présentée en annexe T.</li> </ul> <p>La conception expérimentale comporte toujours un essai d'éclatement et elle peut être complétée par un contrôle des déformations et un essai de fatigue. Elle peut être utilisée séparément ou afin de vérifier des calculs de conception par formules.</p> <p>La conception par formules représente le moyen le plus simple et le plus répandu de conception des récipients. Toutes les règles associées à la conception par formules couvrent la pression. Les charges autres que la pression peuvent être prises en compte dans certains cas en utilisant l'Article 16.</p> <p>La méthode de conception par analyse permet d'évaluer les formes de structure et les configurations de charge non couvertes par la DBF. Elle peut également se substituer à la DBF.</p> <p>La norme fournit aussi des formules et méthodes de conception pour la conception dans le domaine du fluage et pour des charges cycliques et la maîtrise des risques liés à la fatigue. Elle spécifie aussi les caractéristiques de soudures acceptables, qui sont répertoriées en Annexe A.</p>
<p><b>EN 13445-4 : 2014</b> <b>Partie 4 : Fabrication</b></p>	<p>Cette partie de la norme spécifie les exigences relatives à la fabrication des récipients sous pression non soumis à la flamme et de leurs parties sous pression, réalisés en acier, y compris leur raccordement avec des parties non soumises à la pression. Elle spécifie des exigences concernant la traçabilité des matériaux, les tolérances de fabrication, les exigences de soudage, les exigences concernant les assemblages permanents autres que le soudage, les coupons-témoins, les exigences de formage, les traitements thermiques, les réparations, et la finition.</p>
<p><b>EN 13445-5 : 2014</b> <b>Partie 5: Inspection et contrôle</b></p>	<p>Cette partie de la norme traite de l'inspection et des contrôles des récipients sous pression construits à l'unité ou en série. Ces contrôles portent notamment sur la documentation technique, le contrôle non destructif des soudures, la vérification finale, le marquage et les dossiers à conserver concernant le récipient.</p> <p>Des dispositions particulières relatives à l'exploitation cyclique sont données dans l'Annexe G.</p> <p>Des dispositions particulières relatives aux récipients ou parties de récipients en service dans le domaine de fluage sont données dans l'Annexe F et l'Annexe I.</p> <p>L'EN 13445-5:2014, Article 10 spécifie le mode de réalisation de la vérification finale. Des règles détaillées sont indiquées pour la réalisation de l'épreuve, y compris le calcul de la pression d'essai.</p>
<p><b>EN 13445-8 :2014</b> <b>Partie 8 : exigences complémentaires pour les récipients sous pression en aluminium et alliages d'aluminium</b></p>	<p>Cette partie de la norme traite des exigences relatives aux récipients sous pression non soumis à la flamme et à leurs composants en aluminium et alliages d'aluminium, en complément des exigences générales énoncées dans les parties 1 à 5 de l'EN 13445:2014. Elle concerne les récipients sous pression non soumis à la flamme pouvant aller jusqu'à 500 cycles complets de chargement.</p>
<p><b>EN 764-7:2002</b> <b>Équipements sous pression — Partie 7: Systèmes de sécurité pour équipements</b></p>	<p>La norme EN 764-7 :2002 prescrit les exigences applicables aux systèmes de sécurité qui protègent un récipient, un système de récipients, une tuyauterie, des accessoires ou des ensembles vis-à-vis de dépassements des conditions de fonctionnement.</p> <p>Elle est également applicable aux indicateurs et alarmes liés à la sécurité, aux dispositifs de signalisation et d'avertissement lorsqu'ils sont utilisés en tant que systèmes de sécurité.</p>

<p><b>sous pression non soumis à la flamme</b></p>	<p>Les équipements raccordés les uns aux autres dans un système par des tuyauteries de débit adéquat, exempts de blocages potentiels et ne comprenant pas d'appareil de robinetterie susceptible d'isoler une partie quelconque peuvent être considérés comme un système sous pression unique eu égard aux exigences de protection vis-à-vis des surpressions.</p> <p>Les systèmes de sécurité comprennent les interconnexions entre les équipements devant être protégés et tout point de décharge. Cet emplacement peut être un orifice de sortie à l'atmosphère ou le raccordement à un système de récupération fermé.</p> <p>NOTE Le domaine d'application de la présente norme et ses relations avec les accessoires de sécurité et les autres dispositifs de protection de la directive équipements sous pression sont indiqués en annexe E.</p>
<p><b>Série de normes EN 13480 Tuyauteries industrielles métalliques</b></p>	<p>La norme européenne EN 13480 définit les exigences relatives aux réseaux de tuyauteries industrielles et aux supports, systèmes de sécurité inclus, en matériaux métalliques dans le but d'assurer une exploitation sûre.</p> <p>La norme EN 13480 est applicable aux tuyauteries métalliques aériennes, en caniveaux ou enterrées, indépendamment de la pression.</p> <p>Elle est composée des parties suivantes :</p> <p>Partie 1 : généralités  Partie 2 : matériaux  Partie 3 : Conception et calcul  Partie 4 : Fabrication et installation  Partie 5 : inspection et contrôle  Partie 6 : Exigences complémentaires relatives aux tuyauteries enterrées  Partie 7 : guide pour l'utilisation des procédures d'évaluation de la conformité (FD CEN/TR 13480-7)  Partie 8 : exigences complémentaires relatives aux tuyauteries en aluminium et alliages d'aluminium</p>

Tableau 31 : Principales normes génériques harmonisées en application de la directive ESP

## 7.2.6 Protection des équipements sous pression et des ensembles

La norme *EN 764-7:2002 Équipements sous pression — Partie 7: Systèmes de sécurité pour équipements sous pression non soumis à la flamme* définit les exigences générales applicables aux systèmes de sécurité. Cette norme est actuellement en cours de révision. Un projet de norme PR NF EN 764-7 a été publié en 2019. En tant que norme harmonisée la norme EN 764-7 : 2002 confère une présomption de conformité quant à la pertinence des solutions mises en œuvre pour protéger un équipement sous pression ou un ensemble.

Son application implique en premier lieu d'évaluer les risques que présente le système à protéger afin de sélectionner le concept de sécurité le plus approprié pour assurer un fonctionnement en toute sécurité. La Figure 19 présente le processus d'estimation et de réduction du risque.

Lorsque les limites admissibles peuvent être dépassées, l'équipement sous pression doit être équipé ou prévu pour être équipé de :

- a) Systèmes de régulation,
- b) Dispositif de surveillance,
- c) Systèmes de sécurité.

La norme EN 764-7 traite spécifiquement des systèmes de sécurité, qui sont indispensables dès lors que les paramètres du procédé peuvent dépasser les limites admissibles.

Les dispositifs de sécurité ou leurs composants correspondants doivent être indépendants des autres fonctions, à moins que leur fonction de sécurité ne soit pas affectée par ces autres fonctions.

Le système de sécurité doit être conçu pour fonctionner de manière suffisamment fiable dans toutes les conditions de service déterminées par l'analyse de risques, y compris le démarrage, l'arrêt, et pendant la maintenance et les réparations. Les exigences générales de conception des dispositifs et systèmes de limitation sont définies au chapitre 5. Elles concernent notamment les matériaux utilisés pour fabriquer les systèmes de sécurité, les équipements électriques.

Le chapitre 6 traite plus spécifiquement des systèmes de limitation de pression :

- les soupapes de sûreté ;
  - a) à action directe ;
  - b) pilotées.
- les dispositifs à disques de rupture ;
- les dispositifs de sûreté combinant soupapes de sûreté et disques de rupture ;

— les dispositifs de sécurité à décharge contrôlés contre les surpressions (DSDCS) ;  
 — les dispositifs de mesure, de contrôle et de régulation jouant un rôle en matière de sécurité (SRMCR).  
 La norme traite aussi de la protection vis-à-vis des phénomènes dangereux (chapitre 7), de l'installation des dispositifs (chapitre 8), des indicateurs et alarmes (chapitre 9) et de l'inspection et la maintenance du système de sécurité. Le dimensionnement des soupapes de sûreté multiples est traité en annexe A. L'annexe C présente des conseils généraux pour la sélection des accessoires de sécurité pour limiter la pression.

Les dispositifs de sécurité abordés dans la norme EN 764-7 font par ailleurs l'objet de normes spécifiques plus détaillées, notamment dans le cadre de la série de normes harmonisées *EN ISO 4126 Dispositifs de sécurité pour protection contre les pressions excessives*. Ces normes traitent typiquement, pour chaque cas particulier des points suivants :

- Exigences de conception ;
- Essais de production (essai hydrostatique, essai pneumatique, essai d'étanchéité) ;
- Essais de type (détermination des caractéristiques de fonctionnement et de débit, coefficient de débit) ;
- Détermination des performances ;
- Dimensionnement ;
- Marquage.

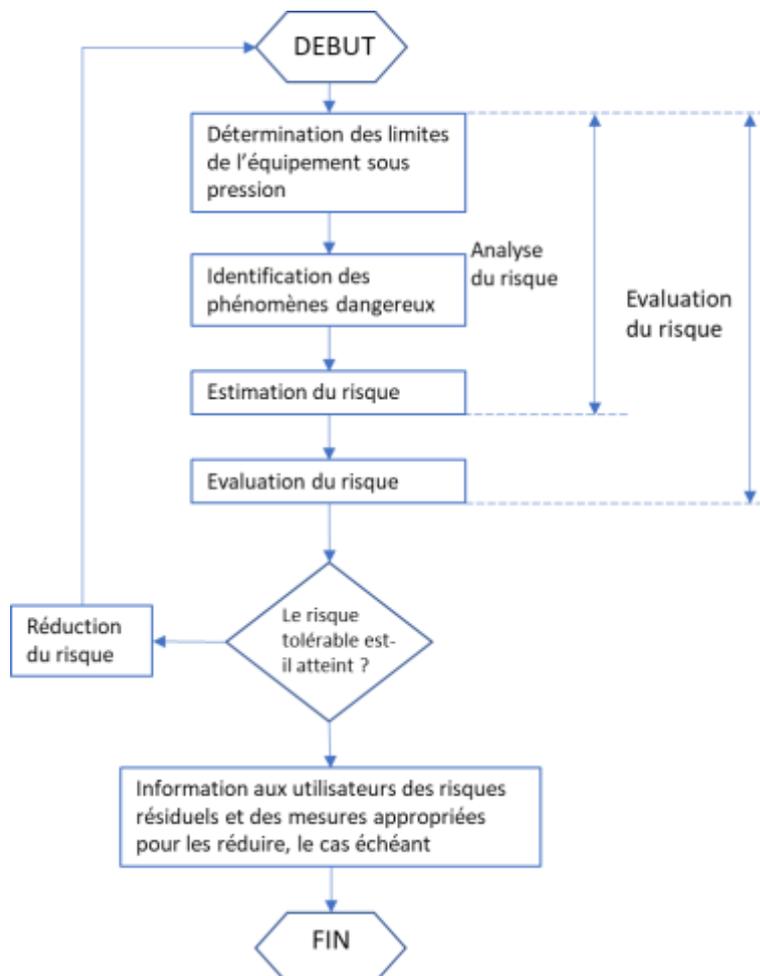


Figure 19 : Processus d'estimation du risque et réduction du risque (d'après EN 764-7)

La série EN ISO 4126 Dispositifs de sécurité pour protection contre les pressions excessives est composée des normes suivantes :

Référence	Titre
NF EN ISO 4126-1 : 2013	Partie 1 : soupapes de sûreté
NF EN ISO 4126-2 : 2019	Partie 2 : dispositifs de sûreté à disque de rupture
NF EN ISO 4126-3 : 2020	Partie 3 : Soupapes de sûreté et dispositifs de sûreté à disque de rupture en combinaison
NF EN ISO 4126-4 : 2013	Partie 4 : soupapes de sûreté pilotées
NF EN ISO 4126-5 : 2013	Partie 5 : dispositifs de sécurité asservis (CSPRS)
NF EN ISO 4126-6 : 2014	Partie 6 : application, sélection et installation des dispositifs de sûreté à disque de rupture
NF EN ISO 4126-7 : 2013	Partie 7 : données communes
ISO 4126-9 : 2008	Partie 9 : Application et installation des dispositifs de sécurité autres que les dispositifs à disque de rupture installés seuls

Tableau 32 : Normes de la série ISO 4126

### 7.2.7 Autres composants

Il existe de très nombreuses normes dans le champ des équipements sous pression applicables aux divers composants susceptibles d'être intégrés dans un système à hydrogène : tuyauteries, réservoirs, vannes, dispositifs de protection. Ce guide n'a pas pour ambition de lister toutes ces normes. L'échantillon cité dans ce chapitre est représentatif des normes citées en référence dans des normes spécifiques aux systèmes à hydrogène telles que l'ISO 22734 relative aux électrolyseurs ou l'EN ISO 62282-3 relative aux systèmes à piles à combustibles à usage stationnaire.

Référence	Titre
<b>Tuyauteries</b>	
Série EN 13480	Tuyauteries industrielles métalliques
ISO 15649	Industries du pétrole et du gaz naturel – Tuyauterie
FD CEN/TR 14549	Guide pour l'utilisation de l'ISO 15649 et l'ANSI/ASME B 31.3 pour les tuyauteries en Europe en respectant la Directive Équipements Sous pression
<b>Robinetterie</b>	
NF EN 1349	Robinets de régulation des processus industriels
NF EN 12266-1	Essais des appareils de robinetterie métalliques Partie 1 : Essais sous pression, procédures d'essai et critères d'acceptation — Prescriptions obligatoires
<b>Réservoirs</b>	
EN ISO 7866	Bouteilles à gaz - Bouteilles à gaz sans soudure en alliage d'aluminium destinées à être rechargées - Conception, construction et essais
ISO 9809-1	Bouteilles à gaz - Conception, construction et essais des bouteilles à gaz et des tubes rechargeables en acier sans soudure - Partie 1 : bouteilles et tubes en acier trempé et revenu ayant une résistance à la traction inférieure à 1 100 MPa
ISO 11119-1	Bouteilles à gaz - Bouteilles à gaz rechargeables en matériau composite et tubes - Conception, construction et essais - Partie 1 : bouteilles à gaz frettées en matériau composite renforcé par des fibres et tubes d'une contenance allant jusqu'à 450 l
ISO 11119-2	Bouteilles à gaz - Bouteilles à gaz rechargeables en matériau composite et tubes - Conception, construction et essais - Partie 2 : bouteilles à gaz composites entièrement bobinées renforcées par des fibres et tubes d'une contenance allant jusqu'à 450 l avec liners métalliques transmettant la charge
ISO 11119-3	Bouteilles à gaz - Bouteilles à gaz rechargeables en matériau composite et tubes - Conception, construction et essais - Partie 3 : bouteilles à gaz composites entièrement bobinées renforcées par des fibres et tubes d'une contenance allant

	jusqu'à 450 l avec liners métalliques ou non métalliques ne transmettant pas la charge
NF EN ISO	11623 Bouteilles à gaz - Construction composite - Contrôles et essais périodiques
ISO 16111	Appareils de stockage de gaz transportables - Hydrogène absorbé dans un hydrure métallique réversible
<b>Compatibilité de l'hydrogène</b>	
NF E29-732	Réceptacles à gaz - Bouteilles et réceptacles pour le conditionnement d'hydrogène comprimé - Méthode d'essais pour sélectionner les matériaux de construction
FD E29-649	Bouteilles à gaz transportables - Fragilisation par l'hydrogène des aciers
FD E29-753	Bouteilles à gaz - Essais de la compatibilité à l'hydrogène pour les métaux
NF EN ISO 11114-4	Bouteilles à gaz transportables - Compatibilité des matériaux et des robinets avec les contenus gazeux - Partie 4 : Méthodes d'essai pour le choix de matériaux métalliques résistants à la fragilisation par l'hydrogène
NF ISO 9588	Revêtements métalliques et autres revêtements inorganiques - Traitements après revêtement sur fer ou acier pour diminuer le risque de fragilisation par l'hydrogène
NF EN 10229	Évaluation de la résistance des produits en acier à la fissuration induite par l'hydrogène (HIC)
NF EN ISO 15330	Éléments de fixation - Essai de précharge pour la détection de la fragilisation par l'hydrogène - Méthode des plaques parallèles
NF EN ISO 7539-11	Corrosion des métaux et alliages - Essai de corrosion sous contrainte - Partie 11 : lignes directrices pour les essais de résistance des métaux et alliages à la fragilisation par l'hydrogène et la fissuration assistée sous hydrogène
NF EN 1797	Réceptacles cryogéniques - Compatibilité entre gaz et matériaux
ISO/TR 15916	Considérations fondamentales pour la sécurité des systèmes à l'hydrogène

Tableau 33 : Exemples de normes applicables dans le contexte ESP pour divers composants de systèmes à hydrogène

## 7.2.8 Enjeux et difficultés pour l'application de la directive ESP aux systèmes à hydrogène

Les paragraphes qui suivent présentent quelques-unes des difficultés relevées par les organismes notifiés ou les fabricants dans la démarche d'évaluation de la conformité des systèmes à hydrogène à la directive équipements sous pression.

### 7.2.8.1 Analyse de risque à établir par le fabricant

L'analyse de risques est une pièce centrale de l'évaluation de la conformité de l'équipement, en particulier lorsqu'il s'agit d'un ensemble. La pertinence des dispositifs de maîtrise des risques découle directement de la qualité de l'analyse de risque. Les organismes notifiés constatent parfois que la qualité n'est pas suffisante au regard des enjeux.

Le guide relatif à l'évaluation des ensembles du CABF<sup>63</sup> précise que dans le cadre de l'analyse de risques toutes les conditions raisonnablement prévisibles doivent être prises en compte (par exemple, fonctionnement normal, démarrage, arrêt normal et d'urgence, modes transitoires, mise en service, veille, vidange, purge, ventilation, etc.). Notamment par une prise en compte un par un des éventuels dysfonctionnements (liés à la pression ou à la température). Un dysfonctionnement unique ne doit pas conduire à dépasser les limites de conception de tout équipement, par exemple :

- un dysfonctionnement du système de refroidissement ;
- la rupture d'un tuyau dans un échangeur de chaleur ;
- la fermeture ou l'ouverture d'une ou plusieurs vannes ;
- l'expansion thermique du liquide ;
- une panne de courant / des services publics / du refroidissement
- une réaction exothermique
- un incendie
- une mauvaise utilisation prévisible.

<sup>63</sup> [https://www.vdtuev.de/IG-NB/vdtuev-en/dok\\_view?oid=580984](https://www.vdtuev.de/IG-NB/vdtuev-en/dok_view?oid=580984)

L'analyse de risques doit permettre de vérifier la pertinence des dispositifs de sécurité mis en œuvre. Les aspects relatifs au dimensionnement et à la sécurité fonctionnelle de ces dispositifs sont aussi vérifiés par l'organisme notifié.

#### 7.2.8.2 Documentation et notice d'instruction à établir par le fabricant

La qualité de la documentation est aussi un point clé vérifié par les organismes notifiés. En particulier, la notice d'instruction doit contenir toutes les informations utiles à la sécurité en ce qui concerne :

- le montage, y compris l'assemblage de différents équipements sous pression,
- la mise en service,
- l'utilisation,
- la maintenance, y compris les contrôles par l'utilisateur.

La notice d'instructions doit reprendre les informations apposées sur l'équipement sous pression en application du point 3.3 de la directive (en particulier toutes les informations nécessaires à la sécurité : volume, pression d'essai, pression de début de déclenchement des dispositifs de sécurité, puissance, tension, usage prévu, groupe de fluide etc.), à l'exception de l'identification de la série, et doit être accompagnée, le cas échéant, de la documentation technique ainsi que des dessins, schémas et diagrammes nécessaires à une bonne compréhension de ces instructions.

Le cas échéant, la notice d'instructions doit également attirer l'attention sur les risques d'utilisation erronée et sur les caractéristiques particulières de la conception qui constituent des limites d'utilisation.

#### 7.2.8.3 Compatibilité des matériaux avec l'hydrogène

L'hydrogène interagit avec de nombreux matériaux, ce qui peut conduire à des mécanismes de fragilisation ou d'endommagement qui peuvent porter atteinte à la résistance de l'équipement sous pression ou au bon fonctionnement des organes de régulation et dispositifs de sécurité. Il est donc essentiel de vérifier systématiquement la compatibilité des matériaux employés avec l'hydrogène en se référant aux normes pertinentes (cf. 4.3 et Tableau 33).

Concernant les dispositifs de sécurité et les organes de régulation, il convient de s'assurer qu'ils sont conçus pour la durée de vie de l'équipement et le nombre de cycles prévus sous hydrogène. Ils doivent idéalement avoir subi un test d'endurance sous hydrogène. Certaines normes spécifiques aux systèmes à hydrogène définissent des exigences relatives à la tenue dans le temps de composants spécifiques. C'est le cas notamment de la norme ISO 19880-1 relative aux stations de distribution qui définit les exigences guides relatives à la tenue en service des composants de la station et du poste de distribution en particulier. Il peut néanmoins s'avérer difficile de trouver sur le marché des composants répondant à ces exigences et des laboratoires proposant des essais pour évaluer cette résistance spécifique.

#### 7.2.8.4 Matériaux non métalliques

Les matériaux composites sont de plus en plus utilisés pour les réservoirs à hydrogène haute pression. Bien que cette technologie bénéficie déjà d'un important retour d'expérience, l'évaluation de la conformité de ces réservoirs présente toujours des difficultés importantes.

En premier lieu, les épreuves hydrauliques ayant un impact sur la durée de vie de l'équipement il est nécessaire d'adapter les stratégies de test en vue de l'évaluation de la conformité. La caractérisation des matériaux est aussi un défi dans la mesure où les propriétés mécaniques du matériau final sont le résultat direct du processus de fabrication du matériau lui-même. Enfin, la maîtrise et la documentation du procédé de fabrication sont plus complexes que dans le cas des matériaux métalliques conventionnels<sup>64</sup>. Tous ces défis font actuellement l'objet de travaux dans les laboratoires spécialisés en matériaux composites, en particulier au CETIM.

#### 7.2.8.5 Essais sous très haute pression

Certains systèmes à hydrogène comprennent des composants fonctionnant sous très haute pression. Par exemple, les stations de distribution d'hydrogène peuvent intégrer des réservoirs tampons à 1000 bar. La réalisation des essais hydrauliques sur de tels composants présente des risques et des difficultés techniques que peu de laboratoires peuvent gérer (voir chapitre 12.3).

---

<sup>64</sup> Denis Espinassou, Présentation CETIM-ACADEMY, « Hydrogène – Les enjeux autour de la conception des réservoirs pour le stockage », 22/04/2021

### 7.2.8.6 Essai hydrostatique impossible

Dans certains procédés, en particulier le stockage d'hydrogène sous forme d'hydruure métallique, la présence d'humidité est à proscrire totalement, ce qui rend la réalisation d'un essai hydrostatique impossible. Celui-ci doit alors être remplacé par d'autres essais non destructifs.

### 7.2.9 Organismes notifiés au titre de la directive ESP

La liste complète des organismes notifiés au titre de la directive Equipements sous pression (2014/68/UE) est disponible sur le site NANDO de la commission européenne<sup>65</sup>.

Les principaux organismes français notifiés au titre de la directive ESP sont les suivants :

Organisme	Numéro	Domaines de compétence
APAVE Immeuble Canopy - 6 Rue du Général Audran CS 60123 - 92 412 COURBEVOIE Cedex France  Téléphone : +33/1 45 66 99 44 Email : france@apave.com Website : www.apave.com	0060	Annexe III - Module A2, Module B, Module C2, Module D, Module D1, Module E, Module E1, Module F, Module G, Module H1, Module H, Article 15 (Approbation européenne de matériaux) Annexe I, 3.1.2 (Approbation des personnels pour l'assemblage) Annexe I, 3.1.2 (Approbation des procédures d'assemblage permanent)
BUREAU VERITAS SERVICES 8 Cours du Triangle 92800 PUTEAUX - LA DEFENSE  Phone : +33 (0)1 55 24 72 06 Fax : -  Email : info@fr.bureauveritas.com Website : www.bureauveritas.fr	0062	Annexe III - Module A2, Module B, Module C2, Module E, Module E1, Module D, Module D1, Module F, Module G, Module H, Module H1 Article 15 (Approbation européenne de matériaux) Annexe I, 3.1.2 (Approbation des personnels pour l'assemblage) Annexe I, 3.1.2 (Approbation des procédures d'assemblage permanent)
ASSOCIATION POUR LA SECURITE DES APPAREILS A PRESSION (ASAP) Immeuble Saturne, 4 place de Londres Continental square - BP 16757 95727 ROISSY CDG cedex  Phone : +33:1:4816 3140 Fax : +33:1:4816 3147 Email : as@asap-pression.com Website : www.asap-pression.com	0851	Annexe III - Module A2, Module B, Module C2, Module E, Module E1, Module D, Module D1, Module F, Module G, Module H1, Module H Article 15 (Approbation européenne de matériaux) Annexe I, 3.1.2 (Approbation des personnels pour l'assemblage) Annexe I, 3.1.2 (Approbation des procédures d'assemblage permanent)
COFREND - CONFÉDÉRATION FRANÇAISE DESESSAIS NON DESTRUCTIFS 1 rue Gaston Boissier 75724 PARIS CEDEX 15 France		Annexe I, 3.1.3 (Approbation du personnel pour les contrôles non destructifs)
ELECTRICITÉ DE FRANCE - DIRECTION INDUSTRIELLE 2, Rue Ampère F-93206 Saint-Denis CEDEX 01 Country : France		Annexe III - Module G, Module F, Module C2, Module A2

Tableau 34 : Organismes français notifiés au titre de la DESP

<sup>65</sup> <https://ec.europa.eu/growth/tools-databases/nando/>

## 7.2.10 Les obligations de l'exploitant d'un équipement sous pression<sup>66</sup>

Les obligations de l'exploitant d'un équipement sous pression sont définies en France par l'arrêté du 20 novembre 2017 relatif au suivi en service des équipements sous pression et des récipients à pression simples.

Elles concernent :

1. Les conditions générales d'installation et d'exploitation de l'équipement  
L'arrêté fixe notamment les exigences en matière de dispositifs de sécurité minimums dont doit être équipé un ensemble, en matière d'assemblage, de possibilité d'effectuer les opérations d'entretien, de repérage des canalisations.  
Il traite aussi des dispositions à prendre pour exploiter l'installation en toute sécurité, du personnel dont il doit disposer à cette fin, de la documentation associée à l'équipement.

2. La mise en service de l'équipement

En particulier la mise en service doit faire l'objet :

- D'une déclaration de mise en service (DMS) si la PS est supérieure à 4 bar et le produit PS. Volume dépasse 10 000 bar.l.
- D'un contrôle de mise en service (CMS) portant sur divers points relatifs à l'état de l'appareil, à la présence et à l'adéquation des dispositifs de sécurité et à son environnement et ses conditions d'exploitation. Le contrôle est effectué par un organisme habilité ou une personne compétente

3. Son suivi en service

Deux possibilités de suivi en service d'un équipement existent :

- Avec plan d'inspection (PI) par un exploitant disposant ou pas d'un service d'inspection reconnu (SIR)

Ce plan définit les actions minimales de surveillance à réaliser pour qu'un équipement fasse l'objet d'un examen complet dans l'intervalle séparant deux requalifications périodiques ou l'intervalle entre la mise en service et la première requalification périodique, pour les équipements soumis à cette opération de contrôle. Dans le cas où le plan prévoit des contrôles non destructifs, il précise leur nature, leur localisation, leur étendue et la période maximale entre deux contrôles.

Le plan d'inspection est approuvé par un organisme de contrôle habilité<sup>67</sup>. Il est établi selon un cahier technique ou guide professionnel qui a été rédigé en suivant le « guide des guides »<sup>68</sup>.

Le plan comporte des requalifications périodiques des équipements, qui intègrent une épreuve hydraulique si celle-ci ne peut pas être remplacée par des essais non destructifs pertinents.

Les plans d'inspection ne peuvent pas prévoir des intervalles séparant deux inspections ou deux requalifications périodiques consécutives supérieurs à, respectivement, 6 et 12 ans, à l'exception des tuyauteries pour lesquelles :

- la période maximale entre les inspections périodiques est laissée à l'initiative de l'exploitant dans le cadre de ses procédures ;
- la période maximale entre les requalifications périodiques est définie dans un guide approuvé.

- Sans plan d'inspection (régime général)

En l'absence d'un plan d'inspection, les inspections périodiques ont lieu aussi souvent que nécessaire. La période maximale est fixée dans l'arrêté pour divers types d'équipements. Pour la plupart des équipements (hormis les bouteilles de plongée et les générateurs de vapeur) la première inspection a lieu à 3 ans puis l'intervalle entre deux inspections est de 4 ans.

---

<sup>66</sup> Sur ce point voir aussi la brochure INRS ED 828 sur les principales vérifications périodiques <https://www.inrs.fr/media.html?refINRS=ED%20828>

<sup>67</sup> En France, les organismes habilités pour le contrôle des équipements sous pression sont les mêmes que les organismes notifiés. Voir le Tableau 27.

<sup>68</sup> Guide professionnel pour l'élaboration de guides et cahiers techniques professionnels servant à l'élaboration de plans d'inspections pour le suivi en service des équipements sous pression et récipients à pression simples GGPI 2019-01 rev 0, Disponible sur le site de l'AQUAP [www.aquap.org](http://www.aquap.org)

Les requalifications périodiques ont lieu tous les deux, trois, six ou dix ans selon les cas sous responsabilité d'un organisme habilité.

La requalification périodique comporte une épreuve hydraulique réalisée en présence d'un organisme habilité. L'épreuve hydraulique peut être remplacée par un autre essai de résistance sous pression ou un contrôle d'émission acoustique effectué conformément au guide de bonne pratiques mentionné en annexe 1 de l'arrêté. La requalification périodique intègre aussi une vérification des accessoires de sécurité.

Dans les deux cas, à l'issue de la requalification périodique, l'équipement est marqué du poinçon « tête de cheval ».

#### 4. Interventions

En cas d'intervention sur un équipement et selon l'importance de cette intervention, l'équipement est soumis à un contrôle par un organisme habilité. Ce contrôle inclut éventuellement une qualification de l'équipement modifié avec notamment une épreuve hydraulique, qui peut être remplacée en cas d'impossibilité.

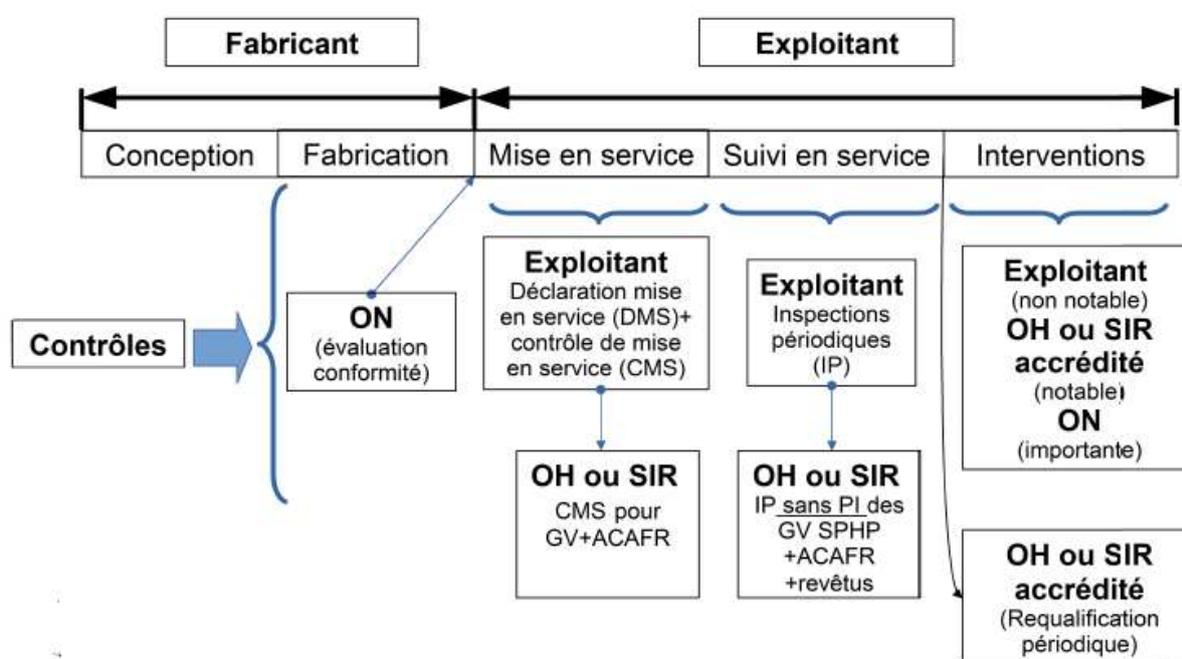


Tableau 35 : Etapes de la vie d'un équipement sous pression<sup>69</sup> (OH : Organisme de contrôle habilité, ON : Organisme notifié, SIR : Service d'inspection reconnu)

### 7.3 Directive Machines (2006/42/CE)

#### 7.3.1 Présentation générale de la directive

##### 7.3.1.1 Domaine d'application

La directive 2006/42/CE s'applique aux produits suivants :

- les machines ;
- les équipements interchangeables ;
- les composants de sécurité ;
- les accessoires de levage ;
- les chaînes, câbles et sangles ;
- les dispositifs amovibles de transmission mécanique ;

<sup>69</sup> Source : présentation Evolution de la réglementation des appareils à pression, 20 février 2018, Mardi de la DGPR,

[https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/MardiDGPR\\_BSERR\\_Evolution\\_reglementation\\_AP\\_180220.pdf](https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/MardiDGPR_BSERR_Evolution_reglementation_AP_180220.pdf)

g) les quasi-machines.

Dans le cadre du présent guide, nous nous intéresserons principalement aux machines (a) et aux composants de sécurité (c). Le lecteur pourra se référer à la directive pour les définitions des autres produits.

La directive définit une « machine » comme :

- ensemble équipé ou destiné à être équipé d'un système d'entraînement autre que la force humaine ou animale appliquée directement, composé de pièces ou d'organes liés entre eux dont au moins un est mobile et qui sont réunis de façon solidaire en vue d'une application définie,
- ensemble visé au premier tiret, auquel manquent seulement des organes de liaison au site d'utilisation ou de connexion aux sources d'énergie et de mouvement,
- ensemble visé au premier et au deuxième tirets prêt à être installé et qui ne peut fonctionner en l'état qu'après montage sur un moyen de transport ou installation dans un bâtiment ou une construction,
- ensemble de machines visées au premier, au deuxième et au troisième tirets ou de quasi-machines visées au point g) qui, afin de concourir à un même résultat, sont disposées et commandées de manière à être solidaires dans leur fonctionnement,
- ensemble de pièces ou d'organes liés entre eux, dont un au moins est mobile, qui sont réunis en vue de soulever des charges et dont la seule force motrice est une force humaine directement appliquée.

Les moyens de transport couverts par d'autres directives<sup>70</sup> sont exclus du champ de la directive Machine. Mais des machines montées sur ces véhicules sont couvertes par la directive machine (sauf pour les navires et unités mobiles off-shore).

Il ressort de ces définitions que le critère principal pour qualifier un système de machine est la présence de pièces mobiles actionnées par une énergie autre que la force humaine ou animale (sauf si elles sont destinées à soulever des charges), que ces pièces mobiles interviennent ou non dans l'accomplissement de la fonction principale de la machine, à partir du moment où elles font partie intégrante de la machine. Ainsi, la présence d'un ventilateur de refroidissement ou d'une pompe au sein d'un système à hydrogène suffit à en faire une machine ou un ensemble de machines.

Les systèmes à hydrogène ne sont ainsi généralement pas des machines du fait de leurs composants spécifiques principaux : piles à combustibles, stacks d'électrolyseur ou réservoirs, qui ne contiennent pas de pièce mobile, mais du fait de composants plus génériques nécessaires à leur fonctionnement : compresseurs, ventilateurs, pompes ou parce qu'ils sont intégrés dans une machine, tel qu'un charriot élévateur, par exemple. Ainsi, c'est généralement en tant qu'ensemble de machines que les systèmes à hydrogène sont concernés par la directive.

### 7.3.1.2 Ensembles de machines

La définition de l'ensemble de machines indique que les ensembles sont organisés et commandés de manière à fonctionner comme un tout ayant la même finalité. Pour qu'un groupe d'unités de machines ou de quasi-machines soit considéré comme un ensemble de machines, tous les critères ci-après doivent être remplis :

- Les unités constituantes sont assemblées pour l'accomplissement d'une même fonction, par exemple, la production d'un produit donné ;
- Les unités constituantes sont liées fonctionnellement de manière telle que l'opération réalisée par chaque unité affecte directement celle réalisée par les autres unités ou par l'ensemble de sorte qu'il est nécessaire de procéder à une évaluation des risques pour l'ensemble constitué ;
- Les unités constituantes disposent d'un système commun de commande.

Un groupe de machines reliées les unes aux autres, mais au sein duquel chaque machine fonctionne indépendamment des autres, n'est pas considéré comme un ensemble de machines au sens ci-dessus.

La personne qui constitue un ensemble de machines est considérée comme le fabricant de l'ensemble de machines et doit veiller à ce que cet ensemble respecte dans sa totalité les exigences de santé et de sécurité de la directive « Machines ». Dans certains cas, le fabricant de l'ensemble de machines est également le fabricant des unités constituantes. Plus fréquemment cependant, ces dernières sont mises sur le marché par d'autres fabricants soit en tant que machines complètes, susceptibles de fonctionner indépendamment soit en tant que quasi-machines.

---

<sup>70</sup> Tracteurs agricoles ou forestiers (directive 2003/37/CE), véhicules à quatre roues ou plus (directive 2007/46/CE), véhicules à deux ou trois roues (2002/24/CE), véhicules destinés exclusivement à la compétition, moyens de transport par air, eau et réseau ferroviaire, bateaux pour la navigation maritime et unités mobiles off-shore ainsi que les machines installées à bord de ces bateaux et/ou unités

Les ensembles de machines sont couverts par la directive « Machines » parce que leur sécurité dépend non seulement de la sûreté de la conception et de la construction de leurs unités constituantes, mais aussi de la compatibilité des unités et des interfaces entre elles. L'évaluation des risques que le fabricant d'un ensemble de machines doit effectuer couvrira par conséquent à la fois l'adéquation des unités constituantes pour la sécurité de l'ensemble tout entier et les risques résultant des interfaces entre les unités constituantes. Elle doit également couvrir les risques inhérents à la constitution de l'ensemble, qui ne sont pas couverts par la déclaration CE de conformité (pour les machines) ou la déclaration d'incorporation et la notice d'assemblage (pour les quasi-machines) fournies par les fabricants des unités constituantes.

Le fabricant de l'ensemble de machines doit :

- Mettre en œuvre la procédure d'évaluation de la conformité appropriée pour l'ensemble de machines ;
- Appliquer sur l'ensemble de machines un marquage spécifique (par exemple, une plaque spécifique) qui contient les informations visées à l'annexe I, section 1.7.3 de la directive et, le cas échéant, sections 3.6.2, 4.3.3 et 6.5, dont le marquage « CE » ;
- Établir et signer une déclaration CE de conformité pour l'ensemble de machines.

La déclaration CE de conformité pour les machines complètes et la déclaration d'incorporation ainsi que la notice d'assemblage pour les quasi-machines incorporées dans l'ensemble de machines doivent être inclus dans le dossier technique de l'ensemble de machines. Le dossier technique pour l'ensemble de machines doit également comporter la documentation relative à toutes les modifications qui ont été apportées aux unités constituantes lors de leur incorporation dans l'ensemble.

### Directives particulières

Lorsque, pour une machine, les risques visés à l'annexe I sont totalement ou partiellement couverts de manière plus spécifique par d'autres directives communautaires, la directive machine ne s'applique pas ou cesse de s'appliquer pour cette machine, en ce qui concerne ces risques.

A titre d'exemple, pour une machine destinée à être utilisée en atmosphère explosive, celle-ci étant explicitement couverte par la directive ATEX 2014/34/UE, la maîtrise du risque d'explosion pour celle-ci relèvera alors de l'application de la directive ATEX.

### Composants de sécurité

Un « composant de sécurité » est un composant :

- qui sert à assurer une fonction de sécurité,
- qui est mis isolément sur le marché,
- dont la défaillance et/ou le mauvais fonctionnement met en danger la sécurité des personnes, et
- qui n'est pas indispensable au fonctionnement de la machine ou qui peut être remplacé par d'autres composants permettant à la machine de fonctionner.

Le deuxième tiret de la définition ci-dessus implique que seuls des composants de sécurité mis isolément sur le marché sont couverts en tant que tels par la directive « Machines ». Les composants de sécurité fabriqués par un fabricant de machines en vue de leur incorporation dans sa propre machine ne sont pas couverts par la directive en tant que tels bien qu'ils doivent permettre à la machine de respecter les exigences essentielles de santé et de sécurité pertinentes. Il est à noter que lorsqu'un tel fabricant fournit des composants de sécurité en tant que pièces de rechange pour remplacer les composants de sécurité originaux sur la machine qu'il a mise sur le marché, ceux-ci ne sont pas couverts par la directive « Machines ».

## 7.3.2 Evaluation de la conformité

L'ANNEXE IV de la directive machine définit une liste restrictive de catégories de machines pour lesquelles il faut appliquer une procédure d'évaluation de la conformité par un organisme tiers. Cette liste contient par exemple des machines pour la découpe et le travail des matériaux (scies circulaires ou à bande, machine à raboter), des presses, des machines de moulage des plastiques ou du caoutchouc, des ponts élévateurs pour véhicules, appareils de levage de personnes...

Mais aussi certains dispositifs de sécurité tels que des dispositifs de protection destinés à détecter la présence humaine, des protecteurs mobiles, des blocs logiques assurant des fonctions de sécurité, des structures de protection contre les retournements et les chutes d'objets.

Les systèmes à hydrogène décrits au chapitre 5 ne constituent pas a priori des éléments de cette liste, mais sont susceptibles d'intégrer des dispositifs de sécurité en faisant partie. Les blocs logiques assurant

des fonctions de sécurité au sein d'une machine à hydrogène doivent faire l'objet d'une évaluation de la conformité par un organisme tiers.

Lorsque la machine n'est pas visée à l'annexe IV, le fabricant ou son mandataire applique la procédure d'évaluation de la conformité avec contrôle interne de la fabrication de machines (module A, parfois appelée « déclaration de conformité du fournisseur » ou « attestation par une première partie » ou « auto-certification »). La plupart des systèmes à hydrogène relèvent a priori de cette procédure.

Lorsque la machine est visée à l'annexe IV et qu'elle est fabriquée conformément aux normes harmonisées, et pour autant que ces normes couvrent l'ensemble des exigences essentielles de santé et de sécurité pertinentes, le fabricant ou son mandataire applique au choix l'une des procédures suivantes :

- la procédure d'évaluation de la conformité avec contrôle interne de la fabrication,
- la procédure d'examen CE de type, ainsi que le contrôle interne de la fabrication,
- la procédure d'assurance qualité complète.

Lorsque la machine est visée à l'annexe IV et qu'elle n'est pas fabriquée conformément aux normes harmonisées, ou seulement en partie, ou si les normes harmonisées ne couvrent pas l'ensemble des exigences essentielles de santé et de sécurité pertinentes, ou s'il n'existe pas de normes harmonisées pour la machine en question, le fabricant ou son mandataire applique l'une des procédures suivantes :

- la procédure d'examen CE de type, ainsi que le contrôle interne de la fabrication ;
- la procédure d'assurance qualité complète.

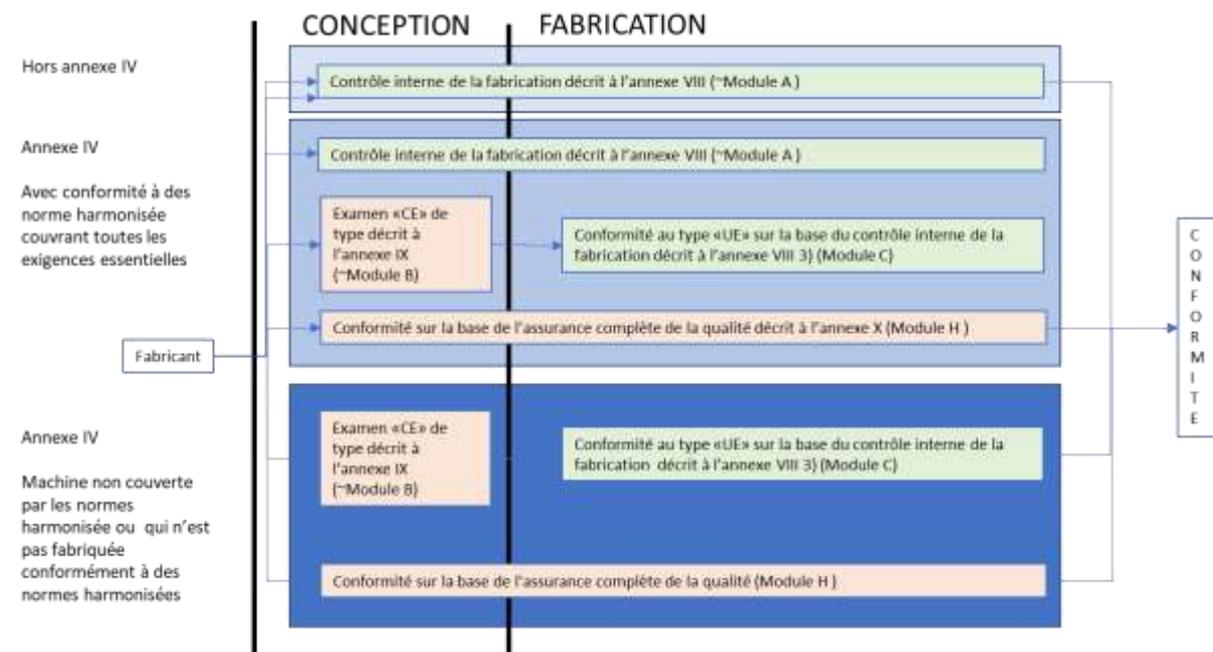


Figure 20: Modules d'évaluation de la conformité applicables dans le cadre de la directive Machines (voir la description des modules au § 6.8)

Pour les machines relevant de la procédure d'évaluation de la conformité avec contrôle interne de la fabrication des machines :

- Pour chaque type représentatif de la série considérée, le fabricant ou son mandataire établit le dossier technique visé à l'annexe VII, partie A de la directive.
- Le fabricant prend toutes les mesures nécessaires afin qu'il soit garanti, dans le processus de fabrication, que les machines fabriquées sont conformes au dossier technique, et aux exigences de la directive.

Cette procédure n'implique pas l'intervention d'un organisme notifié. Le fabricant ou son mandataire est toutefois libre de solliciter auprès d'un tiers les conseils ou l'assistance dont il a besoin pour effectuer l'évaluation de la conformité de la machine. Il peut effectuer, lui-même, les contrôles, les vérifications et les essais requis pour évaluer la conformité de la machine ou les confier à tout organisme compétent de son choix. Les rapports techniques pertinents doivent être inclus dans le fichier technique.

Il convient de remarquer qu'il n'y a pas d'organisme notifié pour les catégories de machines autres que celles visées à l'annexe IV. Les fabricants de machines non citées à l'annexe IV peuvent demander conseil ou assistance auprès d'organismes qui sont notifiés pour certaines catégories de machines visées à l'annexe IV. Dans ce cas-là cependant, l'organisme n'agit pas en tant qu'organisme notifié et ne doit pas

utiliser le numéro d'identification qui lui a été attribué par la Commission sur les documents relatifs à cette activité.

### 7.3.3 Exigences essentielles de santé et de sécurité

Le fabricant applique un principe de réduction des risques à la source tel que défini au 7.1 du présent rapport.

Le fabricant d'une machine ou son mandataire doit veiller à ce qu'une évaluation des risques soit effectuée afin de déterminer les exigences de santé et de sécurité qui s'appliquent à la machine. La machine doit ensuite être conçue et construite en prenant en compte les résultats de l'évaluation des risques.

Par le processus itératif d'évaluation et de réduction des risques visé ci-dessus, le fabricant ou son mandataire :

- Détermine les limites de la machine, comprenant son usage normal et tout mauvais usage raisonnablement prévisible,
- Recense les dangers pouvant découler de la machine et les situations dangereuses associées,
- Estime les risques, compte tenu de la gravité d'une éventuelle blessure ou atteinte à la santé et de leur probabilité,
- Évalue les risques, en vue de déterminer si une réduction des risques est nécessaire, conformément à l'objectif de la présente directive,
- élimine les dangers ou réduit les risques associés à ces dangers en appliquant des mesures de protection, selon les principes de réduction du risque à la source (voir 7.1).

Les exigences essentielles de sécurité mettent en œuvre des principes d'intégration de la sécurité selon lequel la machine doit être conçue et construite pour être apte à assurer sa fonction et pour qu'on puisse la faire fonctionner, la régler et l'entretenir sans exposer quiconque à un risque lorsque ces opérations sont effectuées dans les conditions prévues par le fabricant, mais en tenant également compte de tout mauvais usage raisonnablement prévisible.

Les mesures prises doivent avoir pour objectif de supprimer tout risque durant la durée d'existence prévisible de la machine, y compris les phases de transport, de montage, de démontage, de mise hors service et de mise au rebut.

La machine doit être conçue et construite de manière à éviter qu'elle soit utilisée de façon anormale, si un tel mode d'utilisation engendre un risque. Le cas échéant, la notice d'instructions doit attirer l'attention de l'utilisateur sur les contre-indications d'emploi de la machine qui, d'après l'expérience, pourraient se présenter.

La machine doit être conçue et construite pour tenir compte des contraintes imposées à l'opérateur par l'utilisation nécessaire ou prévisible d'un équipement de protection individuelle.

La machine doit être livrée avec tous les équipements et accessoires spéciaux essentiels pour qu'elle puisse être réglée, entretenue et utilisée en toute sécurité.

Les exigences essentielles de sécurité décrites à l'annexe I de la directive, dont le sommaire est présenté au Tableau 36, couvrent une gamme très large de dangers et d'aspects relatifs à la conception des machines.

Une part importante de ces exigences est relative aux risques mécaniques, abordés de façon générique au point 1.3 et de façon plus spécifique quant à certaines catégories de machines en sections 2 à 6.

Les risques dus à d'autres dangers sont abordés dans la section 1.5. Le point 1.5.7 traite notamment le risque d'explosion, qui nécessite une intention particulière dans le cas des systèmes à hydrogène. Mais d'autres dangers à prendre en compte font aussi l'objet d'exigences essentielles de sécurité : alimentation électrique, électricité statique, bruit, rayonnement...

<p>1.1. GÉNÉRALITÉS  1.1.1. Définitions  1.1.2. Principes d'intégration de la sécurité  1.1.3. Matériaux et produits  1.1.4. Éclairage  1.1.5. Conception de la machine en vue de sa manutention  1.1.6. Ergonomie  1.1.7. Poste de travail  1.1.8. Siège</p>	<p>1.4. CARACTÉRISTIQUES REQUISES POUR LES PROTECTEURS ET LES DISPOSITIFS DE PROTECTION  1.4.1. Exigences de portée générale  1.4.2. Exigences particulières pour les protecteurs  1.4.2.1. Protecteurs fixes  1.4.2.2. Protecteurs mobiles avec dispositif de verrouillage  1.4.2.3. Protecteurs réglables limitant l'accès  1.5. RISQUES DUS À D'AUTRES DANGERS  1.5.1. Alimentation en énergie électrique</p>	<p>2. EXIGENCES ESSENTIELLES COMPLÉMENTAIRES DE SANTÉ ET DE SÉCURITÉ POUR CERTAINES CATEGORIES DE MACHINES  2.1. MACHINES DESTINÉES À L'INDUSTRIE ALIMENTAIRE ET MACHINES DESTINÉES À L'INDUSTRIE COSMÉTIQUE OU PHARMACEUTIQUE</p>
---	--	--

<p>1.2. SYSTÈMES DE COMMANDE</p> <p>1.2.1. Sécurité et fiabilité des systèmes de commande</p> <p>1.2.2. Organes de service</p> <p>1.2.3. Mise en marche</p> <p>1.2.4. Arrêt</p> <p>1.2.4.1. Arrêt normal</p> <p>1.2.4.2. Arrêt pour des raisons de service</p> <p>1.2.4.3. Arrêt d'urgence</p> <p>1.2.4.4. Ensembles de machines</p> <p>1.2.5. Sélection des modes de commande ou de fonctionnement</p> <p>1.2.6. Défaillance de l'alimentation en énergie</p> <p>1.3. MESURES DE PROTECTION CONTRE LES RISQUES MÉCANIQUES</p> <p>1.3.1. Risque de perte de stabilité</p> <p>1.3.2. Risque de rupture en service</p> <p>1.3.3. Risques dus aux chutes, aux éjections d'objets</p> <p>1.3.4. Risques dus aux surfaces, aux arêtes ou aux angles</p> <p>1.3.5. Risques dus aux machines combinées</p> <p>1.3.6. Risques dus aux variations des conditions de fonctionnement</p> <p>1.3.7. Risques liés aux éléments mobiles</p> <p>1.3.8. Choix d'une protection contre les risques engendrés par les éléments mobiles</p> <p>1.3.8.1. Éléments mobiles de transmission</p> <p>1.3.8.2. Éléments mobiles concourant au travail</p> <p>1.3.9. Risques dus aux mouvements non commandés</p>	<p>1.5.2. Électricité statique</p> <p>1.5.3. Alimentation en énergie autre qu'électrique</p> <p>1.5.4. Erreurs de montage</p> <p>1.5.5. Températures extrêmes</p> <p>1.5.6. Incendie</p> <p>1.5.7. Explosion</p> <p>1.5.8. Bruit</p> <p>1.5.9. Vibrations</p> <p>1.5.10. Rayonnements</p> <p>1.5.11. Rayonnements extérieurs</p> <p>1.5.12. Rayonnements laser</p> <p>1.5.13. Émission de matières et de substances dangereuses</p> <p>1.5.14. Risque de rester prisonnier dans une machine</p> <p>1.5.15. Risque de glisser, de trébucher ou de tomber</p> <p>1.5.16. Foudre</p> <p>1.6. ENTRETIEN</p> <p>1.6.1. Entretien de la machine</p> <p>1.6.2. Accès aux postes de travail ou aux points d'intervention</p> <p>1.6.3. Séparation de la machine de ses sources d'énergie</p> <p>1.6.4. Intervention de l'opérateur</p> <p>1.6.5. Nettoyage des parties intérieures</p> <p>1.7. INFORMATIONS</p> <p>1.7.1. Informations et avertissements sur la machine</p> <p>1.7.1.1. Informations et dispositifs d'information</p> <p>1.7.1.2. Dispositifs d'alerte</p> <p>1.7.2. Avertissement sur les risques résiduels</p> <p>1.7.3. Marquage des machines</p> <p>1.7.4. Notice d'instructions</p> <p>1.7.4.3. Documents commerciaux</p>	<p>2.2. MACHINES PORTATIVES TENUES ET/OU GUIDÉES À LA MAIN</p> <p>2.3. MACHINES À BOIS ET MATÉRIEAUX AYANT DES CARACTÉRISTIQUES PHYSIQUES SIMILAIRES</p> <p>3. EXIGENCES ESSENTIELLES COMPLÉMENTAIRES DE SANTÉ ET DE SÉCURITÉ POUR PALLIER LES DANGERS DUS À LA MOBILITÉ DES MACHINES</p> <p>4. EXIGENCES ESSENTIELLES DE SANTÉ ET DE SÉCURITÉ COMPLÉMENTAIRES POUR PALLIER LES DANGERS DUS AUX OPÉRATIONS DE LEVAGE</p> <p>5. EXIGENCES ESSENTIELLES DE SANTÉ ET DE SÉCURITÉ COMPLÉMENTAIRES POUR LES MACHINES DESTINÉES À DES TRAVAUX SOUTERRAINS</p> <p>6. EXIGENCES ESSENTIELLES DE SANTÉ ET DE SÉCURITÉ COMPLÉMENTAIRES POUR LES MACHINES PRÉSENTANT DES DANGERS PARTICULIERS DUS AU LEVAGE DE PERSONNES</p>
---	--	---

Tableau 36 : Table des matières de l'annexe I de la directive relative aux exigences essentielles

### 7.3.4 Organismes notifiés

La liste complète des organismes notifiés au titre de la directive machines est disponible sur le site de la Commission Européenne<sup>71</sup>.

Le Tableau 37 fournit la liste des organismes français notifiés au titre de la directive « Machines ». Ces organismes proposent tous des services de mise en œuvre de la procédure d'examen CE de type (telle que décrite en Annexe IX - Art. 12 (3) (b) and (4) (a)) pour les produits spécifiques identifiés.

Nom et adresse de l'organisme	N°	Produits sur lesquels l'organisme est compétent pour la procédure d'examen CE de type <sup>72</sup>
APAVE 191, rue de Vaugirard 75015 PARIS Phone : +33/1 45 66 99 44 Fax : +33/1 45 67 90 47 Email : <a href="mailto:france@apave.com">france@apave.com</a> Website : <a href="http://www.apave.com">www.apave.com</a>	0060	10. Machines de moulage des plastiques par injection ou compression à chargement ou à déchargement manuel. 11. Machines de moulage de caoutchouc par injection ou compression à chargement ou à déchargement manuel. 13. Benches de ramassage d'ordures ménagères à chargement manuel, comportant un mécanisme de compression. 16. Ponts élévateurs pour véhicules. 17. Appareils de levage de personnes ou de personnes et d'objets, présentant un danger de chute verticale supérieure à 3 mètres.

<sup>71</sup> <https://ec.europa.eu/growth/tools-databases/nando/>

<sup>72</sup> La numérotation se réfère à la liste de produits spécifiée en annexe IV de la directive

<p>INSTITUT NATIONAL DE L'ENVIRONNEMENT INDUSTRIEL ET DES RISQUES  Parc Technologique Alata BP 2  F60550 Verneuil-en-Halatte  Phone : +33 3 44 55 66 77  Email : contact.atex@Ineris.fr  Website : www.Ineris.fr</p>	0080	<p>19. Dispositifs de protection destinés à détecter la présence de personnes.  20. Protecteurs mobiles motorisés avec dispositif de verrouillage destinés à être utilisés dans les machines mentionnées sections 9, 10 et 11.  21. Blocs logiques assurant des fonctions de sécurité.</p>
<p>DEKRA Industrial SAS  34/36 rue Alphonse Pluchet  CS60002  92227 BAGNEUX CEDEX  Phone : +33/1.55.48.21.00  Email : relationclient@dekra.com  Website : <a href="https://www.dekra-industrial.fr/">https://www.dekra-industrial.fr/</a></p>	0384	<p>9. Presses, y compris les plieuses, pour le travail à froid des métaux, à chargement et/ou à déchargement manuel dont les éléments mobiles peuvent avoir une course supérieure à 6 mm et une vitesse supérieure à 30 mm/s.</p>
<p>IRSTEA  1 rue Pierre-Gilles de Gennes CS 10030  92761 Antony Cedex  Phone : +33:1:40 96 62 20  Email : thlerry.langle@irstea.fr</p>	0388	<p>14. Dispositifs amovibles de transmission mécanique, y compris leurs protecteurs.  15. Protecteurs des dispositifs amovibles de transmission mécanique.</p>
<p>SOCOTEC Equipements  5, place des Frères Montgolfier  Guyancourt, - CS 20732 0  78182 Saint-Quentin-en-Yvelines Cedex  Phone : 01.30.12.80.00  Email : francois.corre@socotec.com  Website : www.socotec.com</p>	0744	<p>9. Presses, y compris les plieuses, pour le travail à froid des métaux, à chargement et/ou à déchargement manuel dont les éléments mobiles peuvent avoir une course supérieure à 6 mm et une vitesse supérieure à 30 mm/s.  13. Benches de ramassage d'ordures ménagères à chargement manuel, comportant un mécanisme de compression.</p>
<p>Bureau Veritas Exploitation SAS  8 cours du Triangle CS 20098  92937 Paris La Défense CEDEX   Phone : +33 (0)1 41 97 00 60  Email : bureauveritas@fr.bureauveritas.com  Website : <a href="http://www.bureauveritas.com">www.bureauveritas.com</a></p>	2681	<p>1. Scies circulaires (monolames et multilames) pour le travail du bois et des matériaux ayant des caractéristiques physiques similaires ou pour le travail de la viande et des matériaux ayant des caractéristiques physiques similaires (tous les types listés dans l'annexe IV : 1.1, 1.2, 1.3, 1.4)  2. Machines à dégauchir à avance manuelle pour le travail du bois.  3. Machines à raboter sur une face possédant par construction un dispositif d'avance intégré, à chargement et/ou à déchargement manuel pour le travail du bois.  4. Scies à ruban à chargement et/ou à déchargement manuel pour le travail du bois et des matériaux ayant des caractéristiques physiques similaires ou pour le travail de la viande et des matériaux ayant des caractéristiques physiques similaires, (tous types listés à l'annexe IV : 4.1 et 4.2)  5. Machines combinées des types visés aux sections 1 à 4 et section 7 pour le travail du bois et des matériaux ayant des caractéristiques physiques similaires.  6. Machines à tenonner à plusieurs broches à avance manuelle pour le travail du bois.  7. Toupies à axe vertical à avance manuelle pour le travail du bois et des matériaux ayant des caractéristiques physiques similaires.  17. Appareils de levage de personnes ou de personnes et d'objets, présentant un danger de chute verticale supérieure à 3 mètres.</p>

Tableau 37 : Liste des organismes notifiés au titre de la directive machine

### 7.3.5 Les normes harmonisées au titre de la directive machine

Les normes harmonisées publiées au Journal officiel de l'UE (JOUE)<sup>73</sup> au titre de la Directive Machines (2006/42/CE) sont désormais classées selon leur catégorie A, B ou C.

<sup>73</sup> Voir la liste intégrale sur <https://ec.europa.eu/growth/single-market/european-standards/harmonised-standards/>

Les normes de type A précisent les notions fondamentales, terminologie et principes de conception valables pour tous les types de machines.

Les normes de type B couvrent les aspects spécifiques de la sécurité des machines ou de types spécifiques de moyens de protection valables pour une large gamme de machines.

Les normes de type C donnent les spécifications pour une catégorie donnée de machines. La lecture de la liste des normes est ainsi facilitée. Et des explications sur l'application de chaque type de normes y sont associées.

### 7.3.5.1 Norme de type A (EN ISO 12100 :2010)

Il existe actuellement une seule norme de type A harmonisée au titre de la directive machines, la norme EN ISO 12100 : 2010 Sécurité des machines — Principes généraux de conception — Appréciation du risque et réduction du risque. L'application de cette seule norme, bien que fournissant un cadre essentiel pour l'application correcte de la directive « Machines », n'est pas suffisante pour garantir la conformité avec les exigences essentielles de santé et de sécurité de la directive et ne fournit pas une présomption complète de conformité.

La Norme internationale EN ISO 12100:2010 spécifie la terminologie de base, les principes et une méthodologie en vue d'assurer la sécurité dans la conception des machines. Elle spécifie les principes de l'appréciation du risque et de la réduction du risque pour aider les concepteurs à atteindre cet objectif. Des procédures sont décrites pour identifier les phénomènes dangereux, et estimer et évaluer les risques au cours des phases pertinentes du cycle de vie des machines, ainsi que pour supprimer les phénomènes dangereux ou arriver à réduire suffisamment les risques. Le chapitre 6 de la norme traite ainsi de divers principes de réduction du risque, par des mesures de prévention intrinsèques, par des mesures de protection et des mesures de prévention complémentaires et par des mesures d'information de l'utilisateur.

Des lignes directrices sont fournies sur la documentation et la vérification du processus d'appréciation du risque et de réduction du risque.

La Norme internationale EN ISO 12100 : 2010 est également destinée à servir de document de base pour l'élaboration des normes de sécurité de type B ou de type C.

Elle ne traite pas des risques et/ou des dommages causés aux animaux domestiques, aux biens ou à l'environnement.

#### Stratégie d'appréciation du risque et de réduction du risque

Pour mettre en œuvre une appréciation du risque et une réduction du risque, le concepteur doit accomplir les actions suivantes, dans l'ordre donné (voir Figure 21) :

- a) déterminer les limites de la machine, qui incluent l'utilisation normale et tout mauvais usage raisonnablement prévisible ;
- b) identifier les phénomènes dangereux et les situations dangereuses qui leur sont liées ;
- c) estimer le risque pour chacun des phénomènes dangereux et situations dangereuses identifiés ;
- d) évaluer le risque et prendre des décisions quant à la nécessité de le réduire ;
- e) supprimer le phénomène dangereux, ou réduire le risque qui lui est associé, en prenant des mesures de prévention.

Les actions a) à d) ont trait à l'appréciation du risque et l'action e) à la réduction du risque.

L'appréciation du risque consiste en une série d'étapes logiques qui permet d'analyser et d'évaluer, de façon systématique, les risques associés à la machine.

L'appréciation du risque est suivie, chaque fois qu'il le faut, de la réduction du risque. L'itération de ce processus peut être nécessaire pour éliminer des phénomènes dangereux, autant qu'il est possible de le faire, et pour la mise en œuvre de mesures de prévention pour réduire les risques.

Il est admis que, si aucune mesure de prévention n'est appliquée, la présence d'un phénomène dangereux sur une machine entraînera tôt ou tard un dommage. Des exemples de phénomènes dangereux sont donnés à l'Annexe B de la norme.

Les mesures de prévention sont la combinaison des mesures appliquées par le concepteur et par l'utilisateur. Les mesures qui peuvent être intégrées au stade de la conception sont préférables à celles qui sont appliquées par l'utilisateur et elles se révèlent généralement plus efficaces.

L'objectif est d'obtenir la plus grande réduction possible du risque en tenant compte des quatre facteurs ci-dessous :

- La sécurité de la machine pendant toutes les phases de son cycle de vie ;
- L'aptitude de la machine à accomplir sa fonction ;
- La commodité d'emploi de la machine ;
- Le coût de la réalisation, de l'exploitation et du démantèlement de la machine.

Pour appliquer au mieux ces principes, il est nécessaire de connaître l'utilisation de la machine, l'historique des accidents et les données enregistrées en ce qui concerne la santé, les techniques de réduction du risque disponibles et le cadre législatif et réglementaire dans lequel la machine est destinée à être utilisée. Une conception de machine acceptable à un moment donné peut cesser de l'être lorsque le progrès technique permet de concevoir une machine équivalente présentant un risque plus faible. Les mesures de maîtrise des risques retenues doivent avoir une efficacité et une fiabilité adaptée aux objectifs de réduction du risque. La norme *EN ISO 13849-1:2008 Sécurité des machines — Parties des systèmes de commande relatives à la sécurité — Partie 1: Principes généraux de conception* fournit le cadre méthodologique à appliquer pour s'en assurer.

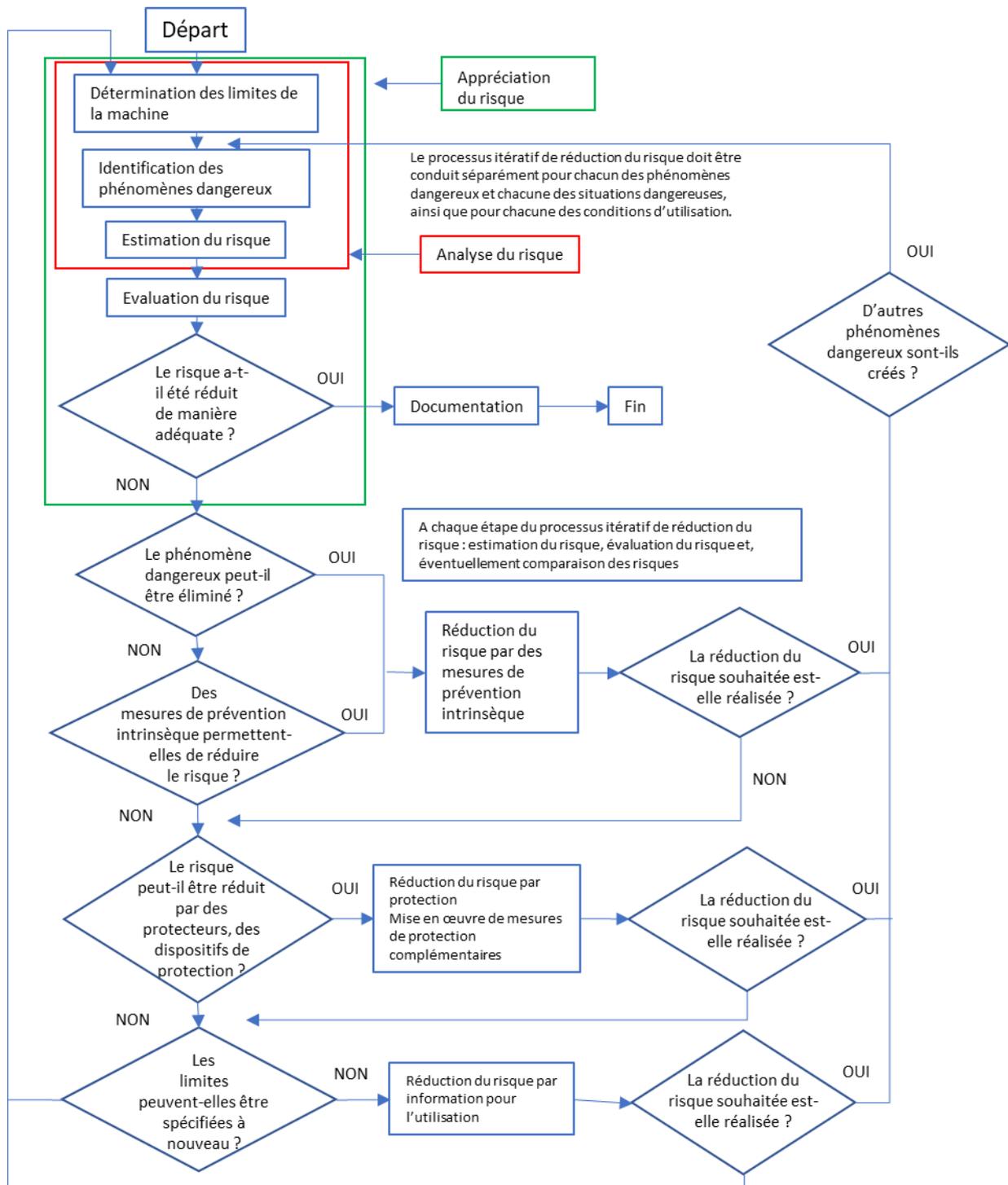


Figure 21 : Représentation schématique du processus de réduction du risque comprenant une méthode itérative en trois étapes (selon EN ISO 12100:2010)

### 7.3.5.2 Normes de type B

Les normes de type B traitent d'aspects spécifiques de la sécurité des machines ou de types spécifiques de moyens de protection valables pour une large gamme de machines. L'application des spécifications des normes de type B confère une présomption de conformité avec les exigences essentielles de la directive « Machines » qu'elles couvrent lorsqu'une norme de type C ou l'évaluation des risques du fabricant montre qu'une solution technique spécifiée par la norme de type B est adéquate pour la catégorie particulière ou le modèle particulier de machine concernée. L'application des normes de type B qui comportent des spécifications pour les composants de sécurité qui sont mis isolément sur le marché confère une présomption de conformité aux composants de sécurité concernés pour les exigences essentielles de santé et de sécurité couvertes par ces normes<sup>74</sup>.

Référence	Titre
EN 614-1:2006+A1:2009	Sécurité des machines — Principes ergonomiques de conception — Partie 1: Terminologie et principes généraux
EN 614-2:2000+A1:2008	Sécurité des machines — Principes ergonomiques de conception — Partie 2: Interactions entre la conception des machines et les tâches du travail
EN 981:1996+A1:2008	Sécurité des machines — Système de signaux auditifs et visuels de danger et d'information
EN 1037:1995+A1:2008	Sécurité des machines — Prévention de la mise en marche intempestive
EN 1127-1:2011	Atmosphères explosives — Prévention de l'explosion et protection contre l'explosion — Partie 1: Notions fondamentales et méthodologie
EN ISO 19353 :2019	Sécurité des machines — Prévention et protection contre l'incendie
EN ISO 13849-1:2008 <sup>75</sup>	Sécurité des machines — Parties des systèmes de commande relatives à la sécurité — Partie 1: Principes généraux de conception
NF EN ISO 13849-2 : 2012	Sécurité des machines - Parties des systèmes de commande relatives à la sécurité - Partie 2 : validation
EN ISO 13850:2015	Sécurité des machines - Fonction d'arrêt d'urgence - Principes de conception
EN 15967:2011	Détermination de la pression maximale d'explosion et de la vitesse maximale de montée en pression des gaz et des vapeurs
Projet de norme harmonisée : PR NF EN IEC 62061 :2019	Sécurité des machines – Sécurité fonctionnelle des systèmes de commande relatifs à la sécurité
Guide IEC 62016-1 (ISO/TR 23849)	Lignes directrices relatives à l'application de l'ISO 13849-1 et de la CEI 62061 dans la conception des systèmes de commande des machines relatifs à la sécurité

Tableau 38 : Exemples de normes de type B pertinentes pour les systèmes H2

La norme EN ISO 13849-1 fournit des exigences de sécurité et des conseils relatifs aux principes de conception et d'intégration des parties des systèmes de commande relatives à la sécurité (SRP/CS) incluant la conception du logiciel. Pour ces parties, elle spécifie les caractéristiques, incluant le niveau de performance requis, pour réaliser ces fonctions de sécurité.

Elle s'applique aux parties de systèmes de commande relatives à la sécurité pour le mode de demande élevée et le mode continu, indépendamment du type de technologie et d'énergie utilisé (électrique, hydraulique, pneumatique mécanique, etc.), quelques soient les machines. Le mode de demande élevée ou mode continu est mode de fonctionnement dans lequel la fréquence de sollicitation d'une SRP/CS est

<sup>74</sup> DÉCISION D'EXÉCUTION (UE) 2019/436 DE LA COMMISSION du 18 mars 2019 relative aux normes harmonisées concernant les machines élaborées à l'appui de la directive 2006/42/CE du Parlement européen et du Conseil.

<sup>75</sup> Un nouveau projet de révision de cette norme a été publié en 2020 : PR EN ISO 13849-1(2020-08-03) Projet de révision d'une norme : Sécurité des machines - Parties des systèmes de commande relatives à la sécurité - Partie 1 : Principes généraux de conception

supérieure à une par an ou dans lequel la fonction de commande relative à la sécurité maintient la machine en état sûr dans le cadre du fonctionnement normal.

Elle ne spécifie pas quelles fonctions de sécurité et quels niveaux de performance doivent être utilisés dans un cas particulier.

Elle fournit des exigences spécifiques pour les SRP/CS utilisant un (des) système(s) électronique(s) programmable(s).

Elle ne donne pas d'exigences spécifiques pour la conception de composants intégrés dans les SRP/CS. Néanmoins, les principes donnés, tels que les catégories ou les niveaux de performance, peuvent être utilisés.

### Objectifs de sécurité lors de la conception

Les SRP/CS doivent être conçues et construites de sorte que les principes de l'ISO 12100 soient pleinement pris en compte (voir Figure 22). Toute utilisation prévue et tout mauvais usage raisonnablement prévisible doivent être considérés.

L'objectif de la procédure générale de conception de la machine vise à atteindre les objectifs de réduction de sécurité. La SRP/CS assure une (des) fonction(s) de sécurité à un niveau de performance (PL) qui permet d'atteindre la réduction du risque requise. La conception de la SRP/CS pour obtenir la réduction du risque requise fait partie intégrante de la procédure générale de conception de la machine. Il s'agit d'un processus itératif qui articule la démarche d'appréciation/réduction du risque décrite en Figure 22, au cours de laquelle sont identifiées les fonctions de sécurité qui vont devoir être assurées par des SRP/CS, et la conception de la SRP/CS.

Pour chaque fonction de sécurité, les caractéristiques et les niveaux de performance requis (PLr) déterminés dans le cadre de l'appréciation des risques, doivent être précisés et documentés dans la spécification sur la sécurité. L'Annexe A de la norme fournit des lignes directrices pour la détermination des niveaux de performance requis (PLr).

Dans l'ISO 13849-1, les niveaux de performance sont définis en termes de probabilité de défaillance dangereuse par heure. Cinq niveaux sont définis, du plus faible « a » au plus élevé « e », basés sur une gamme de probabilités de défaillance dangereuse par heure (voir Tableau 39).

Afin d'atteindre un PL, il est également nécessaire de satisfaire, en plus des aspects quantifiables, à des exigences relatives aux aspects qualitatifs du PL.

PL	Probabilité moyenne de défaillance dangereuse par heure (PFHD) 1/h
a	$\geq 10^{-5}$ à $< 10^{-4}$
b	$\geq 3 \times 10^{-6}$ à $< 10^{-5}$
c	$\geq 10^{-6}$ à $< 3 \times 10^{-6}$
d	$\geq 10^{-7}$ à $< 10^{-6}$
e	$\geq 10^{-8}$ à $< 10^{-7}$

Tableau 39 : Niveaux de performance (PL) tels que définis dans la norme EN ISO 13849-1

Cette norme *EN ISO 13849-1* applique une démarche assez proche de celle développée dans la *CEI 62061 Sécurité des machines – Sécurité fonctionnelle des systèmes de commande E/E/PE relatifs à la sécurité fonctionnelle*, ces deux normes étant centrées sur la sécurité des machines. Cette dernière norme est directement apparentée à la norme *CEI 61508 Sécurité fonctionnelle des systèmes E/EE/PE relatifs à la sécurité* et s'appuie sur le concept de niveau d'intégrité de sécurité (SIL) légèrement différent du concept de niveau de performance, même si des correspondances entre les deux systèmes existent. Elles sont présentées dans la norme *CEI 62061*. Des liens existent aussi avec la norme *CEI 61511 Sécurité fonctionnelle – systèmes instrumentés de sécurité pour le secteur des industries de transformation*, qui traite de sécurité process.

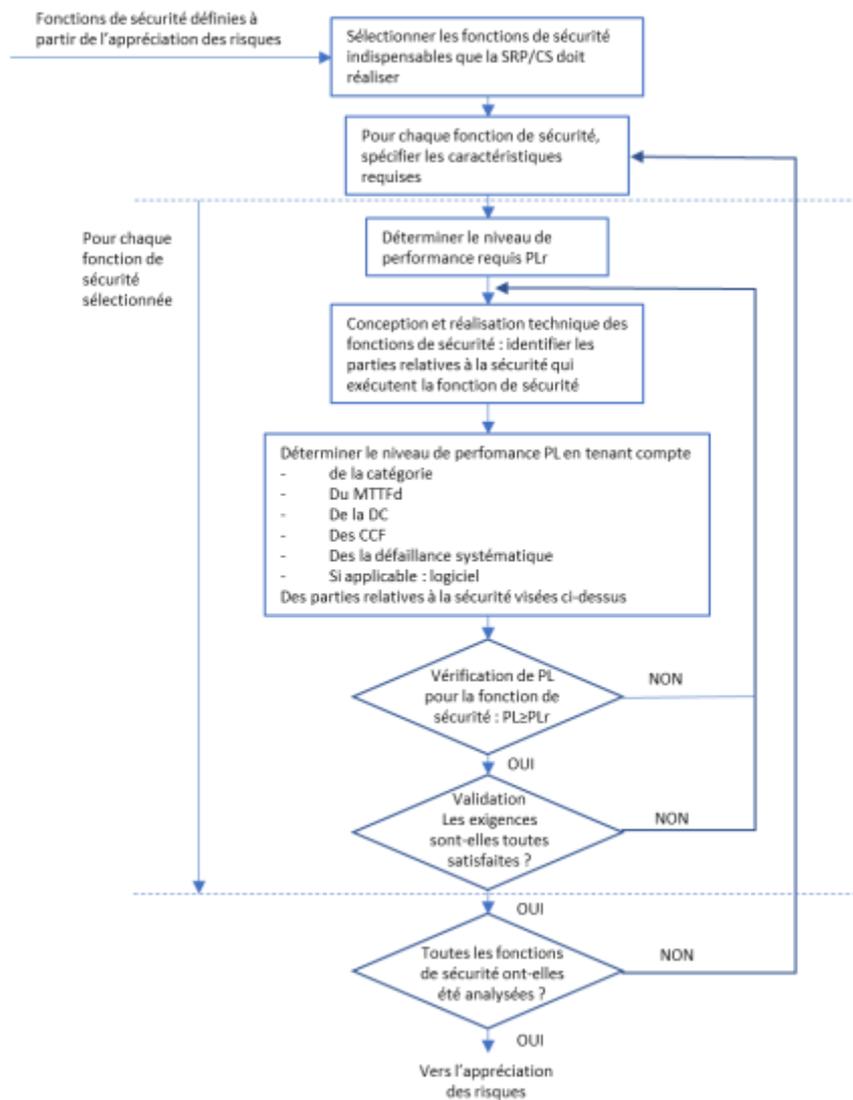


Figure 22 : Processus itératif pour la conception de parties des systèmes de commande relatives à la sécurité (SRP/CS) (EN ISO 13849-2)

### 7.3.5.3 Normes de type C

Les normes de type C fournissent des spécifications pour une catégorie donnée de machines. Les différents types de machines appartenant à la catégorie couverte par une norme de type C ont un usage prévu similaire et présentent des dangers similaires. Les normes de type C peuvent faire référence aux normes de type A ou B en précisant les spécifications de la norme de type A ou de type B qui sont applicables à la catégorie de machines concernées. Lorsque, pour un aspect donné de la sécurité des machines, une norme de type C s'écarte des spécifications d'une norme de type A ou B, les spécifications de la norme de type C prévalent sur celles des types A ou B. L'application des prescriptions d'une norme de type C sur la base de l'évaluation des risques faite par le fabricant confère une présomption de conformité de la machine concernée aux exigences essentielles de santé et de sécurité de la directive « Machines » couvertes par la norme. Certaines normes de type C se composent de plusieurs parties successives, la partie 1 énonçant les prescriptions générales valables pour une famille de machines. Les autres parties de la norme fournissent des spécifications qui complètent ou modifient les spécifications générales de la partie 1 pour des catégories particulières de machines appartenant à la famille en cause. Pour les normes de type C qui sont organisées de cette manière, la présomption de conformité aux exigences essentielles de la directive « Machines » est conférée par l'application cumulée de la partie générale 1 et de la partie spécifique pertinente de la norme.

Référence	Titre
EN 1012-3:2013	Compresseurs et pompes à vide — Prescriptions de sécurité — Partie 3: Compresseurs de procédé
EN 1175-1:1998+A1:2010	Sécurité des chariots de manutention — Prescriptions électriques — Partie 1: Prescriptions générales des chariots alimentés par batterie
EN 1755:2000+A2:2013	Sécurité des chariots de manutention — Fonctionnement en atmosphères explosibles — Utilisation dans des atmosphères inflammables dues à la présence de gaz, de vapeurs, brouillards ou poussières inflammables
EN 60204-1:2006	Sécurité des machines — Equipement électrique des machines — Partie 1: Règles générales
EN 60204-11:2000	Sécurité des machines — Equipement électrique des machines — Partie 11: Prescriptions pour les équipements HT fonctionnant à des tensions supérieures à 1 000 V c.a. ou 1 500 V c.c. et ne dépassant pas 36 kVIEC 60204-11:2000

Tableau 40 : Exemples de normes de type C

### 7.3.6 Prise en compte du risque d'explosion dans le cadre de la directive machines

Conformément à l'article 3 de la directive « Machines », la directive ATEX s'applique, pour le danger d'explosion, aux machines destinées à être utilisées en atmosphères explosibles. A l'inverse, une machine qui ne serait pas destinée à être utilisée en atmosphère explosive mais qui présenterait un risque d'explosion interne du fait de la formation d'un mélange explosible à l'intérieur de la machine n'entre pas dans le cadre de la directive ATEX mais uniquement de la directive machine. A ce titre, à moins que la machine entre dans le champ de l'annexe IV, cet aspect est traité sous la seule responsabilité du fabricant sans intervention d'un organisme notifié. Il est recommandé que le fabricant soit accompagné par un organisme compétent pour analyser le risque correspondant et identifier les dispositifs et dispositions à mettre en œuvre pour maîtriser ce risque.

Un fabricant de machines peut incorporer des équipements, des systèmes de protection ou des composants ATEX qui ont déjà été mis sur le marché afin d'éviter le risque d'explosion dans certaines parties de la machine. Cette solution devrait être privilégiée par rapport au développement de solutions spécifiques. Dans ce cas, la déclaration CE de conformité de la machine ne doit pas faire référence à la directive ATEX, mais les déclarations CE de conformité des équipements, des systèmes ou des composants ATEX incorporés dans la machine doivent être reprises dans le dossier technique du fabricant de la machine.

La prévention du risque d'explosion implique une combinaison des actions suivantes :

- Éviter l'accumulation de mélanges explosifs dans les zones situées dans ou autour de la machine en évitant les matériaux et substances inflammables ou en maintenant en permanence leur concentration dans l'air à des valeurs se situant en dehors des limites d'explosion inférieures ou supérieures ;
- Éviter la présence de sources d'inflammation dans des zones dangereuses ;
- Réduire la concentration d'oxygène dans les zones dangereuses (dans la mesure où ceci ne donne pas lieu à un risque additionnel pour les personnes).

Lorsque le risque d'explosion ne peut être complètement empêché, des mesures de protection complémentaires doivent être prises afin de limiter les conséquences d'une explosion. Il peut s'agir, par exemple, d'une conception à l'épreuve des explosions, de l'installation de dispositifs de décompression (événements), de l'installation de systèmes automatiques de détection et de suppression des explosions ou de dispositifs visant à prévenir la propagation des flammes et l'explosion.

La norme EN 1127-1 contient des spécifications générales concernant l'évaluation, la prévention et la protection contre le risque d'explosion.

## 7.4 Directive ATEX (2014/34/UE)

### 7.4.1 Présentation générale de la directive

La directive 2014/34/UE du parlement européen et du conseil du 26 février 2014, dite directive ATEX, concerne les appareils et les systèmes de protection destinés à être utilisés en atmosphères explosibles. La directive 2014/34/UE a remplacé le 20 avril 2016 la directive ATEX 94/9/CE qui est dorénavant abrogée. Une « atmosphère explosive » est, selon la définition de la directive, un mélange avec l'air, dans les conditions atmosphériques, de substances inflammables sous forme de gaz, vapeurs, brouillards ou poussières, dans lequel, après inflammation, la combustion se propage à l'ensemble du mélange non brûlé ;

Une « atmosphère explosible », est une atmosphère susceptible de devenir explosive par suite des conditions locales et opérationnelles. En pratique la notion d'atmosphère explosible correspond à un emplacement où une atmosphère explosive est susceptible de se former dans certaines conditions.

La directive s'applique aux produits suivants :

- a) appareils et systèmes de protection destinés à être utilisés en atmosphères explosibles ;
- b) dispositifs de sécurité, de contrôle et de réglage destinés à être utilisés en dehors d'atmosphères explosibles mais qui sont nécessaires ou qui contribuent au fonctionnement sûr des appareils et systèmes de protection au regard des risques d'explosion ;
- c) composants, destinés à être intégrés dans des appareils et des systèmes de protection visés au point a).

En revanche, elle ne concerne pas les dispositifs médicaux, les équipements destinés à un usage domestique, les équipements de protection individuelle relevant de la directive 89/696/CEE (remplacée par le règlement UE 2016/425), aux navires de mer et unités mobiles off-shore et aux équipements à bord, aux moyens de transport de personnes ou marchandises dans les airs, sur route, rail et eau sauf s'ils sont par vocation destinés à être utilisés en atmosphère explosive, aux armes militaires.

Tous les appareils électriques ou non-électriques (mécanique, pneumatique, hydraulique ...) sont concernés par cette directive pour autant qu'ils aient une source propre d'inflammation. Tout système électrique est a priori considéré comme une source d'inflammation propre. Les systèmes non-électriques peuvent être source d'inflammation si certains de leurs organes présentent un risque de frottement, de choc, de température élevée... La norme 1127-1 fournit une liste exhaustive des sources d'inflammation sur lesquelles on peut se baser pour déterminer si un système est concerné par la directive ATEX. Le cas des sources d'inflammation d'origine électrostatique est particulier dans la mesure où un équipement ne présentant que les étincelles électrostatiques comme source d'inflammation potentielle ne sera pas considéré comme entrant dans le champ de la directive ATEX.

La directive ATEX 2014/34/UE a été transposée dans le droit français aux articles R. 557-1-1 à R. 557-5-5 et R. 557-7-1 à R. 557-7-9 du Code de l'Environnement.

Concernant les systèmes à hydrogène, l'atmosphère explosive potentiellement présente est souvent issue de l'appareil lui-même, notamment si des fuites sont envisageables. L'atmosphère explosive est alors constituée d'un mélange d'air et d'hydrogène. Mais il est possible aussi que le système soit lui-même destiné à être utilisé au sein d'un emplacement où une atmosphère explosive provenant d'un autre procédé est susceptible de se former. Par exemple, un composant destiné à être mis en œuvre dans une station-service peut se trouver exposé à une atmosphère explosive formée par d'autres carburants distribués par cette station.

Si l'atmosphère explosive ne se forme qu'à l'intérieur du système et n'est pas susceptible de s'étendre à l'extérieur alors, le système en lui-même n'est pas destiné à être utilisé dans un emplacement où peut se former une atmosphère explosive. La directive ATEX ne s'applique donc pas au système en tant que tel. En revanche, le fabricant demeure responsable de la sécurité de son produit. Il doit donc s'assurer que les éléments qui le composent et qui sont susceptibles d'être exposés à une atmosphère explosive interne sont bien conformes aux exigences essentielles de la directive ATEX. Lorsque le système relève de la directive machine, la maîtrise du risque d'explosion est un point essentiel de conformité aux exigences essentielles de la directive. La maîtrise du risque d'explosion au sein du système relève de la directive machine.

### 7.4.2 Exigences essentielles de sécurité

Les appareils et systèmes de protection prévus pour être utilisés en atmosphère explosible doivent être conçus dans l'optique de la sécurité intégrée contre les explosions.

Le fabricant doit à cet effet prendre des mesures pour :

- éviter en priorité, si possible, que les appareils et les systèmes de protection ne produisent ou ne libèrent des atmosphères explosives eux-mêmes,
- empêcher l'inflammation d'atmosphères explosives en tenant compte de la nature de chaque source d'inflammation, électrique ou non électrique,
- dans le cas où se produirait malgré tout une explosion susceptible de mettre en danger des personnes et, le cas échéant, des animaux domestiques ou des biens par un effet direct ou indirect, l'arrêter immédiatement et/ou limiter la zone affectée par les flammes et les pressions résultant d'une explosion à un niveau de sécurité suffisant.

La directive définit deux groupes d'appareils en fonction de leur domaine d'utilisation : les appareils du groupe I sont les appareils destinés aux travaux souterrains des mines et aux parties de leurs installations de surface, susceptibles d'être mis en danger par le grisou et/ou des poussières combustibles. Les appareils du groupe II sont les appareils destinés à être utilisés dans d'autres lieux susceptibles d'être mis en danger par des atmosphères explosives. Nous ne traitons dans ce guide que du cas des appareils du groupe II, auquel sont susceptibles d'appartenir a priori la plupart des systèmes à hydrogène stationnaires. Les appareils du groupe II sont eux-mêmes répartis en trois catégories, 1, 2 et 3 en fonction du type d'emplacement dans lesquels ils sont destinés à opérer.

Catégorie selon la directive ATEX 2014/34/UE	Catégorie 1	Catégorie 2	Catégorie 3
<b>Emplacement</b>	Emplacements où des ATEX sont présentes constamment, ou pour une longue période, ou fréquemment	Emplacements où des ATEX se manifesteront probablement	ATEX ayant une faible probabilité de se manifester et ne subsistant que pour une courte période
<b>(Type de zone selon la directive ATEX 1999/92/CE)</b>	(Zone 0 ou 20)	(Zone 1 ou 21)	(Zone 2 ou 22)
<b>Protection assurée</b>	même dans le cas d'un dérangement rare de l'appareil (2 moyens indépendants d'assurer la protection ou la sécurité, même lorsque 2 défaillances se produisent indépendamment l'une de l'autre)	même dans le cas de dérangement fréquent ou des défauts de fonctionnement des appareils dont il faut habituellement tenir compte	lors d'un fonctionnement normal

Tableau 41 : Correspondance entre catégories de matériel et type d'emplacement

### 7.4.3 Normes harmonisées

Les normes harmonisées<sup>76</sup> prises en application de la directive 2014/34/UE, de la série EN 60079 définissent différents modes de protection permettant de répondre aux exigences essentielles de sécurité de la directive pour les équipements électriques. La correspondance entre les divers modes de protection et les zones où ils peuvent être employés est donnée dans le Tableau 42. Le principe de fonctionnement des modes de protection est décrit dans le Tableau 43.

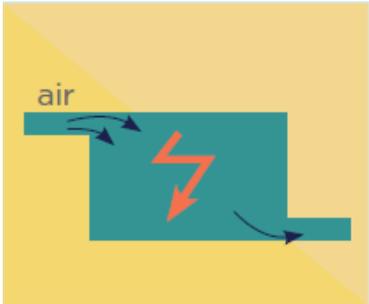
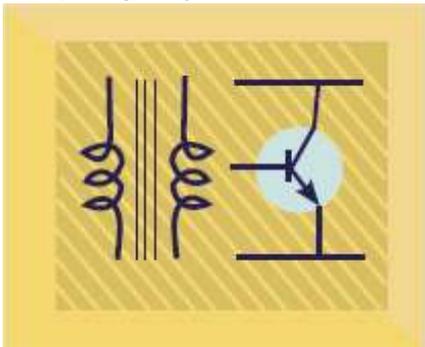
La série de normes EN 13463 est consacrée aux équipements non électriques destinés à être utilisés en atmosphère explosible. Les dispositifs de sécurité sont aussi couverts par des normes spécifiques, notamment la norme EN 14994 : 2007 concernant les systèmes de protection contre les effets d'explosion de gaz par évent ou la norme EN 15089 relative aux systèmes d'isolation d'explosion. Les détecteurs de gaz doivent être conformes aux normes de la série EN 60079-29.

PRINCIPE	CODE		NORME IEC/EN		ZONE	
	Gaz	Poussières	Gaz	Poussières	Gaz	Poussières
Règles générales	-	-	60079-0	60079-0	-	-
Enveloppe antidéflagrante	da/db/dc	-	60079-1		0/1/2	-

<sup>76</sup> Voir la liste intégrale sur <https://ec.europa.eu/growth/single-market/european-standards/harmonised-standards/>

Surpression interne	pxb/pyb/ pzc	pxb/pyb/ pzc	60079-2	60079-2	1/2	21/22
Remplissage pulvérulent	q	-	60079-5		1/2	-
Immersion dans l'huile	o	-	60079-6		1/2	-
Sécurité augmentée	eb/ec	-	60079-7		1/2	-
Sécurité intrinsèque	ia/ib/ic	ia/ib/ic	60079-11	60079-11	0/1/2	20/21/22
Non étincelant	nA	-	60079-15		2	-
Energie limitée	nL				2	-
Respiration limitée	nR				2	-
Dispositif scellé	nC				2	-
Encapsulage	ma/mb/m c	ma/mb/m c	60079-18	60079-18	0/1/2	20/21/22
Protection par enveloppe	-	ta/tb/tc	-	60079-31	-	20/21/22

Tableau 42 : Correspondance entre les modes de protection et les zones pour les équipements électriques

	Modes de protection	Principe
Suppression de l'atmosphère explosive	<b>Surpression interne – symbole (p)</b> 	La pénétration d'une atmosphère environnante à l'intérieur de l'enveloppe du matériel électrique est empêchée par le maintien, à l'intérieur de ladite enveloppe, d'un gaz de protection à une pression supérieure à celle de l'atmosphère environnante.
	<b>Immersion dans l'huile – symbole (o)</b> 	Le matériel électrique est immergé dans l'huile de telle sorte qu'une atmosphère explosive se trouvant au-dessus du niveau de l'huile ou à l'extérieur de l'enveloppe ne puisse pénétrer et donc s'enflammer.
	<b>Encapsulage – symbole (m)</b> 	Les pièces qui pourraient enflammer une atmosphère explosive par des étincelles ou par des échauffements sont enfermées dans une résine de telle manière que cette atmosphère explosive ne puisse être enflammée ou pénétrer et donc s'enflammer

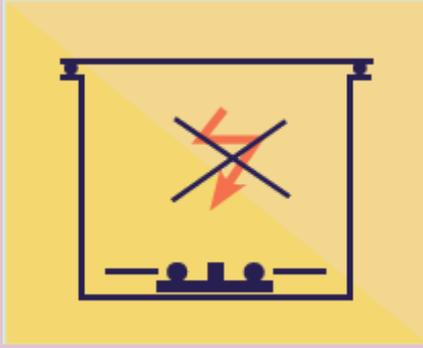
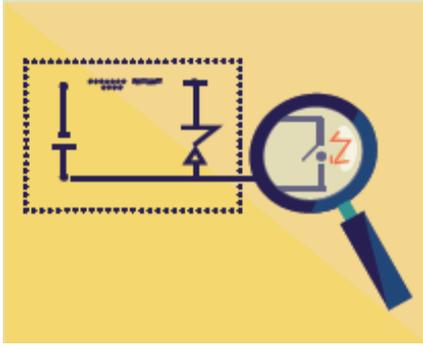
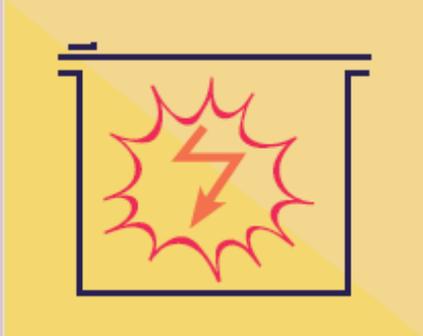
Suppression de la source d'inflammation	<p>Sécurité augmentée – symbole (e)</p> 	<p>Mode de protection consistant à appliquer des mesures afin d'éviter, avec un coefficient de sécurité élevé, la possibilité de températures excessives et l'apparition d'arcs ou d'étincelles à l'intérieur et sur les parties externes du matériel électrique.</p>
	<p>Sécurité intrinsèque – symbole (i)</p> 	<p>Un circuit de sécurité intrinsèque est un circuit dans lequel aucune étincelle ni aucun effet thermique, produit dans les conditions d'épreuve prescrites par la norme, n'est capable de provoquer l'inflammation d'une atmosphère explosive donnée.</p>
Non-propagation de l'inflammation	<p>Enveloppe antidéflagrante – symbole (d)</p> 	<p>Les pièces qui peuvent enflammer une ATEX sont enfermées dans une enveloppe qui résiste à la pression développée lors d'une explosion interne d'un mélange explosif et qui empêche la transmission de l'explosion à l'atmosphère environnante de l'enveloppe.</p>
	<p>Remplissage pulvérulent – symbole (q)</p> 	<p>Les parties susceptibles d'enflammer une atmosphère explosive sont en position fixe et sont complètement noyées dans un matériau de remplissage de telle sorte que l'inflammation d'une atmosphère explosive environnante soit empêchée.</p>

Tableau 43 : Modes de protection pour la prévention de l'inflammation d'ATEX

En plus des modes de protection de chaque type d'appareil, l'installation du matériel électrique en zone ATEX doit obéir à des règles strictes définies en particulier par la norme EN 60079-14 et, en France la norme NF C 15-100 afin de ne pas dégrader le niveau de protection apporté par l'appareil. L'inspection et l'entretien doivent suivre les exigences de la norme EN 60079-17. Les réparations doivent être faites selon la norme CEI 60079-19.

#### 7.4.4 Lien avec la directive 1999/92/CE et la directive machines

Les appareils de catégorie 1, 2 et 3 sont destinés à être utilisés dans des emplacements où une atmosphère explosive est susceptible de se former. Chaque catégorie d'appareil correspond à un niveau de probabilité que l'ATEX soit présente dans son environnement. Dans le cadre de la maîtrise des risques au poste de travail, l'identification et le classement (en zones 0, 20, 1, 21, 2 ou 22) de ces emplacements est de la responsabilité de l'employeur en application de la directive 1999/92/CE concernant les prescriptions minimales visant à améliorer la protection en matière de sécurité et de santé des travailleurs susceptibles d'être exposés au risque d'atmosphères explosives.

Il est couramment admis que la directive 1999/92/CE ne s'applique pas à l'intérieur des machines. Les emplacements dangereux à l'intérieur des machines ne sont donc pas classés en zones au titre de cette directive. Les principes d'évaluation de la possibilité de présence d'une atmosphère explosive sont néanmoins applicables pour identifier, dans le cadre de l'analyse de risque machine, les emplacements où une telle ATEX pourrait être présente en fonctionnement normal en permanence ou occasionnellement et ceux où elle pourrait se présenter seulement en cas de dysfonctionnement. Sur la base de cette évaluation, des composants conformes aux exigences de la directive 2014/34/UE doivent être sélectionnés.

La norme EN 60079-10-1<sup>77</sup> fournit le cadre méthodologique pour l'évaluation des risques et le classement de zones ATEX. La démarche consiste à identifier d'abord les sources de dégagement (fuite) de gaz inflammable, à évaluer le débit de fuite, les conditions de ventilation permettant de diluer localement la fuite et d'éviter l'accumulation d'ATEX. Sur la base de ces éléments, la norme propose des critères pour définir le type de zone à retenir et des abaques pour déterminer l'étendue de ces zones. L'emploi des modèles de la norme EN 60079-10-1 n'est pas obligatoire. Dans certains cas, il peut être pertinent d'utiliser des outils de modélisation plus élaborés pour déterminer l'étendue des zones dangereuses ou les conditions de ventilation. De même, la norme EN 60079-10-1 ne tient pas compte de certains dispositifs couramment utilisés dans la prévention des risques d'explosion, notamment les détecteurs de gaz associés à des automatismes. L'application des seuls critères de classement décrits dans les annexes informatives de la norme EN 60079-10-1 peut donc conduire à un classement de zone sévère au regard de la réalité du risque si de tels dispositifs sont employés. Une étude approfondie du procédé valorisant la mise en place de dispositifs et mesures de prévention de la formation d'ATEX peut permettre de réduire significativement l'étendue des emplacements classés ou la sévérité du classement. Elle doit être conduite par du personnel compétent formé à la démarche d'évaluation des risques d'explosion d'atmosphère explosive et ayant une bonne compréhension du procédé mis en œuvre et des avantages et limites des dispositifs de sécurité retenus.

#### 7.4.5 Evaluation de la conformité

Les procédures à suivre pour évaluer la conformité des appareils du groupe II et des dispositifs de protection sont récapitulées dans la Figure 23.

---

<sup>77</sup> La version actuellement en vigueur de la norme européenne est l'EN 60079-10-1:2016. Il s'agit d'une transcription de la norme IEC 60079-10-1:2015. Une nouvelle version de la norme IEC a été publiée en décembre 2020 : IEC 60079-10-1:2020. Elle n'a pas encore été adoptée au niveau européen.

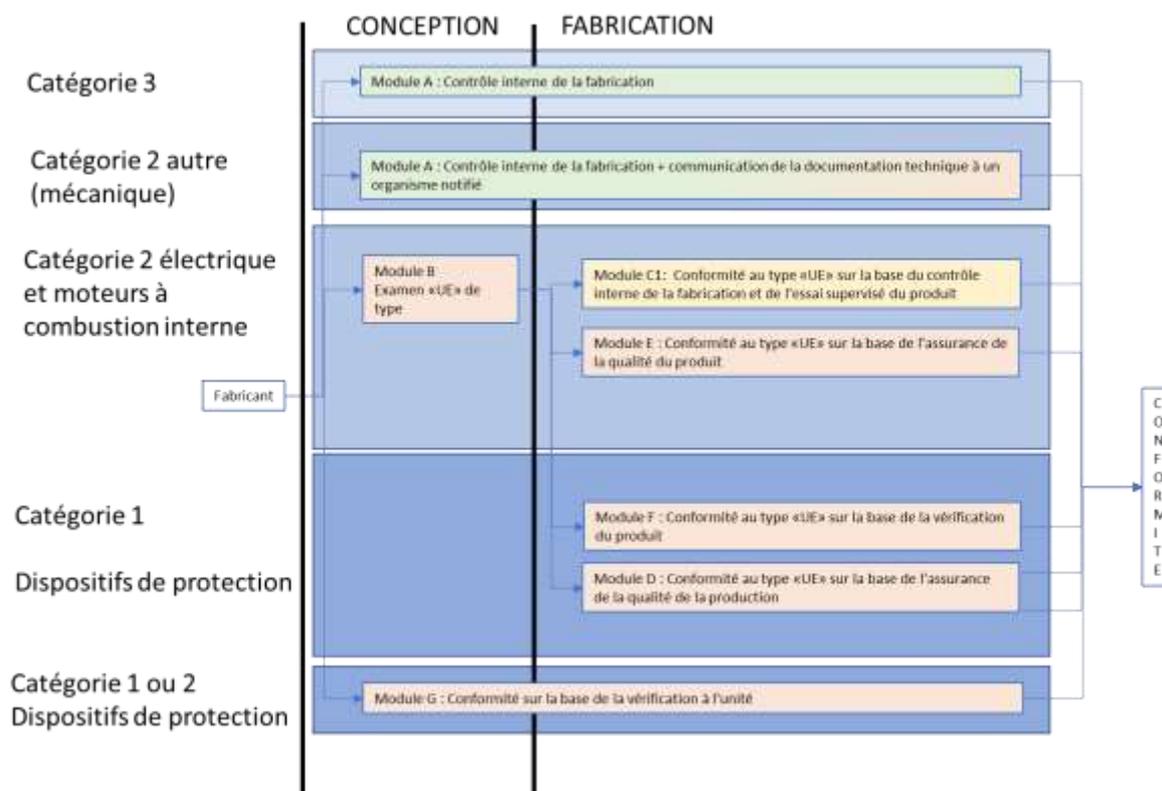


Figure 23 : Modules d'évaluation de la conformité applicables dans le cadre de la directive ATEX (voir la description des modules au § 6.8)

### 7.4.6 Conformité des ensembles

Dans de nombreux cas, le fabricant d'un système à hydrogène destiné à être utilisé en atmosphère explosive va assembler des composants eux-mêmes certifiés pour être utilisés en atmosphère explosive. Se pose alors la question de la nécessité de faire certifier cet assemblage d'appareils certifiés individuellement.

Le guide d'application de la directive 2014/34/UE répond à cette question.

Dans le cas d'un ensemble composé de différents équipements conformes tels que définis par la directive 2014/34 / UE, qui ont été précédemment mis sur le marché par différents fabricants après avoir été soumis à une évaluation de conformité appropriée, marquage CE, etc., le fabricant de l'ensemble peut présumer la conformité de ces équipements et peut limiter sa propre évaluation des risques de l'ensemble aux inflammations supplémentaires et autres dangers pertinents (tels que définis à l'annexe II) qui deviennent pertinents en raison de la combinaison finale.

Le fabricant doit donc effectuer une analyse de risques d'inflammation pour vérifier que l'assemblage n'a pas introduit des risques d'inflammation supplémentaires. S'il existe des risques d'inflammation supplémentaires, une nouvelle évaluation de la conformité de l'ensemble concernant ces risques supplémentaires est nécessaire. Dans le cas contraire, l'accord général est que l'assembleur peut établir ensuite un dossier technique, apposer sur l'ensemble le marquage CE et «x» selon l'annexe II 1.0.5 de la directive, en indiquant l'usage prévu, signer la déclaration UE de conformité couvrant l'intégralité de l'ensemble indiquant les spécifications / normes techniques appliquées (par exemple, pour l'interconnexion électrique) et fournir des instructions pour une utilisation en toute sécurité. L'assembleur assume donc l'entière responsabilité du montage. Cette procédure ne nécessite pas l'intervention d'un organisme notifié.

Toutefois, si le fabricant de l'ensemble intègre des pièces sans marquage CE dans l'ensemble (parce qu'il s'agit de pièces fabriquées par lui-même ou de pièces qu'il a reçues de son fournisseur en vue d'un traitement ultérieur par lui-même) ou de composants non accompagnés de l'attestation écrite de conformité, il ne présume pas la conformité de ces pièces et son évaluation de la conformité de l'ensemble doit couvrir ces pièces selon les besoins.

Il convient de noter que la propre évaluation des risques du fabricant n'empêche pas nécessairement l'utilisation d'organismes notifiés dans la ou les procédures d'évaluation de la conformité applicables. En cas de doute, il est recommandé de se rapprocher d'un organisme notifié.

## 7.4.7 Marquage spécifique

Le marquage spécifique à la directive 2014/34/UE doit contenir les éléments suivants :

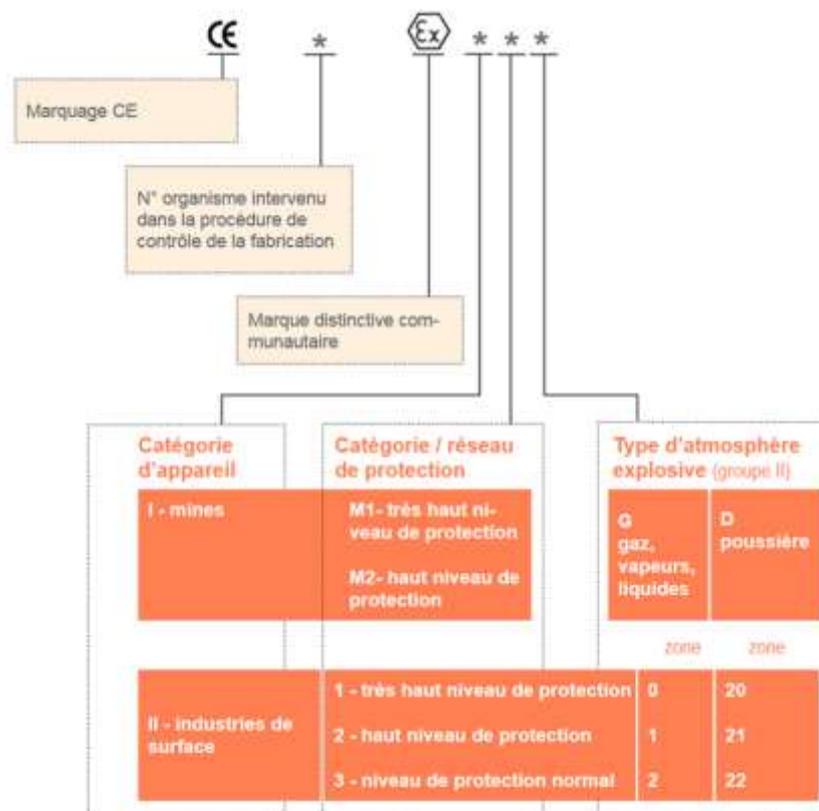


Figure 24 : Marquage des appareils destinés à être utilisés en atmosphère explosive

## 7.4.8 Organismes notifiés

La liste complète des organismes notifiés est publiée par l'UE<sup>78</sup>.

En France deux organismes sont notifiés au titre de la directive ATEX 2014/34/UE.

Nom et adresse de l'organisme	Numéro d'identification	Compétences pour les procédures/modules
INSTITUT NATIONAL DE L'ENVIRONNEMENT INDUSTRIEL ET DES RISQUES (Ineris) Parc Technique ALATA BP 2F-60550 Verneuil-en-Halatte	0080	Module B Module D Module F Module C1 Module E Module A + communication de la documentation technique à un ON Module G
LABORATOIRE CENTRAL DES INDUSTRIES ÉLECTRIQUES (LCIE) Avenue du Général Leclerc, 33F-92266 Fontenay-aux-Roses	0081	Module B Module D Module F Module C1 Module E Module A + communication de la documentation technique à un ON Module G

Tableau 44 : Organismes notifiés au titre de la directive ATEX 2014/34/UE

<sup>78</sup> <https://ec.europa.eu/growth/tools-databases/nando/>

### 7.4.9 Spécificités de l'hydrogène au regard de l'ATEX

Les normes classent les appareils en trois groupes de gaz distincts en fonction des propriétés d'inflammabilité et de la capacité des gaz à transmettre une flamme.

IEMS : L'Interstice Expérimental Maximal de Sécurité. C'est l'épaisseur maximale du joint d'air entre 2 parties d'une chambre interne d'un appareil d'essai qui, lorsque le mélange interne est enflammé empêche l'inflammation d'un mélange gazeux externe à travers un joint épaulement de 25 mm de longueur.

	Groupes de gaz		EMI ( $\mu$ ) <sup>79</sup>	IEMS (mm)
Méthane	Mines	I	300	1,14
Propane	Industries de surface	IIA	240	0,92
Ethylène		IIB	70	0,65
Acétylène		IIC	17	0,37
Hydrogène			17	0,29

Tableau 45 : Groupe de gaz et gaz représentatif du groupe

Les appareils du groupe IIC répondent aux exigences des appareils du groupe IIB et IIA, ceux du groupe IIB sont utilisables aussi pour des gaz du groupe IIA. L'hydrogène appartient au groupe de gaz IIC, le plus exigeant. Lorsque de l'hydrogène pur est mis en œuvre, il est absolument nécessaire de s'assurer que le matériel employé répond aux exigences du groupe de gaz IIC.

Les mélanges hydrogène-méthane jusqu'à 25% d'hydrogène sont classés dans le groupe IIA.

## 7.5 Directive compatibilité électromagnétique (CEM)<sup>80</sup> (2014/30/UE)

### 7.5.1 Présentation générale de la directive<sup>81</sup>

La directive 2014/30/UE régit la compatibilité électromagnétique des équipements. Elle vise les équipements, appareils ou installations fixes ou mobiles susceptibles de produire des perturbations électromagnétiques, ou dont le fonctionnement peut être affecté par de telles perturbations. Elle a pour objet d'assurer la «compatibilité électromagnétique», c'est-à-dire l'aptitude d'équipements à fonctionner dans leur environnement électromagnétique de façon satisfaisante sans produire eux-mêmes de perturbations électromagnétiques intolérables pour d'autres équipements dans cet environnement. On entend par « perturbation électromagnétique », tout phénomène électromagnétique susceptible de créer des troubles de fonctionnement d'un équipement. Une perturbation électromagnétique peut être un bruit électromagnétique, un signal non désiré ou une modification du milieu de propagation lui-même. Les éléments susceptibles de causer ces perturbations électromagnétiques sont des pièces électriques ou électroniques.

<sup>79</sup> L'EMI du gaz est donnée ici à titre indicatif. Elle n'entre pas directement dans la définition du groupe de gaz qui repose sur deux paramètres mesurés par des essais normalisés : l'IEMS et le rapport CMI

<sup>80</sup> DIRECTIVE 2014/30/UE DU PARLEMENT EUROPÉEN ET DU CONSEIL du 26 février 2014 relative à l'harmonisation des législations des États membres concernant la compatibilité électromagnétique (refonte) (Texte présentant de l'intérêt pour l'EEE)

<sup>81</sup> Les informations qui suivent sont adaptées du Guide concernant la directive CEM (directive 2014/30/UE) édité par la commission européenne

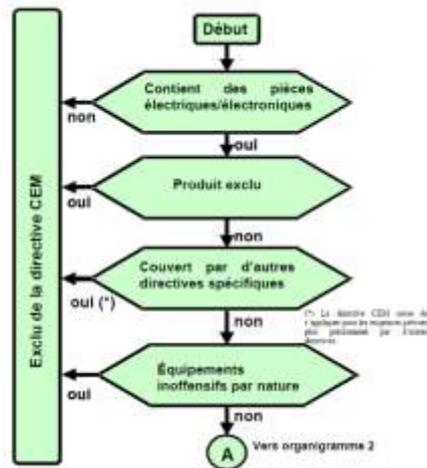


Figure 25 : Critères d'application de la directive CEM

La directive ne s'applique pas aux équipements radioélectriques (de radiocommunication ou de radiopépage) couverts par la directive 2014/53/UE (anciennement 1999/5/CE) ni aux équipements aéronautiques visés par le règlement (CE) n° 216/2008.

Elle ne s'applique pas non plus aux équipements inoffensifs par nature, c'est-à-dire aux équipements dont les caractéristiques physiques impliquent par leur nature même :

- i) qu'ils sont incapables de produire ou de contribuer à produire des émissions électromagnétiques qui dépassent un niveau permettant aux équipements hertziens et de télécommunications et aux autres équipements de fonctionner comme prévu ; et
- ii) qu'ils fonctionnent sans dégradation inacceptable en présence de perturbations électromagnétiques normalement présentes lors de l'utilisation prévue.

L'application de ces conditions permet d'exclure une série de produits de l'application de la directive CEM<sup>82</sup>.

Si le produit faisant l'objet de l'évaluation ne figure pas parmi les exemples de produits explicitement exclus et que l'évaluation de la CEM montre que l'appareil concerné est par nature inoffensif au regard

<sup>82</sup> A condition qu'ils ne comprennent aucune pièce électronique active, les produits suivants sont exclus de l'application de la directive :

- câbles et câblage, accessoires de câbles, pris en compte séparément ;
- équipements contenant uniquement des charges ohmiques sans dispositif d'allumage automatique ; par exemple, de simples chauffages à usage domestique sans commande, thermostat ou ventilateur ;
- piles et accumulateurs (sans circuits électroniques actifs) ;
- écouteurs filaires, haut-parleurs sans amplification, micros inductifs de guitare sans pièces électroniques actives ;
- lampes de poche (y compris celles contenant des LED) sans circuits électroniques actifs ;
- moteurs à induction sans circuits électroniques ;
- montres à quartz (sans fonctions supplémentaires, par exemple récepteur radio) ;
- interrupteurs pour les maisons et bâtiments ne contenant aucun composant électronique actif ;
- antennes passives ;
- relais électromagnétiques sans pièces électroniques actives ;
- serrures électromagnétiques sans pièces électroniques actives ;
- tubes cathodiques ;
- équipements de protection qui ne produisent que des perturbations transitoires de courte durée lors du règlement d'un défaut de court-circuit ou d'une situation anormale dans un circuit et qui ne contiennent pas de composants électroniques actifs, comme les fusibles et les disjoncteurs sans pièces électroniques actives ou composants actifs ;
- équipements à haute tension dans lesquels les sources possibles de perturbation sont dues uniquement à des pressions localisées sur l'isolation résultant du processus de vieillissement, qui sont contrôlés par d'autres mesures techniques comprises dans des normes de produits non liées à la CEM et qui ne contiennent pas de composants électroniques actifs.

Exemples concrets :

- inducteurs haute tension ;
- transformateurs haute tension.

de la compatibilité électromagnétique (tant pour les émissions que pour l'immunité), conformément à son article 2, paragraphe 2, point d), la directive CEM n'est pas applicable. Il est toutefois recommandé de documenter les résultats de l'évaluation et de sa conclusion.

### 7.5.2 Exigences essentielles

Les équipements doivent être conçus et fabriqués, conformément à l'état de la technique, de façon à garantir :

- a) que les perturbations électromagnétiques produites ne dépassent pas le niveau au-delà duquel des équipements hertziens et de télécommunications ou d'autres équipements ne peuvent pas fonctionner comme prévu ;
- b) qu'ils possèdent un niveau d'immunité aux perturbations électromagnétiques auxquelles il faut s'attendre dans le cadre de l'utilisation prévue qui leur permette de fonctionner sans dégradation inacceptable de ladite utilisation.

Les installations fixes font l'objet d'exigences spécifiques. Elles doivent être montées selon les bonnes pratiques d'ingénierie et dans le respect des informations sur l'utilisation prévue pour leurs composants, afin de satisfaire aux exigences essentielles figurant aux points a) et b).

### 7.5.3 Evaluation de la conformité

Le fabricant supporte seul la responsabilité de l'évaluation de la CEM. Cette responsabilité ne peut jamais incomber à un tiers tel qu'un organisme notifié ou un laboratoire de test de la CEM.

Le fabricant doit réaliser une évaluation de la CEM de l'appareil sur la base des phénomènes pertinents afin de garantir que celui-ci respecte les exigences essentielles. La directive CEM n'impose pas l'intervention obligatoire d'un tiers (par exemple, un organisme notifié ou un laboratoire) lors de la réalisation de l'évaluation.

Il incombe au fabricant d'appliquer la méthode d'évaluation appropriée. Le fabricant peut, au choix, appliquer la procédure décrite en annexe II de la directive, à savoir le module A : contrôle interne de la fabrication, ou appliquer la procédure d'évaluation de la conformité prévue à l'annexe III, qui fait intervenir un organisme notifié pour le module B d'examen UE de type. Le fabricant doit alors mettre en œuvre le module C afin d'assurer que les appareils sont fabriqués conformément au type décrit dans l'attestation d'examen UE de type délivrée par l'organisme notifié.

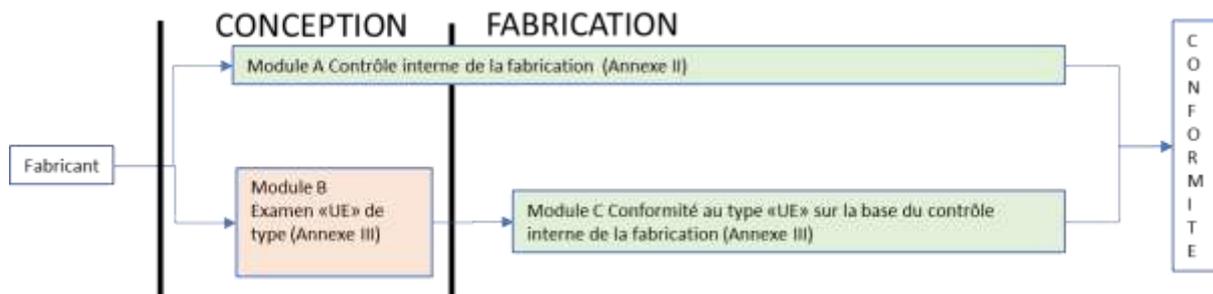


Figure 26 : Modules d'évaluation de la conformité au titre de la directive CEM (2014/30/UE) appliqués au choix du fabricant

Lorsque l'évaluation de la CEM établit que l'appareil concerné est par nature inoffensif au regard de la compatibilité électromagnétique, l'appareil est exclu du champ d'application de la directive CEM et aucune action supplémentaire n'est nécessaire. Il est toutefois recommandé de conserver une trace écrite des résultats de l'évaluation et de sa conclusion.

L'évaluation de la CEM doit prendre en compte toutes les conditions normales prévues de fonctionnement de l'appareil.

Dans les cas où les appareils peuvent prendre différentes configurations, l'évaluation de la compatibilité électromagnétique doit déterminer s'ils satisfont aux exigences essentielles « dans toutes les configurations possibles identifiées par le fabricant comme représentatives de l'utilisation prévue ».

En pratique, cette évaluation de la CEM doit être réalisée suivant une méthodologie définie.

Toute procédure d'évaluation de la conformité impose au fabricant de commencer par analyser les risques spécifiques du produit afin d'y répondre et de se conformer aux exigences essentielles, car tous les produits ne présentent pas les mêmes risques.

Une fois que le fabricant a défini ces risques et a déterminé les mesures permettant d'y répondre afin de se conformer aux exigences essentielles, il peut choisir d'appliquer les normes harmonisées applicables à son produit ou il peut opter pour d'autres spécifications techniques.

Après avoir défini les risques présentés par l'appareil, trois méthodes sont possibles pour l'évaluation de la CEM :

- l'application des normes harmonisées de la CEM, après avoir vérifié que les normes harmonisées choisies couvrent bien l'ensemble des phénomènes pertinents pour le produit ;
- une évaluation de la CEM sans application des normes harmonisées et le fabricant applique sa propre méthodologie (autres spécifications techniques) ;
- une évaluation mixte, combinant les deux méthodes précédentes. Par exemple, il est possible d'utiliser les normes harmonisées afin de couvrir les phénomènes d'émission et une évaluation technique détaillée de la CEM pour les aspects relevant de l'immunité.

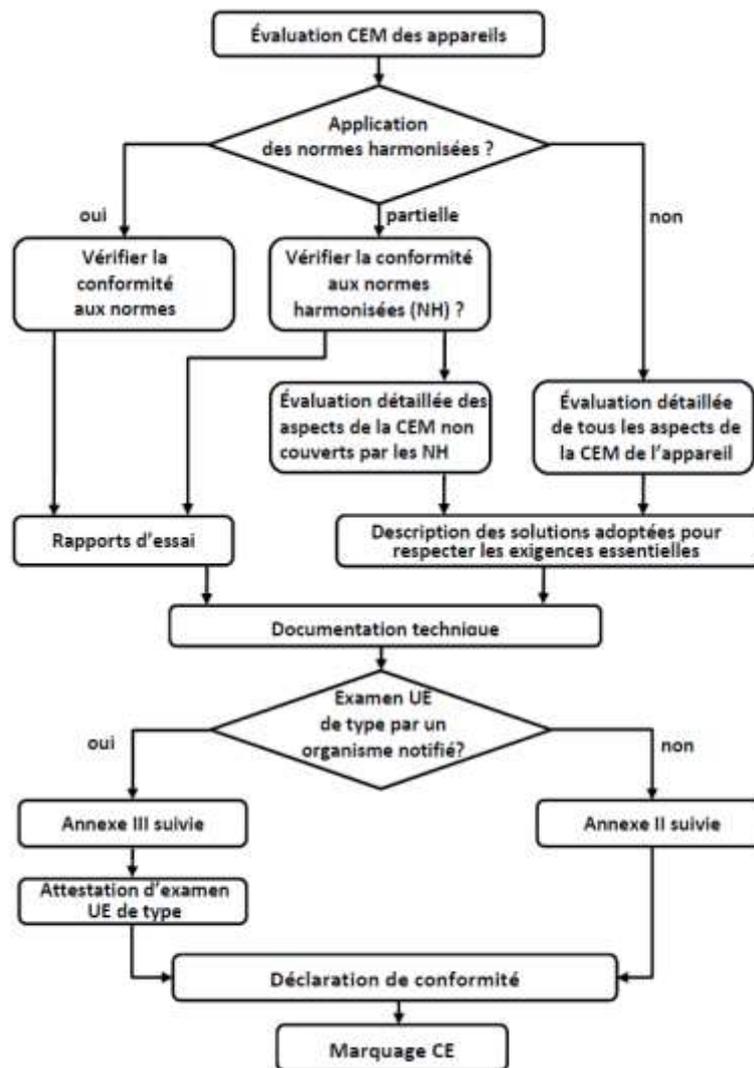


Figure 27: Démarche d'évaluation de la conformité applicable dans le cadre de la directive CEM<sup>83</sup>

La documentation technique doit être préparée par le fabricant afin de démontrer la conformité aux exigences essentielles. Cela inclut de prouver que l'appareil est conforme aux normes harmonisées pertinentes ou, si les normes harmonisées ne sont pas utilisées ou ne sont utilisées qu'en partie, d'inclure une justification technique détaillée comprenant une liste des autres spécifications techniques pertinentes qui ont été appliquées.

<sup>83</sup> Source : guide d'application de la directive CEM

Le fabricant doit prendre toutes les mesures nécessaires afin de garantir que les appareils sont fabriqués conformément à la documentation technique.

Le fabricant doit également rédiger la déclaration UE de conformité et apposer le marquage CE sur le produit ou, si cela est impossible en raison de la nature ou de la taille du produit, sur son emballage et dans la documentation qui l'accompagne.

#### 7.5.4 Combinaison de produits finis

Selon la directive CEM, une combinaison de plusieurs produits finis est considérée comme un appareil si :

- Elle est mise à disposition par un opérateur économique en tant qu'unité fonctionnelle indépendante ;
- Les produits sont destinés à être utilisés ensemble par l'utilisateur final afin de réaliser une tâche spécifique ; et
- Elle est susceptible de provoquer des perturbations électromagnétiques, ou si son fonctionnement risque d'être affecté par ces perturbations.

Une telle combinaison, au sens de la directive CEM, est un appareil indépendant et l'ensemble des dispositions de cette directive s'applique à la combinaison dans son ensemble (y compris les exigences relatives au marquage CE, aux coordonnées, etc.).

La combinaison de deux dispositifs finis portant un marquage CE ou davantage ne produit pas automatiquement un système « conforme », par exemple une combinaison de contrôleurs logiques programmables et d'entraînements de moteur portant un marquage CE peut ne pas être conforme aux exigences essentielles. Dans la plupart des cas néanmoins, le respect des conditions d'installation et limites d'utilisation conduit à un ensemble conforme. Il convient cependant d'effectuer une analyse de risques pour confirmer que des perturbations nouvelles ne sont pas créées par la combinaison de systèmes.

Si l'un quelconque de ces produits finis est exclu de la directive CEM et couvert par un autre acte de l'Union (comme la directive RED), ce produit fini spécifique doit être conforme à cet autre acte de l'Union lorsqu'il est mis sur le marché, c.-à-d. que l'obligation incombe au fabricant qui met pour la première fois ce produit à disposition.

L'interaction des différents produits radio/électriques/électroniques est prise en compte lors de l'évaluation des risques lorsqu'une combinaison, au sens de la directive CEM et telle que décrite ci-dessus, constitue un appareil indépendant.

#### 7.5.5 Normes harmonisées

Il existe de très nombreuses normes harmonisées au titre de la directive CEM portant sur des appareils ou dispositifs spécifiques<sup>84</sup>. Par ailleurs, certaines normes spécifiques harmonisées au titre de la directive machines traitent aussi de CEM et comprennent dans ce cas un chapitre ou une partie spécifique sur les exigences relatives à la CEM applicables à l'appareil couvert par la norme. Enfin, la compatibilité électromagnétique est aussi abordée dans quelques normes internationales relatives à certains systèmes à hydrogène. C'est le cas notamment pour la norme ISO 19880-1 : Carburant d'hydrogène gazeux — Stations-service — Partie 1: Exigences générales, qui renvoie cependant aux normes de la série EN 61000. La série de normes EN 61000 Compatibilité électromagnétique fournit un cadre global et des outils, notamment en matière d'essais, pour répondre aux exigences de la directive CEM.

La série de normes EN 61000 est issue de la série IEC 61000 dont elle ne reprend qu'une partie. La CEI 61000 est publiée sous forme de plusieurs parties conformément à la structure suivante :

Partie 1 : Généralités

- Considérations générales (introduction, principes fondamentaux)
- Définitions, terminologie

Partie 2 : Environnement

- Description de l'environnement
- Classification de l'environnement
- Niveaux de compatibilité

---

<sup>84</sup> Voir la liste intégrale sur <https://ec.europa.eu/growth/single-market/european-standards/harmonised-standards/>

Partie 3 : Limites

- Limites d'émission
- Limites d'immunité (dans la mesure où elles ne relèvent pas des comités de produit)

Partie 4 : Techniques d'essai et de mesure

- Techniques de mesure
- Techniques d'essai

Partie 5 : Guides d'installation et d'atténuation

- Guides d'installation
- Méthodes et dispositifs d'atténuation

Partie 6 : Normes génériques

Partie 9 : Divers

Chaque partie est à son tour subdivisée en plusieurs sous-parties, publiées soit comme normes internationales soit comme spécifications techniques ou rapports techniques.

### 7.5.6 Organismes notifiés

Les organismes notifiés suivants proposent des services en vue de l'application de la procédure d'examen UE de type (Module B).

La liste complète des organismes notifiés est disponible sur le site de la Commission Européenne<sup>85</sup>.

Nom et adresse de l'organisme	Numéro d'identification	Compétences pour les procédures/modules
LABORATOIRE CENTRAL DES INDUSTRIES ELECTRIQUES 33 avenue du Général Leclerc BP 8 F92266 Fontenay-aux-Roses cedex Phone : +33 1 40 95 60 60 Fax : +33 1 40 95 54 07 Email : <a href="mailto:contact@lcie.fr">contact@lcie.fr</a> Website : <a href="http://www.lcie.fr">www.lcie.fr</a>	0081	Equipements électriques ou électroniques (appareils avec des composants électriques ou électroniques susceptibles de générer des perturbations électromagnétiques ou d'être affectés par de telles perturbations)
EMITECH Montigny Z.A. de l'Observatoire 3 rue des Coudriers 78180 MONTIGNY LE BRETONNEUX Phone : +33 2 41 73 30 25 Email : <a href="mailto:p.bonnenfant@emitech.fr">p.bonnenfant@emitech.fr</a> Website : <a href="http://www.emitech.fr">www.emitech.fr</a>	0536	Equipements électriques ou électroniques (appareils avec des composants électriques ou électroniques susceptibles de générer des perturbations électromagnétiques ou d'être affectés par de telles perturbations)

Tableau 46 : Organismes notifiés au titre de la directive CEM

## 7.6 Directive basse tension (2014/35/UE)<sup>86</sup>

### 7.6.1 Présentation générale de la directive

La directive basse tension s'applique au matériel électrique destiné à être employé à une tension nominale comprise entre 50 et 1 000 V pour le courant alternatif et 75 et 1 500 V pour le courant continu, à l'exception des matériels et phénomènes repris à l'annexe II<sup>87</sup> de la directive.

<sup>85</sup> <https://ec.europa.eu/growth/tools-databases/nando/>

<sup>86</sup> Directive 2014/35/ue du parlement européen et du conseil du 26 février 2014 relative à l'harmonisation des législations des États membres concernant la mise à disposition sur le marché du matériel électrique destiné à être employé dans certaines limites de tension

<sup>87</sup> Cette liste exclut notamment le Matériel électrique destiné à être utilisé dans une atmosphère explosive, le matériel électrique spécialisé, destiné à être utilisé sur les navires ou dans les avions et les

Le matériel électrique ne peut être mis à disposition sur le marché de l'Union que si, construit conformément aux règles de l'art en matière de sécurité en vigueur dans l'Union, il ne compromet pas, lorsqu'il est correctement installé et entretenu et utilisé conformément à sa destination, la santé et la sécurité des personnes et des animaux domestiques ainsi que des biens.

### 7.6.2 Exigences essentielles de sécurité

Les principaux éléments des objectifs de sécurité sont énumérés à l'annexe I de la directive et résumés ci-dessous.

#### 1. Conditions générales

- a) Les caractéristiques essentielles dont la connaissance et le respect conditionnent une utilisation conforme à la destination et un emploi sans danger figurent sur le matériel électrique ou, si cela n'est pas possible, sur un document qui l'accompagne.
- b) Le matériel électrique ainsi que ses parties constitutives sont construits de façon telle qu'ils puissent être raccordés de façon sûre et adéquate.
- c) Le matériel électrique est conçu et fabriqué de façon telle que la protection contre les dangers repris aux points 2 et 3 soit garantie, sous réserve d'une utilisation conforme à la destination et d'un entretien adéquat.

#### 2. Protection contre les dangers qui peuvent provenir du matériel électrique

Des mesures d'ordre technique sont établies conformément au point 1, afin que :

- a) les personnes et les animaux domestiques soient protégés de façon adéquate contre les dangers de blessures ou autres dommages qui peuvent être causés par des contacts directs ou indirects ;
- b) des températures, arcs ou rayonnements qui provoqueraient un danger ne se produisent pas ;
- c) les personnes, les animaux domestiques et les biens soient protégés de façon appropriée contre les dangers de nature non électrique provenant du matériel électrique et révélés par l'expérience ;
- d) l'isolation soit adaptée aux contraintes prévues.

#### 3. Protection contre les dangers qui peuvent être causés par les influences extérieures sur le matériel électrique

Des mesures d'ordre technique sont prévues conformément au point 1, afin que le matériel électrique :

- a) réponde aux exigences mécaniques prévues, de sorte que les personnes, les animaux domestiques et les biens ne soient pas mis en danger ;
- b) résiste aux influences non mécaniques dans les conditions d'environnement prévues, de sorte que les personnes, les animaux domestiques et les biens ne soient pas mis en danger ;
- c) ne mette pas en danger les personnes, les animaux domestiques et les objets dans les conditions de surcharge prévues.

### 7.6.3 Evaluation de la conformité

L'évaluation de la conformité est réalisée selon le module A, contrôle interne de la fabrication (cf. §6.8). Le fabricant établit la documentation technique, s'assure que le procédé de fabrication et le suivi de celui-ci assurent la conformité du matériel électrique fabriqué à la documentation technique et aux exigences essentielles. Il appose le marquage CE et établit la déclaration UE de conformité. Il assure et déclare sous sa seule responsabilité que le matériel électrique concerné satisfait aux exigences de la directive qui lui sont applicables.

### 7.6.4 Normes harmonisées

De nombreuses normes harmonisées ont été publiées en application de la directive basse tension<sup>88</sup>. Ces normes traitent entre autres de l'identification et des spécifications des composants et des câbles électriques et entrant dans la composition des systèmes électriques à basse tension. La série de normes EN 61349 Ensembles d'appareillage à basse tension fournit un cadre générique pour l'application des exigences de la directive aux ensembles d'appareillages.

---

chemins de fer, répondant aux dispositions de sécurité établies par des organismes internationaux dont les États membres font partie.

<sup>88</sup> Voir la liste intégrale sur <https://ec.europa.eu/growth/single-market/european-standards/harmonised-standards/>

## 7.7 Directive ROHS (2011/65/UE)<sup>89</sup>

### 7.7.1 Présentation générale de la directive

La directive ROHS s'applique à certains « équipements électriques et électroniques » ou « EEE ». Il s'agit d'équipements fonctionnant grâce à des courants électriques ou à des champs électromagnétiques, et les équipements de production, de transfert et de mesure de ces courants et champs, conçus pour être utilisés à une tension ne dépassant pas 1 000 volts en courant alternatif et 1 500 volts en courant continu. La liste des équipements plus spécifiquement concernés est fournie en annexe I de la directive. Il s'agit des équipements suivants :

1. Gros appareils ménagers
2. Petits appareils ménagers
3. Équipements informatiques et de télécommunications
4. Matériel grand public
5. Matériel d'éclairage
6. Outils électriques et électroniques
7. Jouets, équipements de loisir et de sport
8. Dispositifs médicaux
9. Instruments de contrôle et de surveillance, y compris instruments de contrôle et de surveillance industriels
10. Distributeurs automatiques
11. Autres EEE n'entrant pas dans les catégories ci-dessus.

Les systèmes à hydrogène alimentés en électricité et/ou intégrant des composants électroniques sont a priori concernés au titre des points 11, 9 et 3.

### 7.7.2 Exigences

Les EEE mis sur le marché, y compris les câbles et les pièces détachées destinées à leur réparation, à leur réemploi, à la mise à jour de leurs fonctionnalités ou au renforcement de leur capacité, ne doivent contenir aucune des substances énumérées à l'annexe II de la directive.

La concentration maximale en poids dans les matériaux homogènes ne doit pas excéder celle précisée à l'annexe II ci-dessous :

- Plomb (0,1 %)
- Mercure (0,1 %)
- Cadmium (0,01 %)
- Chrome hexavalent (0,1 %)
- Polybromobiphényles (PBB) (0,1 %)
- Polybromodiphényléthers (PBDE) (0,1 %)

L'annexe III et l'annexe IV de la directive listent une centaine d'applications très spécifiques exemptées de la limitation (mercure dans certains types d'ampoules, plomb dans certains types de soudures ou d'alliages, le cadmium et le plomb dans certains types de verres, le plomb dans les écrans à cristaux liquides sur silicium...).

### 7.7.3 Evaluation de la conformité

Les fabricants établissent la documentation technique requise et mettent ou font mettre en œuvre la procédure de contrôle interne de la fabrication conformément à l'annexe II, module A (cf.§ 6.8).

## 7.8 Directive Ecoconception (2009/125/CE)<sup>90</sup>

La directive 2009/125/CE du parlement européen et du conseil du 21 octobre 2009, établit un cadre pour la fixation d'exigences communautaires en matière d'écoconception applicables aux produits liés à l'énergie, afin de garantir la libre circulation de ces produits sur le marché intérieur. Elle contribue au développement durable en augmentant l'efficacité énergétique et le niveau de protection de

---

<sup>89</sup> Directive 2011/65/UE du Parlement européen et du Conseil du 8 juin 2011 relative à la limitation de l'utilisation de certaines substances dangereuses dans les équipements électriques et électroniques

<sup>90</sup> Directive 2009/125/CE du Parlement européen et du Conseil du 21 octobre 2009 établissant un cadre pour la fixation d'exigences en matière d'écoconception applicables aux produits liés à l'énergie

l'environnement, tout en accroissant la sécurité de l'approvisionnement énergétique. Elle ne s'applique pas aux moyens de transport de personnes ou de marchandises.

### 7.8.1 Champ d'application

Aux fins de la directive « écoconception », on entend par :

1) « produit lié à l'énergie » (« produit »), tout bien ayant un impact sur la consommation d'énergie durant son utilisation qui est mis sur le marché et/ou mis en service, y compris les pièces prévues pour être intégrées dans un produit lié à l'énergie visé par la présente directive et qui sont mises sur le marché et/ou mises en service sous forme de pièces détachées destinées aux utilisateurs finals et dont la performance environnementale peut être évaluée de manière indépendante ;

2) « composants et sous-ensembles », les pièces prévues pour être intégrées dans des produits qui ne sont pas mises sur le marché et/ou mises en service sous forme de pièces détachées destinées aux utilisateurs finals ou dont la performance environnementale ne peut pas être évaluée de manière indépendante ;

En pratique, la directive écoconception s'applique à une série de produits spécifiques désignés, commercialisés en grand volume dans l'UE, qui font l'objet de mesures d'exécution spécifiques publiées au journal officiel de l'UE. Les systèmes à hydrogène en tant que tels ne sont pas directement concernés, mais certains de leurs composants sont susceptibles de l'être. Le fait que ces composants soient conformes aux exigences de la directive « écoconception » est donc une condition de la conformité finale du système. La liste suivante identifie les composants susceptibles d'être intégrés dans des systèmes à hydrogène :

- Circulateurs sans presse-étoupe indépendants et circulateurs sans presse-étoupe intégrés dans des produits (Règlement (CE) No641/2009). On entend par « circulateur » une pompe centrifuge dont la puissance hydraulique utile nominale est comprise entre 1 et 2 500 W et qui est destinée à être utilisée dans des systèmes de chauffage ou dans des circuits secondaires de systèmes de refroidissement
- Transformateurs de faible, moyenne et grande puissance (Règlement (UE) 2019/1783)
- Ventilateurs entraînés par des moteurs d'une puissance électrique à l'entrée comprise entre 125 W et 500 kW (Règlement (UE) n° 327/2011)
- Dispositifs de chauffage des locaux et dispositifs de chauffage mixtes (Règlement (UE) n°813/2013)
- Moteurs électriques (Règlement (CE) no640/2009 et Règlement (UE) n° 4/2014)
- Unités de ventilation (Règlement (UE) n° 1253/2014)
- Armoires frigorifiques professionnelles, cellules de refroidissement et de congélation rapides, groupes de condensation et refroidisseurs industriels (Règlement (UE) 2015/1095)
- Appareils de chauffage à air, aux appareils de refroidissement, aux refroidisseurs industriels haute température et aux ventilo-convecteur (Règlement (UE) 2016/2281)
- Dispositifs d'affichage électroniques (Règlement (UE) 2019/2013)
- Sources lumineuses et appareillages de commande séparés (Règlement (UE) 2019/2020)

Compte-tenu du caractère très spécifique des produits visés, il est recommandé de vérifier au cas par cas s'ils entrent dans le champ<sup>91</sup> des mesures d'exécution. Plusieurs des règlements visés ci-dessus ont été modifiés par le règlement 2016 :2282 de la Commission du 30 novembre 2016.

### 7.8.2 Évaluation de la conformité

Avant de mettre sur le marché un produit couvert par des mesures d'exécution et/ou de mettre en service un tel produit, le fabricant ou son mandataire veille à ce qu'il soit procédé à une évaluation de la conformité du produit à toutes les exigences pertinentes de la mesure d'exécution applicable.

Les procédures d'évaluation de la conformité à appliquer, basées sur les modules présentés au chapitre 6.1.8 sont spécifiées dans les mesures d'exécution.

### 7.8.3 Exigences

Les exigences spécifiques à chaque produit sont définies dans les mesures d'exécution spécifiques. La directive énonce cependant les exigences plus générales applicables au fabricant du produit.

Partie 3. Exigences applicables au fabricant

1. Les fabricants de produits doivent procéder à une évaluation du modèle de produit tout au long de son cycle de vie, en tenant compte des caractéristiques environnementales identifiées dans la mesure d'exécution comme susceptibles d'être fortement influencées par la conception du produit et en

---

<sup>91</sup> Le site de la commission [https://ec.europa.eu/growth/single-market/european-standards/harmonised-standards/ecodesign\\_en](https://ec.europa.eu/growth/single-market/european-standards/harmonised-standards/ecodesign_en) fournit une liste des mesures d'exécution applicable en février 2020.

fondant cette évaluation sur des hypothèses réalistes concernant les conditions normales d'utilisation du produit et l'usage auquel il est destiné. D'autres caractéristiques environnementales peuvent être examinées à titre volontaire.

Sur la base de cette évaluation, les fabricants doivent établir le profil écologique du produit. Ce profil doit reposer sur les caractéristiques pertinentes du produit du point de vue de l'environnement et sur les intrants/extrants tout au long du cycle de vie du produit exprimés en quantités physiques mesurables.

2. Les fabricants doivent recourir à cette évaluation pour évaluer, par rapport à des critères de référence, les autres solutions en matière de conception et l'amélioration obtenue en termes de performances environnementales du produit.

Ces critères doivent être identifiés par la Commission dans la mesure d'exécution sur la base des informations recueillies lors de l'élaboration de la mesure.

Le choix d'un modèle spécifique doit déboucher sur un équilibre raisonnable entre les différentes caractéristiques environnementales et entre ces caractéristiques et les autres aspects pertinents, tels que la sécurité et la santé, les conditions techniques de fonctionnalité, de qualité et de performance et les aspects économiques, y compris les coûts de fabrication et la valeur marchande, tout en respectant l'ensemble de la législation applicable.

#### 7.8.4 Normes harmonisées

La plupart des règlements cités au 7.8.1 fait l'objet d'une publication de normes harmonisées par voie de communication de la Commission<sup>92</sup>.

### 7.9 Règlementation française applicable à la mise sur le marché des dispositifs de mesurage d'hydrogène comprimé

#### 7.9.1 Cadre réglementaire français

Les stations-service d'hydrogène distribuant de l'hydrogène au grand public doivent mettre en place des dispositifs de mesurage pour mesurer et facturer les quantités distribuées. Ces dispositifs sont soumis aux dispositions de l'arrêté du 30 octobre 2009 modifié relatif aux ensembles de mesurage de masse de gaz comprimé pour véhicules découlant du Décret n° 2001-387 du 3 mai 2001 modifié relatif au contrôle des instruments de mesure et de l'arrêté du 31 décembre 2001 fixant les modalités d'application de certaines dispositions du décret n° 2001-387 du 3 mai 2001 relatif au contrôle des instruments de mesure.

Les ensembles de mesurage visés par l'arrêté du 30 octobre 2009 sont soumis aux opérations suivantes prévues par le décret du 3 mai 2001 :

- examen de type ;
- vérification primitive des ensembles de mesurage neufs ou réparés ;
- contrôle en service.

L'arrêté du 30 octobre 2009 fixe un ensemble d'exigences métrologiques. Les ensembles de mesurage doivent respecter les exigences figurant dans la recommandation internationale de l'Organisation internationale de métrologie légale (OIML) R 139<sup>93</sup>, édition 2018, "Ensembles de mesurage de gaz comprimé pour véhicules", ci-après dénommée recommandation R 139.

La classe d'exactitude requise pour les ensembles de mesurage pour l'hydrogène ne doit pas être supérieure à 2.

Les indications sont délivrées en unité de masse. D'autres indications sont autorisées sous réserve de ne pas prêter à confusion.

L'examen de type comporte tous les examens et essais nécessaires à la vérification de la conformité des ensembles de mesurage aux exigences mentionnées dans l'arrêté du 30 octobre 2009.

Lors de l'examen de type, les erreurs des ensembles de mesurage sont déterminées avec des incertitudes de mesurage conformes aux dispositions du paragraphe 1.3.2 de la partie R. 139-2 de la recommandation R. 139.

---

<sup>92</sup> Voir la liste intégrale sur <https://ec.europa.eu/growth/single-market/european-standards/harmonised-standards/>

<sup>93</sup> [https://www.oiml.org/fr/files/pdf\\_r/r139-f07.pdf/view](https://www.oiml.org/fr/files/pdf_r/r139-f07.pdf/view)

## 7.9.2 Organisme autorisé à délivrer les certificats d'examen de type

La décision n° 18.00.905.001.1 du 28 juin 2018<sup>94</sup> autorisant la délivrance de certificats d'examen de type d'ensembles de mesurage de masse d'hydrogène pour véhicules autorise le LNE à effectuer cette opération sous réserve d'un ensemble de conditions restrictives à respecter au niveau de la conception de l'ensemble de mesurage et de la réalisation de l'examen. La décision impose notamment que le rapport d'essais et le projet de certificat d'examen de type soient soumis à l'avis préalable du bureau de la métrologie de la direction générale des entreprises. Les ensembles de mesurage appliquant un mode de remplissage séquentiel est aussi exclu par cette décision. La durée de validité des certificats est limitée à 2 ans. Et pour les systèmes qui n'ont pas subi d'essai de durabilité, une inspection tous les 6 mois est imposée.

Nom et adresse de l'organisme	N°
Laboratoire National de métrologie et d'Essais (LNE) 1, rue Gaston Boissier 75724 PARIS CEDEX 15 Phone : +33 1 40 43 37 00 Fax : +33 1 40 43 37 37 Email : <a href="mailto:info@lne.fr">info@lne.fr</a> Website : <a href="http://www.lne.fr">www.lne.fr</a>	0071

Tableau 47: Organisme autorisé à délivrer les certificats d'examen de type d'ensembles de mesurage de masse d'hydrogène pour véhicules

## 7.9.3 Difficultés d'application

A la date de rédaction du présent guide, la mesure de débit d'hydrogène demeure un point technique difficile, ce qui motive a priori le cadre imposé par la décision n° 18.00.905.001.1 du 28 juin 2018. Des travaux sont en cours, notamment au LNE pour faire évoluer à terme les techniques de mesurage et ce cadre de certification des ensembles de mesurage de masse d'hydrogène.

# 8 Les règlements relatifs aux véhicules routiers

## 8.1 Règlement (CE) no 79/2009<sup>95</sup>

Le règlement européen (CE) 79/2009 qui fixe les exigences générales applicables pour la réception des véhicules à hydrogène et de leurs composants est en vigueur jusqu'au 5 juillet 2022, date à laquelle, conformément au règlement (UE) 2019/2144 du Parlement européen et du conseil du 27 novembre 2019, il sera remplacé par l'application du règlement ONU n° R134 complété par une série d'actes de mise en œuvre à publier 15 mois avant la date d'application de juillet 2022, en l'occurrence, le règlement d'exécution (UE) 2021/535<sup>96</sup> qui a été publié le 31 mars 2021.

### 8.1.1 Champ d'application

Le règlement 79/2009 et son règlement d'application UE 406/2010 établissent des exigences pour la réception par type des véhicules à moteur en ce qui concerne la propulsion par l'hydrogène et pour la réception par type des composants hydrogène et des systèmes hydrogène.

<sup>94</sup>[https://www.economie.gouv.fr/files/files/directions\\_services/bulletin-officiel/2018\\_pdf/boe\\_20180008\\_0000\\_0005.pdf](https://www.economie.gouv.fr/files/files/directions_services/bulletin-officiel/2018_pdf/boe_20180008_0000_0005.pdf)

<sup>95</sup> RÈGLEMENT (CE) no 79/2009 DU PARLEMENT EUROPÉEN ET DU CONSEIL du 14 janvier 2009 concernant la réception par type des véhicules à moteur fonctionnant à l'hydrogène et modifiant la directive 2007/46/CE

<sup>96</sup> Règlement d'exécution (UE) 2021/535 de la Commission du 31 mars 2021 établissant des règles relatives à l'application du règlement (UE) 2019/2144 du Parlement européen et du Conseil eu égard aux procédures uniformes et aux spécifications techniques pour la réception par type des véhicules, ainsi que des systèmes, composants et entités techniques distinctes destinés à ces véhicules, en ce qui concerne leurs caractéristiques générales de construction et leur sécurité

Ils sont applicables :

- 1) aux véhicules fonctionnant à l'hydrogène des catégories M et N<sup>97</sup>, telles que définies à l'annexe II, section A, de la directive 2007/46/CE, y compris la protection contre les chocs et la sécurité électrique de ces véhicules ;
- 2) aux composants hydrogène destinés aux véhicules à moteur des catégories M et N, qui sont énumérés à l'annexe I ;
- 3) aux systèmes hydrogène destinés aux véhicules à moteur de catégories M et N, y compris les nouvelles formes de stockage ou d'utilisation de l'hydrogène.

Le règlement (CE) 79/2009 découle de la directive 2007/46/CE<sup>98</sup> qui fixe le cadre pour la réception par type des véhicules conçus et construits en une seule ou en plusieurs étapes pour circuler sur route, ainsi que des systèmes, des composants et des entités techniques conçus et construits pour ces véhicules. La directive 2007/46/CE s'applique également à la réception individuelle de ces véhicules.

Elle ne s'applique pas à la réception par type ni à la réception individuelle des véhicules suivants :

- a) les tracteurs agricoles ou forestiers, tels que définis dans la directive 2003/37/CE ;
- b) les quadricycles, tels que définis dans la directive 2002/24/CE ;
- c) les véhicules à chenilles.

Le règlement 79/2009 traite aussi bien des véhicules utilisant de l'hydrogène stocké sous forme comprimé que sous forme liquide. Dans le cadre du présent guide, nous aborderons uniquement le cas du stockage sous forme comprimé, l'hydrogène liquide étant encore à un stade peu développé d'un point de vue commercial pour l'utilisation comme carburant dans les véhicules.

La Figure 28 présente un exemple d'agencement typique des composants au sein du véhicule routier à hydrogène.

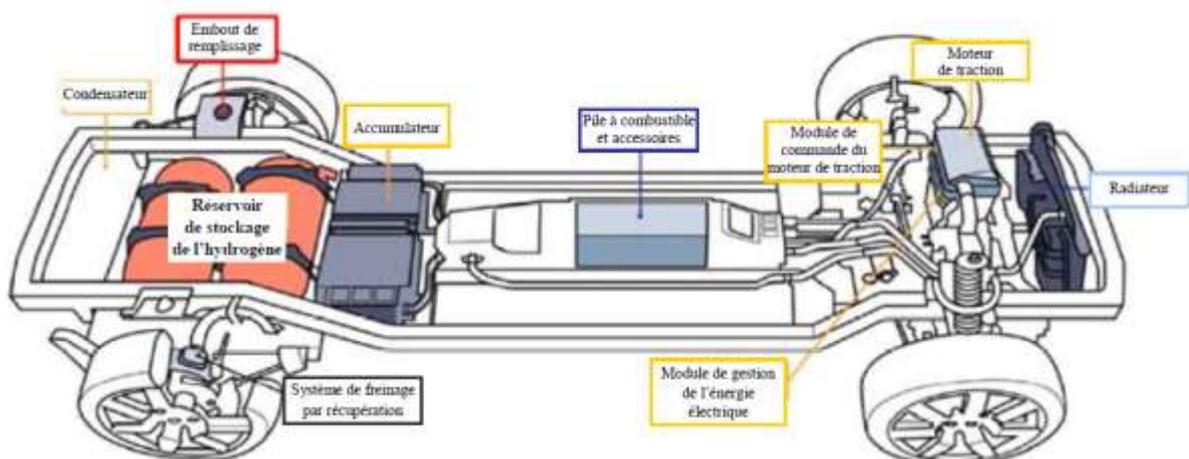


Figure 28 : Exemple d'agencement des composants du véhicule à hydrogène (Source GTR 13)

### 8.1.2 Obligations des constructeurs

Les constructeurs démontrent que tous les nouveaux véhicules fonctionnant à l'hydrogène vendus, immatriculés ou mis en service dans la Communauté et tous les composants hydrogène ou systèmes hydrogène vendus ou mis en service dans la Communauté ont obtenu la réception par type conformément au règlement (CE) 79/2009 et à ses mesures d'exécution.

Aux fins de la réception par type des véhicules, les constructeurs équipent les véhicules fonctionnant à l'hydrogène de composants hydrogène et systèmes hydrogène qui sont conformes aux exigences du

<sup>97</sup> Catégorie M : Véhicules à moteur conçus et construits pour le transport de passagers et ayant au moins quatre roues.

Catégorie N : Véhicules à moteur conçus et construits pour le transport de marchandises et ayant au moins quatre roues.

<sup>98</sup> DIRECTIVE 2007/46/CE DU PARLEMENT EUROPÉEN ET DU CONSEIL du 5 septembre 2007 établissant un cadre pour la réception des véhicules à moteur, de leurs remorques et des systèmes, des composants et des entités techniques destinés à ces véhicules

règlement (CE) 79/2009 et de ses mesures d'exécution et sont installés conformément à ce règlement et à ses mesures d'exécution.

Aux fins de la réception par type des composants et systèmes, les constructeurs s'assurent que les composants hydrogène et systèmes hydrogène sont conformes aux exigences du règlement 79/2009 et de ses mesures d'exécution.

Les constructeurs fournissent aux autorités responsables de la réception des informations appropriées concernant les spécifications des véhicules et les conditions d'essai.

Les constructeurs fournissent des informations pour l'inspection des composants hydrogène et des systèmes hydrogène pendant la durée de vie utile du véhicule.

### 8.1.3 Exigences générales pour les composants hydrogène et systèmes hydrogène

Les constructeurs s'assurent que :

- a) Les composants hydrogène et systèmes hydrogène fonctionnent de manière correcte et sûre et qu'ils résistent de façon fiable aux conditions de fonctionnement électriques, mécaniques, thermiques et chimiques, sans fuites ni déformations visibles ;
- b) Les systèmes hydrogène sont protégés contre la surpression ;
- c) Les matériaux utilisés pour les pièces des composants hydrogène et systèmes hydrogène qui doivent entrer en contact direct avec l'hydrogène sont compatibles avec l'hydrogène ;
- d) Les composants hydrogène et systèmes hydrogène résistent de façon fiable aux températures et pressions prévues pendant leur durée de vie prévue ;
- e) Les composants hydrogène et systèmes hydrogène résistent de façon fiable à une plage de températures de fonctionnement fixée dans les mesures d'exécution ;
- f) Les composants hydrogène sont marqués conformément aux mesures d'exécution ;
- g) La direction d'écoulement est clairement indiquée pour les composants hydrogène à écoulement directionnel ;
- h) Les composants hydrogène et systèmes hydrogène sont conçus de manière à pouvoir être installés conformément aux exigences de l'annexe VI du règlement.

### 8.1.4 Réception par type

Le règlement (UE) 406/2010 spécifie le détail des exigences applicables et des essais et les procédures de réception par type des véhicules à hydrogène et de leurs composants.

Ce règlement définit aussi le modèle et le contenu des documents suivants :

Documents administratifs pour la réception CE par type des véhicules en ce qui concerne la propulsion par l'hydrogène

- Documents d'information qui doivent être fournis par le fabricant en appui de la demande de réception par type d'un véhicule.
- Des certificats de réception qui doivent être établis par les autorités de réception
- Les informations à fournir pour l'inspection et l'essai du système au cours de son cycle de vie

Documents administratifs concernant la réception CE par type des composants et systèmes hydrogène

- Document d'information à fournir par le fabricant relatif à la réception par type d'un composant ou système hydrogène
- Déclaration de service pour les réservoirs d'hydrogène
- Spécifications des réservoirs conçus pour l'hydrogène gazeux comprimé
- Certificat de réception CE par type et ses addendas
- Marque de réception CE par type

#### 8.1.4.1 Composants soumis à la réception par type

Le règlement (CE) 79/2009 traite aussi bien des composants destinés aux véhicules utilisant de l'hydrogène gazeux comprimé que de l'hydrogène liquide. Nous n'abordons dans ce guide que le cas de l'hydrogène gazeux.

Les composants qui doivent faire l'objet d'une réception par type, pour les véhicules utilisant de l'hydrogène gazeux comprimé sont les composants<sup>99</sup> suivants, conçus pour une pression de service nominale supérieure à 3,0 MPa :

1. réservoir ;
2. vanne d'arrêt automatique ;
3. réservoir complet ;

---

<sup>99</sup> Annexe I du règlement (CE) 79/2009

4. fixations ;
5. flexible de carburant ;
6. échangeur thermique ;
7. filtre à hydrogène ;
8. vanne manuelle ou automatique ;
9. clapet antiretour ;
10. détendeur ;
11. dispositif de décompression ;
12. soupape de décompression ;
13. raccord ou réceptacle de ravitaillement ;
14. raccord du système de stockage amovible ;
15. sondes de pression, de température, d'hydrogène et d'écoulement (si utilisées comme dispositif de sécurité) ;
16. sondes de détection de fuite d'hydrogène.

#### **8.1.4.2 Dispositions administratives pour la réception CE par type d'un véhicule en ce qui concerne la propulsion par l'hydrogène**

Le fabricant ou son représentant doit soumettre à l'autorité responsable la demande de réception CE par type d'un véhicule pour ce qui est de la propulsion par l'hydrogène.

La demande doit être établie conformément au modèle du document d'information présenté dans la partie 1 de l'annexe I.

Le fabricant doit fournir les informations énoncées dans la partie 3 de l'annexe I pour la requalification périodique par inspection pendant la durée de vie en service du véhicule.

Si les exigences pertinentes de la partie 1 de l'annexe III ou de la partie 1 des annexes IV, V et VI sont satisfaites, l'autorité responsable doit accorder la réception CE par type et attribuer un numéro de réception conformément au système de numérotation décrit à l'annexe VII de la directive 2007/46/CE. L'autorité responsable doit délivrer un certificat de réception CE par type établi conformément au modèle présenté dans la partie 2 de l'annexe I.

#### **8.1.4.3 Dispositions administratives concernant la réception CE par type de composants et systèmes hydrogène**

Le fabricant ou son représentant doit soumettre à l'autorité responsable la demande de réception CE par type pour un type de composant ou système hydrogène.

La demande doit être établie conformément au modèle du document d'information présenté dans la partie 1 de l'annexe II.

Si les exigences pertinentes de l'annexe III ou de l'annexe IV sont satisfaites, l'autorité responsable doit accorder la réception CE par type du composant et lui attribuer un numéro de réception conformément au système de numérotation décrit à l'annexe VII de la directive 2007/46/CE. L'autorité responsable doit délivrer un certificat de réception CE par type établi conformément au modèle présenté dans la partie 2 de l'annexe II.

#### **8.1.4.4 Autorité de réception**

Un constructeur ou un transformateur souhaitant obtenir une réception par type d'un véhicule ou d'un composant doit adresser une demande à l'une des 27 autorités de réception des pays membres de l'Union Européenne.

Le CNRV (Centre National de Réception des Véhicules) est l'autorité française désignée chargée de délivrer les homologations européennes des véhicules.

Le CNRV est situé à Montlhéry dans la banlieue parisienne.

Le CNRV s'appuie sur le service technique (UTAC), qui effectue les tests d'homologation. Le CNRV s'assure que les essais ont été effectués en conformité avec la réglementation et que les véhicules sont en conformité avec le dossier du fabricant.

Dans le cas spécifique des véhicules à hydrogène et de leurs composants, l'UTAC CERAM ne réalise pour le moment que l'évaluation de conformité de l'installation des composants sur le véhicule. D'autres laboratoires se sont positionnés pour effectuer les essais requis par le règlement (CE) 79/2009 et les autres réglementations mondiales applicables (ONU R134, GTR 13) Ces laboratoires sont présentés au chapitre 12.1.

Organisme	Domaine de compétence
Centre National de Réception des Véhicules Autodrome de Linas - BP 10211 91311 MONTLHERY Cedex Téléphone : 01.71.28.49.51 Courriel : <a href="mailto:cnrv@developpement-durable.gouv.fr">cnrv@developpement-durable.gouv.fr</a>	Autorité de réception des véhicules
UTAC CERAM Autodrome de Linas-Montlhéry Avenue Georges Boillot 91310 Linas +33 (0)1 69 80 17 00 +33 (0)1 69 80 17 17 <a href="https://www.utacceram.com">https://www.utacceram.com</a>	Essais de réception des véhicules

Tableau 48 : Organismes impliqués dans le processus de réception des véhicules

#### 8.1.4.5 Essais de réception par type

Les essais de réception par type sont définis en annexe IV du règlement (CE) 79/2009 pour les réservoirs d'hydrogène gazeux comprimé (Tableau 49) et en annexe V pour les autres composants (Tableau 50). Des essais de même type sont aussi définis pour les composants conçus pour l'utilisation d'hydrogène liquide.

Essai	Type de réservoir <sup>100</sup>			
	1	2	3	4
Épreuve d'éclatement	X	X	X	X
Épreuve de cycles de pression à température ambiante	X	X	X	X
Épreuve de comportement «Fuite avant rupture» (LBB)	X	X	X	X
Épreuve d'exposition au feu	X	X	X	X
Épreuve de pénétration	X	X	X	X
Épreuve d'exposition aux agents chimiques	X	X	X	X
Épreuve de tolérance aux défauts du composite		X	X	X
Épreuve de rupture accélérée sous contrainte		X	X	X
Épreuve de cycles de pression à température extrême			X	X
Épreuve de choc				X
Épreuve d'étanchéité				X
Épreuve de perméation				X
Épreuve de couple sur le bossage				X
Épreuve de cycles avec l'hydrogène gazeux				X

Tableau 49 : Procédures d'essai applicables aux réservoirs d'hydrogène conçus pour l'utilisation d'hydrogène (gazeux) comprimé

COMPOSANT HYDROGÈNE	Épreuves sur les matériaux	Épreuve de résistance à la corrosion	Épreuve d'endurance	Épreuve du cycle de pression	Épreuve d'étanchéité interne	Épreuve d'étanchéité vers l'extérieur
Dispositifs de décompression	X	X	X	X	X	X

<sup>100</sup> Type 1 : Réservoir métallique sans soudure

Type 2 : Réservoir fretté avec chemise métallique sans soudure

Type 3 : Réservoir entièrement bobiné avec chemise métallique sans soudure ou soudée

Type 4 : Réservoir entièrement bobiné avec chemise non métallique

Vannes automatiques	X	X	X	X	X	X
Vannes manuelles	X	X	X	X	X	X
Clapets antiretour	X	X	X	X	X	X
Soupapes de décompression	X	X	X	X	X	X
Échangeurs thermiques	X	X		X		X
Raccords ou réceptacles de ravitaillement	X	X	X	X	X	X
Détendeurs	X	X	X	X	X	X
Sondes pour systèmes hydrogène	X	X	X	X		X
Flexibles de carburant	X	X	X	X		X
Fixations	X	X	X	X		X
Filtres à hydrogène	X	X		X		X
Raccords du système de stockage amovible	X	X	X	X		X

Tableau 50 : Procédures d'essai applicables aux composants hydrogène, autres que les réservoirs, conçus pour l'utilisation d'hydrogène (gazeux) comprimé

#### 8.1.4.6 Exigences relatives à l'installation des composants dans le véhicule

L'annexe VI du règlement (CE) 79/2009 définit les exigences applicables à l'installation des composants hydrogène et systèmes hydrogène au sein du véhicule.

Ces exigences visent notamment à prévenir le risque de fuite et d'accumulation d'hydrogène dans des espaces fermés du véhicule. En particulier, les réservoirs ou assemblage de réservoirs doivent être montés de façon à résister à des accélérations spécifiées dans le règlement (ex. pour des véhicules de catégorie M1 et N1 :  $\pm 20$  g dans le sens de la marche et  $\pm 8$ g horizontalement). Cette résistance peut être démontrée par essais ou par calcul.

#### 8.1.4.7 Exigences relatives aux matériaux

Le règlement 406/2010 définit aussi les exigences et essais applicables aux matériaux utilisés pour la confection des réservoirs.

## 8.2 Règlement ONU N° R134<sup>101</sup>

Le règlement ONU N° R134 est en vigueur depuis juin 2015 au niveau de l'espace économique européen. Conformément aux accords internationaux et au règlement (UE) 2019/2144, il a vocation à remplacer les règlements (CE) 79/2009 et (UE) 406/2010 à partir du 5 juillet 2022. A cette fin, il sera complété par des actes d'application qui ne sont pas encore publiés à la date de publication du présent guide. Le règlement ONU N° R134 a été élaboré sur la base des travaux du WP 29 *World Forum for the harmonization of vehicle regulation* des nations unies dans le cadre de l'accord de 1958 de la Commission économique pour l'Europe des Nations unies (CEE/NU) relatif à l'harmonisation des normes techniques applicables aux véhicules à roues, leurs équipements et pièces.

### 8.2.1 Champ d'application

Le règlement ONU N° R134 s'applique aux :

<sup>101</sup> Règlement n° 134 de la Commission économique pour l'Europe des Nations unies (CEE-ONU) — Prescriptions uniformes relatives à l'homologation des véhicules automobiles et de leurs composants en ce qui concerne les prescriptions de sécurité des véhicules fonctionnant à l'hydrogène, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/PDF/?uri=CELEX:42019X0795&from=GA>

- Systèmes de stockage d'hydrogène comprimé pour véhicules fonctionnant à l'hydrogène en ce qui concerne leurs prescriptions de sécurité. (Partie I du règlement)
- Composants spécifiques des systèmes de stockage d'hydrogène comprimé pour les véhicules fonctionnant à l'hydrogène en ce qui concerne leurs prescriptions de sécurité. (Partie II du règlement)
- Véhicules fonctionnant à l'hydrogène des catégories M et N<sup>97</sup> comportant un système de stockage d'hydrogène comprimé en ce qui concerne ses prescriptions de sécurité. (Partie III du règlement)

Ainsi, contrairement au règlement (CE) 79/2009, le règlement ONU N° R134 ne s'applique pas à la réception des composants autres que le système de stockage et ses accessoires directs. Des exigences sur ces composants sont toutefois spécifiés de manière indirecte, au travers des exigences de performance du système hydrogène intégré dans le véhicule (Partie III). Cette différence est importante puisqu'elle signifie notamment pour l'Europe qu'à partir de juillet 2022, les composants autres que le système de stockage et le véhicule dans son ensemble ne seront plus soumis à homologation par les autorités.

## 8.2.2 Exigences relatives au système de stockage

Le système de stockage doit être conçu pour résister aux pressions mises en œuvre, aux températures internes et externes et aux conditions auxquelles il peut être soumis au cours de son cycle de vie. Le règlement R134 spécifie une série d'essais (Tableau 51) auxquels le système de stockage (Figure 29) composé du réservoir et de ses accessoires de sécurité (TPRD<sup>102</sup>, vanne d'arrêt, clapet anti-retour) doit être soumis pour homologation.

**Système de stockage de l'hydrogène comprimé d'un modèle courant**

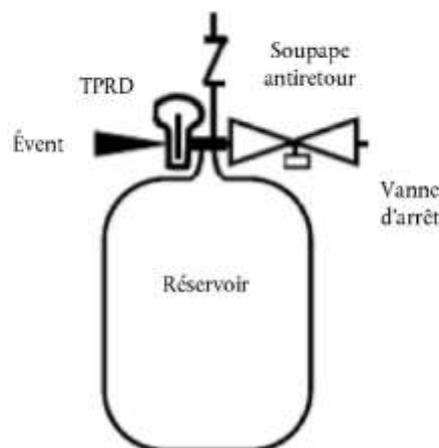


Figure 29 : Système de stockage courant tel que décrit par le règlement R134

Les essais présentés dans le Tableau 51 sont très proches dans leurs principes et dans les critères de succès des essais spécifiés par le règlement (UE) 406/2010. La Figure 30 et la Figure 31 présentent de façon synthétique le principe des essais destinés à qualifier les réservoirs.

5.1.	Essai de vérification des caractéristiques mesurées de référence
5.1.1.	Pression d'éclatement initiale de référence
5.1.2.	Nombre de cycles de pression initiale de référence
5.2.	Essai de vérification de la durabilité des caractéristiques (essais hydrauliques en séquence)
5.2.1.	Essai de pression d'épreuve
5.2.2.	Essai de chute (choc)
5.2.3.	Dégâts en surface

<sup>102</sup> Thermally activated pressure relief device = dispositif de décompression activé par la chaleur

5.2.4.	Essais d'exposition aux agents chimiques et aux cycles de pression à température ambiante
5.2.5.	Essai de pression statique à haute température
5.2.6.	Cycles de pression aux températures extrêmes
5.2.7.	Essai de pression résiduelle
5.2.8.	Essai de résistance résiduelle à l'éclatement
5.3.	Essai de vérification des caractéristiques attendues pour une utilisation sur route (essais pneumatiques en séquence)
5.3.1.	Essai de pression d'épreuve
5.3.2.	Cycles de pression à température ambiante et aux températures extrêmes (essais pneumatiques)
5.3.3.	Essais de fuite/perméation sous une pression statique, aux températures extrêmes (essais pneumatiques)
5.3.4.	Essai de pression résiduelle
5.3.5.	Essai de résistance résiduelle à l'éclatement (essai hydraulique)
5.4.	Essai de vérification de la résistance au feu (conditions de retrait du service)
5.5.	Essai de vérification de la durabilité des dispositifs de fermeture

Tableau 51 : Vue d'ensemble des essais correspondant à des prescriptions fonctionnelles définis pour le système de stockage

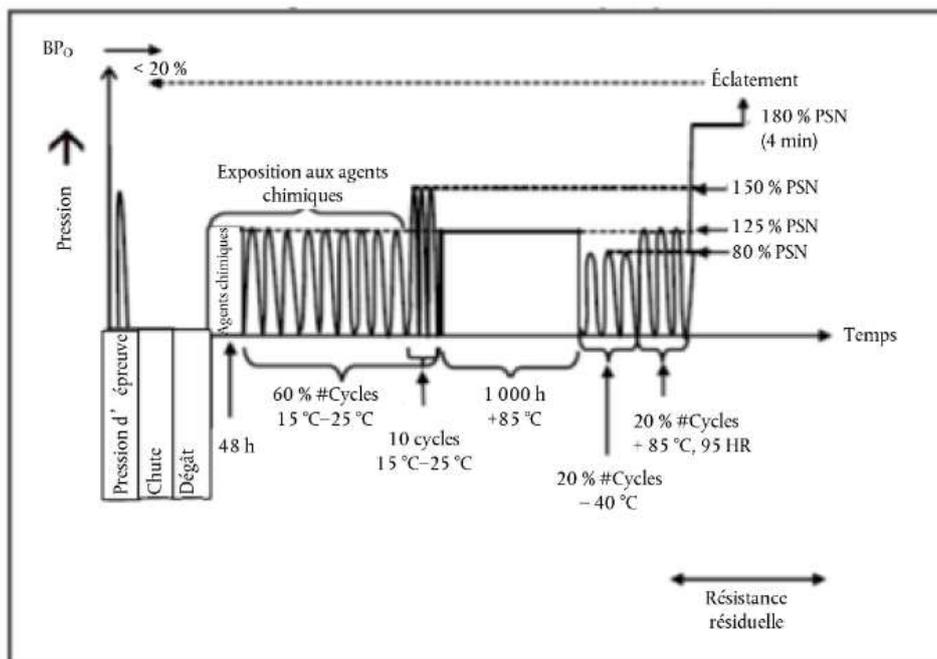


Figure 30 : Représentation synthétique des essais de vérification de la durabilité des caractéristiques

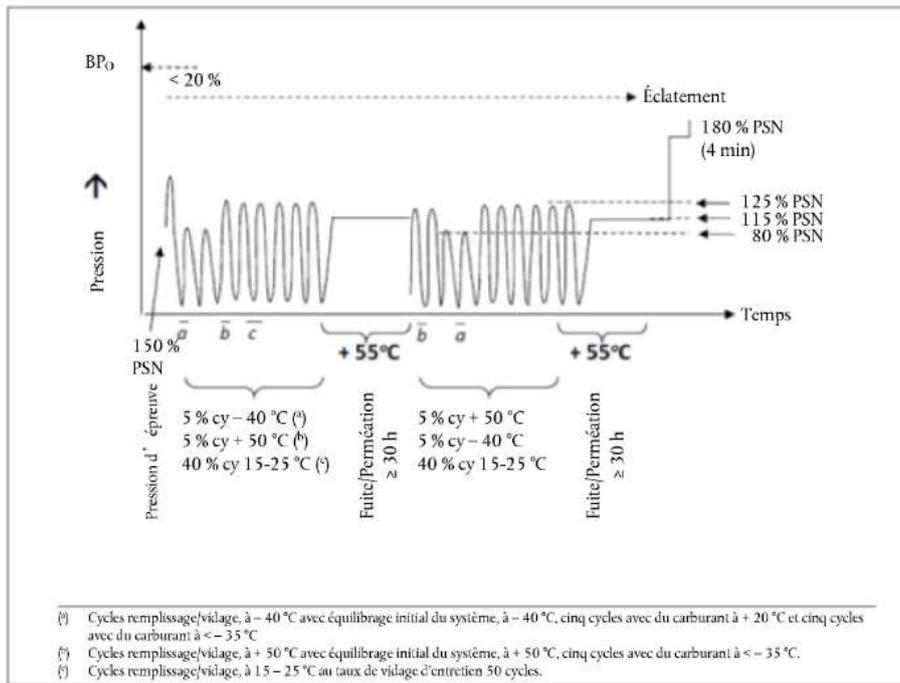


Figure 31 : Essai de vérification des caractéristiques attendues en utilisation sur route (essais pneumatiques/hydrauliques)

L'essai de vérification de la résistance au feu est réalisé sur le réservoir muni de ses accessoires de sécurité rempli d'hydrogène à 100% de sa pression nominale de service. L'essai vise à démontrer que le réservoir exposé à un feu ne va pas éclater et que le TPRD va correctement se déclencher et évacuer la pression. L'essai se déroule en deux phases (cf. Figure 32) : une première phase d'exposition à un feu localisé au plus loin du TPRD et une seconde phase de feu enveloppant.

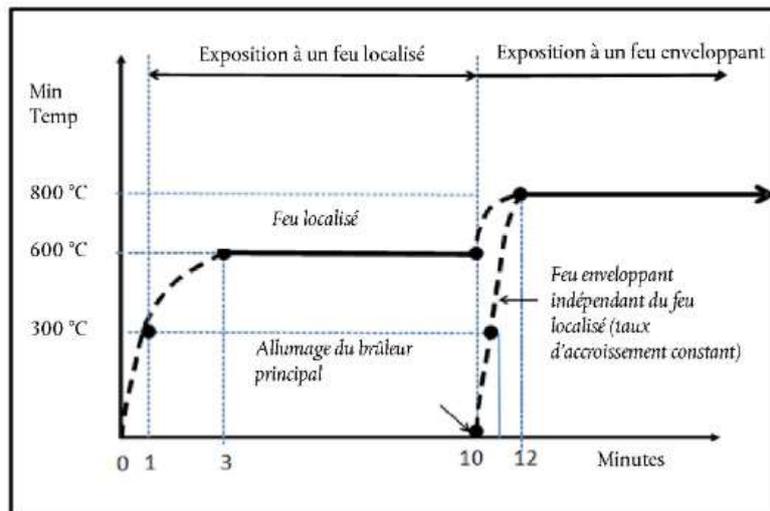


Figure 32 : Rampes de température appliquées pour l'essai de vérification de la résistance au feu

En plus des essais relatifs au réservoir, le règlement R134 définit aussi des essais pour l'homologation des accessoires du système de stockage : TPRD, vannes d'arrêt et clapet anti-retour.

1.1	Essai de cycles de pression
1.2	Essai accéléré de durée de vie
1.3	Essai de cycles de température

1.4	Essai de résistance à la corrosion par le sel
1.5	Essai d'exposition aux agents chimiques de l'environnement automobile
1.6	Essai de rupture par corrosion sous tension
1.7	Essai de chute et de vibration
1.8	Essai de fuite
1.9	Essai d'actionnement au banc
1.10	Essai de débit

Tableau 52 : Essais d'homologation du TPRD

2.1	Essai de résistance hydrostatique
2.2	Essai de fuite
2.3	Essai de cyclage à des températures extrêmes
2.4	Essai de résistance à la corrosion par le sel
2.5	Essai d'exposition aux agents chimiques de l'environnement automobile
2.6	Essai d'exposition aux agents atmosphériques
2.7	Essais électriques
2.8	Essai de vibration
2.9	Essai de fissuration par corrosion sous tension
2.10	Essai d'exposition à l'hydrogène prérefroidi

Tableau 53 : Essais d'homologation des vannes d'arrêt et soupapes anti-retour

### 8.2.3 Exigences relatives au véhicule

En plus des essais sur les composants, le règlement R134 définit des exigences quant à l'agencement des composants dans le véhicule et la résistance du système à hydrogène à une situation d'accident.

Les exigences concernent :

- Le montage et l'emplacement de l'embout de remplissage ;
- La protection contre la surpression du système basse pression ;
- Le système d'évacuation de l'hydrogène depuis le dispositif de décompression ;
- Le système d'évacuation de l'échappement du véhicule. La concentration en hydrogène à la sortie de l'échappement ne doit pas dépasser 4% en moyenne sur 3 secondes et 8% en pic ;
- La protection contre le risque incendie ;
- La prévention des fuites ;
- La détection de concentrations dangereuses d'hydrogène dans l'habitacle ;
- L'intégrité du système de carburant après un choc : sur ce point, le règlement demande d'effectuer un essai de choc (crash-test) conformément aux règlements UNECE n°12 ou n°94 et selon le règlement n°95. Cet essai peut être remplacé par un essai d'accélération ;  
A l'issue de ces essais, le taux de fuite ne doit pas dépasser 118 NI/min et la concentration ne doit pas atteindre des valeurs dangereuses dans l'habitacle et le réservoir doit être resté fixé au véhicule.
- L'emplacement du réservoir au sein du véhicule.

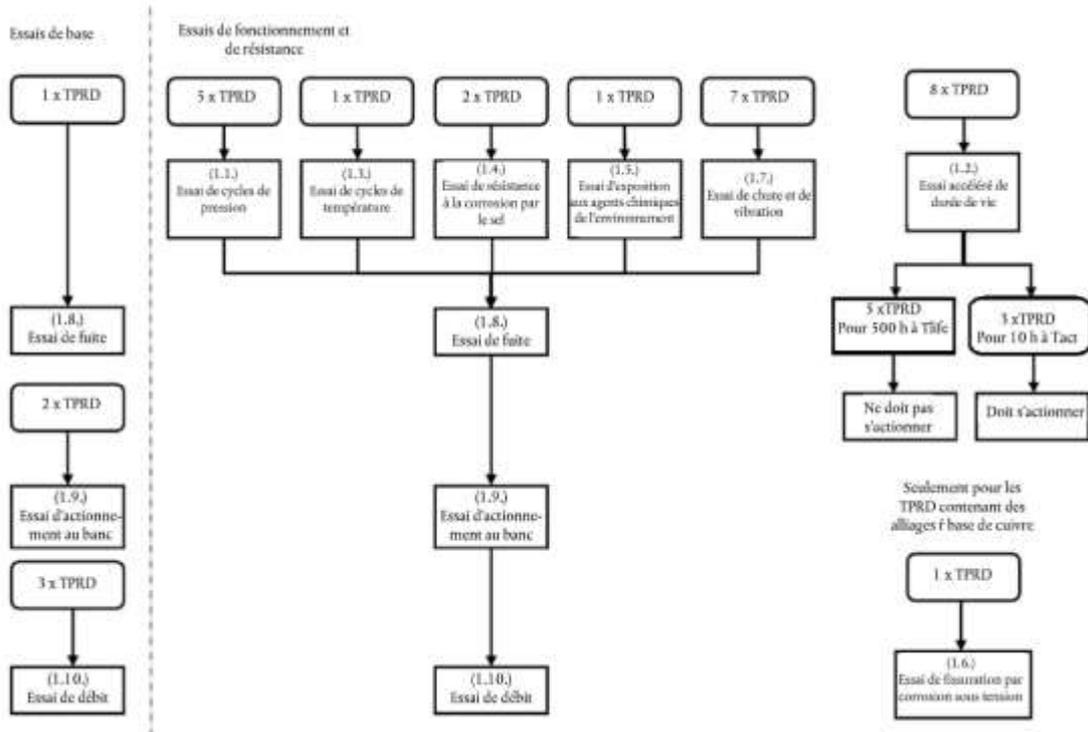


Figure 33 : Vue d'ensemble des essais applicables aux TPRD (Règlement R134)

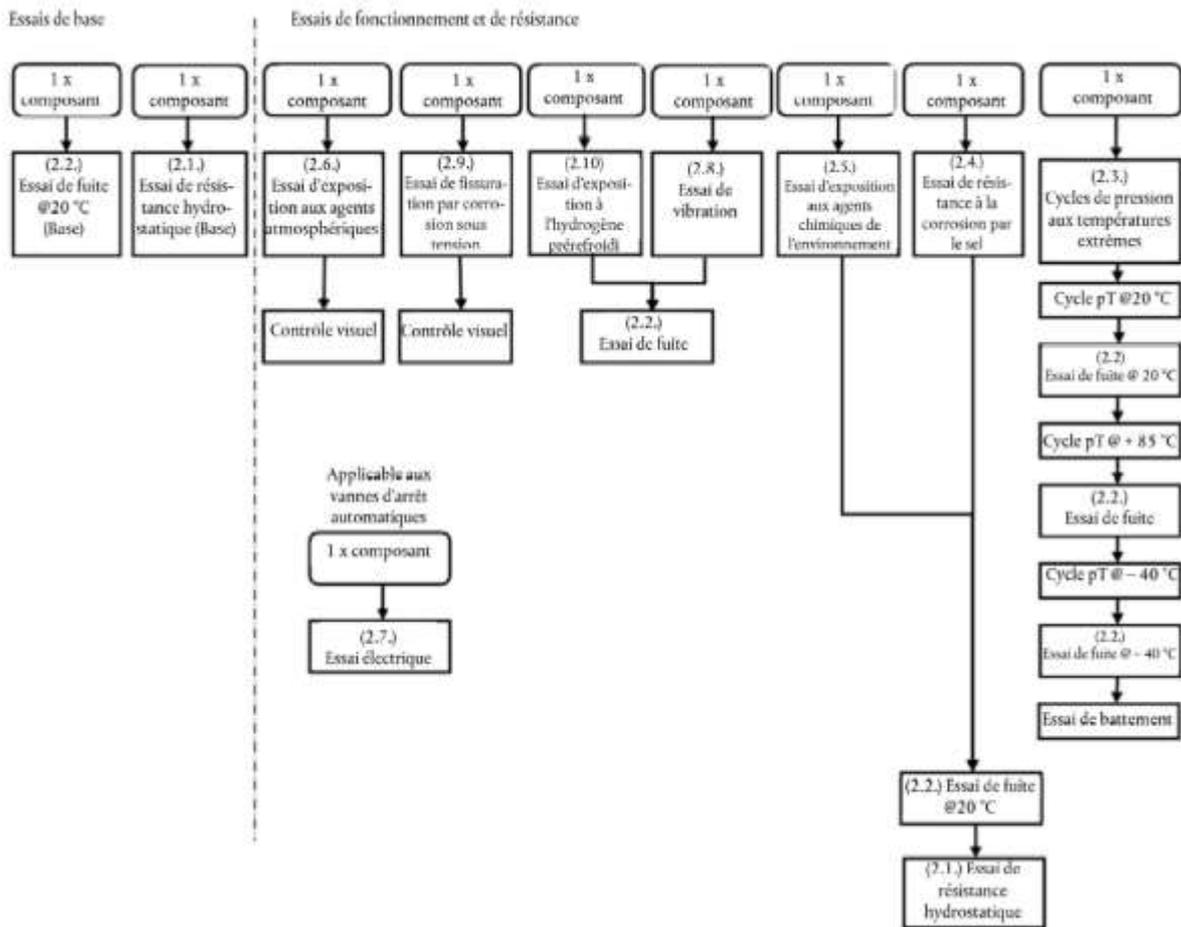


Figure 34 : Vue d'ensemble des essais applicables aux soupapes antiretour et vannes d'arrêt automatiques (Règlement R134)

## 8.2.4 Procédures d'homologation

Le règlement R134 définit les procédures d'homologation des réservoirs et véhicules. Les principes sont les mêmes que ceux présentés aux § 8.1.4.2, 8.1.4.3 et 8.1.4.4. Les modèles de documentation pour les diverses étapes du processus et de marquage sont aussi définis dans le règlement R134.

## 8.3 Règlement d'exécution (UE) 2021/535<sup>103</sup>

Le règlement d'exécution (UE) 2021/535 vient compléter le règlement (UE) 2019/2144 et donc le règlement ONU N° R134 qui devient la référence au niveau européen pour les véhicules à hydrogène.

En pratique, ce règlement apporte des compléments et précisions quant à la mise en œuvre des procédures de réception UE par type des composants et véhicules concernés par le règlement ONU. Il définit aussi des spécifications supplémentaires à celles définies dans le règlement R134 et qui sont assez proches de celles définies dans les règlements (CE) 79/2009 et 406/2010. Celles-ci concernent :

- La réception par type des systèmes de stockage d'hydrogène liquéfié,
- La réception par type de composants spécifiques du système de stockage d'hydrogène liquéfié,
- La réception par type des systèmes d'alimentation en carburant des véhicules comportant des systèmes de stockage d'hydrogène liquéfié,
- Les spécifications techniques applicables aux véhicules à moteur en ce qui concerne leur système hydrogène, y compris la compatibilité des matériaux, l'embout de remplissage et l'identification du véhicule,
- Les spécifications techniques applicables aux composants hydrogène en ce qui concerne la compatibilité des matériaux.

Il est important de noter que les spécifications techniques et les des composants autres que le système de stockage listés dans le Tableau 50 ne sont pas définies dans ce nouveau cadre réglementaire au-delà des matériaux et de l'intégration globale dans le véhicule. Ces composants sont cependant couverts par la série de normes ISO 12619, qui demeure toutefois d'application volontaire.

## 8.4 UN Global technical regulation No. 13<sup>104</sup>

Le règlement technique mondial n° 13 (GTR 13) est le document à l'origine du règlement R134. Il émane, comme le règlement R134 du WP29 *World Forum for the harmonization of vehicle regulations* de l'UNECE mais a été élaboré dans le cadre de l'accord de 1998<sup>105</sup>. Contrairement au règlement R134, le GTR 13 ne définit aucune procédure de certification, qui sont laissées à discrétion des états parties.

Les exigences applicables au système de carburant à hydrogène comprimé dans le cadre du GTR 13 sont similaires à celles définies dans R134.

En revanche, contrairement au règlement R134, le GTR 13 propose également des exigences facultatives pour les véhicules équipés d'un système de stockage d'hydrogène liquide. Ces exigences semblent néanmoins limitées en termes de couverture des éventuelles situations dangereuses. Le retour d'expérience sur les véhicules à hydrogène liquide restant limité, le GTR 13 précise que ces spécifications sont indicatives. Le GTR 13 comprend également des exigences applicables à la sécurité électrique du véhicule.

---

<sup>103</sup> Règlement d'exécution (UE) 2021/535 de la Commission du 31 mars 2021 établissant des règles relatives à l'application du règlement (UE) 2019/2144 du Parlement européen et du Conseil eu égard aux procédures uniformes et aux spécifications techniques pour la réception par type des véhicules, ainsi que des systèmes, composants et entités techniques distinctes destinés à ces véhicules, en ce qui concerne leurs caractéristiques générales de construction et leur sécurité

<sup>104</sup> Règlement technique mondial n° 13, Règlement technique mondial sur les véhicules à hydrogène à pile à combustible, Additif 13 du Registre mondial Élaboré le 18 novembre 2004, conformément à l'article 6 de l'Accord concernant l'établissement de règlements techniques mondiaux applicables aux véhicules à roues, ainsi qu'aux équipements et pièces qui peuvent être montés et/ou utilisés sur les véhicules à roues (ECE/TRANS/132 et Corr.1) en date, à Genève, du 25 juin 1998, <https://unece.org/transport/standards/transport/vehicle-regulations-wp29/global-technical-regulations-gtrs>

<sup>105</sup> Accord de 1998 concernant l'établissement de règlements techniques mondiaux applicables aux véhicules à roues, ainsi qu'aux équipements et pièces qui peuvent être montés et/ou utilisés sur les véhicules à roues.

Le GTR 13 s'applique à tous les véhicules à hydrogène des catégories 1-1 et 1-2 ayant un poids total en charge inférieur ou égal à 4536 kg. Il est à noter que cette limite de capacité n'a pas été retenue dans le règlement R134, qui est applicable à l'intégralité des catégories M et N. Le GTR 13 est actuellement en cours de révision.

## 8.5 Normes applicables aux véhicules à hydrogène et leurs composants

En complément des règlements présentés ci-avant, des normes spécifient aussi les exigences applicables aux composants du système hydrogène ou au véhicule. Dans certains cas, ces exigences sont très similaires à celles énoncées dans les règlements R134 ou (EC) 79/2009. Dans d'autres, elles peuvent être différentes ou complémentaires. Ainsi, la série de normes ISO 12619 traite de certains composants non traités dans les règlements.

Référence	Titre
Série ISO 12619	Véhicules routiers — Composants des circuits d'alimentation pour hydrogène gazeux comprimé (CGH2) et mélanges de gaz naturel et hydrogène
ISO 21266-1:2018	Véhicules routiers — Systèmes d'alimentation pour hydrogène gazeux comprimé (CGH2) et mélanges d'hydrogène et de gaz naturel — Partie 1 : Exigences de sécurité
ISO 21266-2:2018	Véhicules routiers — Systèmes d'alimentation pour hydrogène gazeux comprimé (CGH2) et mélanges d'hydrogène et de gaz naturel — Partie 2 : Méthodes d'essai
ISO 19881:2018	Hydrogène gazeux — Réservoirs de carburant pour véhicules terrestres
ISO 19882:2018	Hydrogène gazeux — Dispositifs limiteurs de pression thermiquement activés pour les conteneurs de carburant de véhicules à hydrogène comprimé
ISO 23273:2013	Véhicules routiers alimentés par pile à combustible - Spécifications de sécurité - Protection contre les dangers de l'hydrogène pour les véhicules utilisant de l'hydrogène comprimé
ISO 23828:2013	Véhicules routiers avec pile à combustible - Mesurage de la consommation d'énergie - Véhicules alimentés par hydrogène comprimé

Tableau 54 : Normes applicables aux véhicules à hydrogène et leurs composants

### 8.5.1 ISO 12619 Véhicules routiers — Composants des circuits d'alimentation pour hydrogène gazeux comprimé (CGH2) et mélanges de gaz naturel et hydrogène

La série ISO 12619 a été élaborée sous la responsabilité de l'ISO TC 22 Véhicules routiers, sous-comité SC 25, Véhicules utilisant des carburants gazeux. Elle fournit des spécifications et des procédures d'essai pour les composants des véhicules à hydrogène, certains d'entre eux couverts par la réglementation (CE) 79/2009 et d'autres non. Son champ d'application englobe les véhicules à pile à combustible mais aussi les véhicules utilisant un moteur thermique.

Référence	Titre
ISO 12619-1:2014	Partie 1: Exigences générales et définitions
ISO 12619-2:2014	Partie 2: Performance et méthodes d'essai en général (+ amendement 1 in 2016)
ISO 12619-3:2014	Partie 3: Régulateur de pression (+Amendement 1 in 2016)
ISO 12619-4:2016	Partie 4: Clapet de non retour
ISO 12619-5:2016	Partie 5: Vanne manuelle
ISO 12619-6:2017	Partie 6: Vanne automatique
ISO 12619-7:2017	Partie 7: Injecteur de gaz (non couvert par EC 79/2009)
ISO 12619-8:2017	Partie 8: Indicateur de pression (non couvert par EC 79/2009)
ISO 12619-9:2017	Partie 9: Soupape de surpression (PRV)
ISO 12619-10:2017	Partie 10: Dispositif de surpression (PRD)
ISO 12619-11:2017	Partie 11: Vanne de limitation de débit (non couvert par EC 79/2009)
ISO 12619-12:2017	Partie 12: Compartiment étanche au gaz et tuyaux de ventilation (non couvert par EC 79/2009)
ISO 12619-13:2017	Partie 13: Tuyauterie rigide pour combustible en acier inox (non couvert par EC 79/2009)

ISO 12619-14:2017	Partie 14: Tuyauterie flexible pour combustible
ISO 12619-15:2017	Partie 15: Filtre
ISO 12619-16:2017	Partie 16: Raccords

Tableau 55 : Normes de la série ISO 12619

Le Tableau 56 présente les essais requis pour les composants couverts par la série de norme ISO 12619. La norme ISO 12619-2 décrit les protocoles et exigences générales pour la réalisation des essais. Les normes spécifiques contiennent des exigences particulières relatives au composant concerné.

Type d'essai	Composant													
	3- Régulateur de pression	4- Clapet de non retour	5- Vanne manuelle	6- Vanne automatique	7- Injecteur de gaz	8- Indicateur de pression	9- Soupape de surpression (PRV)	10- Dispositif de surpression (PRD)	11- Vanne de limitation de débit	12- Compartiment étanche au gaz et tuyaux de ventilation	13- Tuyauterie rigide pour combustible en acier inox	14- Tuyauterie flexible pour combustible	15- Filtre	16- Raccords
Résistance pneumatique					X									
Résistance hydrostatique	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X
Fuite externe	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Fuite interne		X	X	X	X	X	X	X	X					
Résistance au couple excessif	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X
Moment de flexion	X	X	X	X	X	X	X	X	X				X	X
Opération continue	X	X	X	X	X	X	X	X	X			X	X	X
Résistance à la corrosion	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Vieillessement à l'oxygène	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X
Vieillessement à l'ozone	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X
Surtensions électriques	X			X	X	X								
Matériau non métallique, Immersion	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X
Résistance aux vibrations	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			X	X
Compatibilité des matériaux en l'air	X	X	X		X	X	X	X	X			X	X	X
Compatibilité des matériaux non métalliques avec l'hydrogène	X	X	X	X	X	X	X	X						
Compatibilité des matériaux métalliques avec l'hydrogène	X													
Test d'exposition à l'hydrogène pré-refroidi		X	X											
Résistance d'isolement	X				X	X								
Résistance aux ultraviolets des surfaces externes	X	X		X	X	X	X							
Exposition aux fluides automobiles	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Impulsion de pression	X			X					X					
Gel de la chemise d'eau	X													
Vieillessement par la chaleur	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
N-Pentane	X	X	X	X	X	X	X							
Exigences relatives aux matériaux	X	X	X	X										
Tension de fonctionnement minimale						X								
Opération							X		X					
Activation (essai feu)								X						
Cyclage thermique								X						
Résistance à la corrosion des condensats								X						
Capacité d'écoulement								X						
Impact dû aux chutes et aux vibrations								X						
Test de résistance à l'arrachement										X		X		X
Test de résistance au pliage											X	X		
Conductivité électrique												X		
Perméabilité												X		

Tableau 56 : Synthèse des essais prévus dans le cadre de la série de normes ISO 12619

La série de norme ISO 12619 a été éditée entre 2014 et 2017 par l'ISO TC 22 consacré aux véhicules routiers sur la base de travaux ayant débuté au début des années 2010. Les acteurs de la filière véhicules à hydrogène souhaitent faire évoluer ce corpus normatif. Un nouveau projet vient d'être proposé en ce sens pour être mené dans le cadre de l'ISO TC 197, technologies de l'hydrogène.

## 8.5.2 Autres normes pertinentes

### 8.5.2.1 ISO 21266-1 et 21266-2 Véhicules routiers — Systèmes d'alimentation pour hydrogène gazeux comprimé (CGH2) et mélanges d'hydrogène et de gaz naturel

L'ISO 21266-1 précise en particulier les exigences relatives à l'installation du système hydrogène au sein du véhicule.

L'ISO 21266-2 définit notamment les essais de vérification de l'installation correcte du système d'alimentation en hydrogène dans la voiture (Tableau 57).

Essai	Description
<b>Essais de résistance de la fixation du réservoir</b>	L'objectif de cet essai est de s'assurer que le réservoir est correctement fixé à la structure du véhicule
- Test d'inertie	Le montage du réservoir fixé à la structure du véhicule est installé sur un plateau soumis à une accélération. Le montage doit résister.
- Test statique	En alternative au test d'inertie on applique une force sur le réservoir, qui doit rester accroché.
- Méthode alternative	Un crash test tel que défini dans le R134 est accepté comme alternative au test d'inertie et au test statique
<b>Test de fuite</b>	La vérification d'absence de fuite est réalisée sur tous les véhicules
<b>Test fonctionnel : Test de la vanne d'arrêt principale</b>	Ce test permet de vérifier le bon fonctionnement de la vanne de fermeture automatique
<b>Vérification du dégagement du réceptacle de remplissage</b>	L'espace autour du réceptacle doit être conforme aux spécifications de l'ISO 21266-1
<b>Tests de montage du réceptacle</b>	Le réceptacle doit rester étanche après que celui-ci ait subi une traction le long de son axe de 670 N et un moment de torsion de 200 N.m

Tableau 57 : Essais définis dans l'ISO 21266-2

### 8.5.2.2 ISO 19881 Hydrogène gazeux — Réservoirs de carburant pour véhicules terrestres

Les conditions de service standard spécifiées dans l'ISO 19881 sont fournies comme base pour la conception, la fabrication, l'inspection, les essais et l'homologation des conteneurs qui doivent être montés en permanence sur les véhicules et utilisés pour stocker l'hydrogène comprimé destiné à être utilisé comme carburant à bord des véhicules. Les conteneurs sont destinés à être installés sur des véhicules conformément aux normes SAE J2578, SAE J2579, CEI 62282-4-101, UN GTR n° 13 ou d'autres normes équivalentes.

L'ISO 19881 introduit trois catégories différentes de conteneurs de carburant.

Catégorie A : classe de conteneurs destinés à être utilisés dans des applications de véhicules terrestres légers et lourds, quel que soit le potentiel de qualification supplémentaire au RTM no 13 de l'ONU pour les véhicules à hydrogène et à pile à combustible,

Catégorie B : des conteneurs de la classe 4 d'une pression de service nominale de 70 MPa destinés à être qualifiés ultérieurement conformément au RTM N° 13 de l'ONU pour les véhicules à hydrogène et à pile à combustible d'une masse brute de véhicule de 4536 kg ou moins,

Catégorie C : classe de conteneurs destinés à être utilisés sur des camions industriels fonctionnant à l'hydrogène.

Les exigences de conception et les essais de qualification des citernes de catégorie B (véhicules utilitaires légers) sont identiques à ceux définis dans les GTR n°13 ou R134. Pour les autres catégories, les exigences de conception ne présentent que de très petites différences par rapport à ce qui est spécifié dans R134.

En plus des exigences de conception et des essais de qualification associés, l'ISO 19881 introduit les exigences relatives aux matériaux et les essais associés. Enfin, l'ISO 19881 définit aussi les tests systématiques de production.

### 8.5.2.3 ISO 19882 Hydrogène gazeux — Dispositifs limiteurs de pression thermiquement activés pour les conteneurs de carburant de véhicules à hydrogène comprimé

Ce document établit les exigences minimales pour les dispositifs de décompression thermiquement activés destinés à être utilisés sur les réservoirs de carburant de véhicules à hydrogène conformes aux normes ISO 19881, CEI 62282-4-101, ANSI HGV 2, CSA B51 Part 2, EC79 / EU406, SAE J2579 ou UN GTR n°13. Les exigences de la norme ISO 19882 sont donc a priori cohérentes avec la plupart des exigences de ces référentiels. Les dispositifs de décompression traités par cette norme sont destinés à protéger les réservoirs contre l'éclatement en cas de feu. La norme définit des exigences de conception et les essais de qualification et de production. En plus des essais standard définis par la norme, le programme d'essai doit aussi intégrer des essais résultant des conclusions d'une analyse de risques de type AMDEC, qui doit être effectuée systématiquement sur le dispositif.

## 8.6 Proposition de règlement UNECE pour l'homologation des véhicules à hydrogène de la catégorie L

En complément du règlement R134, qui ne traite que des véhicules de catégorie M et N, des réflexions sont en cours pour l'élaboration d'une réglementation concernant les véhicules de la catégorie L, à savoir les motos et les cyclomoteurs, ainsi que les véhicules tout terrain (quads) et d'autres petits véhicules à moteur de trois ou quatre roues. Au sein de la catégorie L, les motos sont réparties en deux groupes : les motos avec et les motos sans side-cars. Il existe également un sous-groupe pour les motos à trois roues, qui sont dotées de moteurs moins puissants et sont moins rapides que les tricycles motorisés. Une proposition de règlement a été rédigée par le groupe de travail WP29 en lien avec le GTR n° 13<sup>106</sup>. Ce règlement n'a pas encore été adopté formellement. Sa structure est très similaire à la structure actuelle du GTR n° 13. Le système de stockage de l'hydrogène est soumis à des essais directement dérivés des essais définis dans le cadre du règlement R134.

## 8.7 Difficultés d'application de la réglementation relative aux véhicules

### 8.7.1 Véhicules lourds

Les règlements R134 et (CE) 79/2009 concernent les véhicules de catégorie M et N. Dans les deux cas aucune limite de poids de véhicule n'est spécifiée. Cependant, ces règlements ont été rédigés sur la base de travaux portant principalement sur des véhicules légers de type voiture. Le développement de véhicules lourds à hydrogène incite à s'interroger sur la robustesse des exigences de ces deux règlements pour des véhicules lourds. En particulier, le règlement R134 est issu du GTR 13 qui s'applique aux véhicules à hydrogène des catégories 1-1 et 1-2, ayant un poids total en charge (PTC) inférieur ou égal à 4 536 kg, limite qui n'est pas reprise dans le R134. A titre d'exemple, les conditions d'essai pour la résistance au feu limitent l'application du feu enveloppant à une longueur de 1,65 m qui n'est plus pertinente pour les réservoirs de nouvelle génération développés pour les véhicules lourds.

### 8.7.2 Véhicules non couverts par les réglementations actuelles

Bien qu'un projet de règlement soit à l'étude pour les cycles, celui-ci n'est toujours pas adopté. Il n'existe donc pas, à ce stade, de base réglementaire pour définir les exigences qui leurs sont applicables. Il en va de même pour les tracteurs et autres engins agricoles roulant sur la route.

### 8.7.3 Hydrogène liquide

Bien que le règlement (CE) 79/2009 et le GTR 13 et, depuis mars 2021 le règlement 2021/535, contiennent des dispositions applicables aux véhicules à hydrogène liquide, l'état des développements de la

---

<sup>106</sup> Proposition de nouveau Règlement ONU sur les véhicules à hydrogène à pile à combustible, de catégorie L, Communication du Groupe de travail de la sécurité passive, ECE/TRANS/WP.29/2018/68 <https://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/doc/2018/wp29/ECE-TRANS-WP29-2018-068f.pdf>

technologie fait qu'on dispose encore de peu de recul sur la mise en œuvre de l'hydrogène liquide et sur la pertinence du cadre réglementaire applicable.

Les deux normes relatives à l'utilisation d'hydrogène liquide dans les véhicules : l'ISO 13984 1999 et l'ISO 13985 : 2006 sont relativement anciennes et seront probablement révisées si des projets de développement de solutions basées sur l'hydrogène liquide sont lancés dans les prochaines années.

#### 8.7.4 Disponibilité des moyens d'essais

Le chapitre 12.2 présente les principaux moyens d'essai actuellement disponibles en France. Plusieurs laboratoires sont actuellement en train de développer une offre d'essai pour la qualification et l'homologation des réservoirs et des composants hydrogène pour les véhicules. Ces outils seront cependant disponibles essentiellement à partir de 2023.

## 9 Réglementation relative au transport de matière dangereuse

---

### 9.1 Règlementations issues des accords internationaux relatifs au transport des matières dangereuses

Le transport des marchandises dangereuses est réglementé en Europe par la directive 2008/68/CE<sup>107</sup> et en France par l'arrêté du 29 mai 2009 relatif aux transports de marchandises dangereuses par voies terrestres (dit « arrêté TMD ») qui mettent en œuvre les règlements internationaux : ADR<sup>111</sup> pour la route, RID<sup>108</sup> pour le rail et ADN<sup>112</sup> pour le transport fluvial.

Le transport maritime est régi par des codes et recueils de règles internationales fixées par l'Organisation Maritime Internationale (OMI) et mis en œuvre en France par l'arrêté du 23 novembre 1987.

Le transport aérien est régi par les instructions techniques pour la sécurité du transport aérien des marchandises dangereuses de l'Organisation de l'aviation civile internationale (OACI).

Ces réglementations s'appuient sur un système général harmonisé de classification et d'étiquetage des produits chimiques (SGH)<sup>109</sup>.

Tous ces règlements relatifs au transport des matières dangereuses ont en commun de définir pour chaque catégorie de produit définie dans le SGH des prescriptions relatives à l'emballage pour le transport. Les citernes ou les emballages doivent être certifiés par des autorités compétentes.

L'hydrogène, gaz inflammable, transporté sous pression ou sous forme liquide cryogénique doit être transporté dans des récipients adaptés. Les récipients sous pression, y compris les récipients cryogéniques fermés, relèvent de la directive relative aux équipements sous pression transportables, présentée au paragraphe suivant.

### 9.2 Directive DESPT (2010/35/UE) Equipements sous pression transportables<sup>110</sup>

#### 9.2.1 Champ d'application

La directive 2010/35/UE définit les règles détaillées concernant les équipements sous pression transportables à savoir :

a) tous les récipients à pression, leurs robinets et autres accessoires le cas échéant, tels qu'ils sont couverts par le chapitre 6.2 des règlements ADR, RID et ADN ;

---

<sup>107</sup> Directive 2008/68/CE du parlement européen et du conseil du 24 septembre 2008 relative au transport intérieur des marchandises dangereuses

<sup>108</sup> [http://otif.org/fr/?page\\_id=1105](http://otif.org/fr/?page_id=1105) et [http://otif.org/fileadmin/new/3-Reference-Text/3B-RID/RID\\_2021\\_f\\_01\\_November\\_2020.pdf](http://otif.org/fileadmin/new/3-Reference-Text/3B-RID/RID_2021_f_01_November_2020.pdf)

<sup>109</sup> [http://www.unece.org/fr/trans/danger/publi/ghs/ghs\\_rev06/06files\\_f.html](http://www.unece.org/fr/trans/danger/publi/ghs/ghs_rev06/06files_f.html)

<sup>110</sup> Directive 2010/35/UE du Parlement européen et du Conseil du 16 juin 2010 relative aux équipements sous pression transportables et abrogeant les directives du Conseil 76/767/CEE, 84/525/CEE, 84/526/CEE, 84/527/CEE et 1999/36/CE

b) les citernes, les véhicules-batteries ou les wagons-batteries, les conteneurs à gaz à éléments multiples (CGEM), leurs robinets et autres accessoires le cas échéant, tels qu'ils sont couverts par le chapitre 6.8 des règlements ADR<sup>111</sup>, RID et ADN<sup>112</sup>.

Lorsqu'ils mettent sur le marché leur équipement sous pression transportable, les fabricants veillent à ce qu'il ait été conçu et fabriqué et soit accompagné des documents requis conformément aux exigences énoncées dans les règlements ADR, RID et ADN et dans la directive DESPT.

## 9.2.2 Exigences

Les exigences pour les ESPT sont spécifiées dans les règlements ADR, RID et ADN au chapitre 6.2 en ce qui concerne les récipients à pression, incluant les cartouches à gaz, leurs robinets et autres accessoires le cas échéant et 6.8 pour les citernes, véhicules-batteries ou wagons-batteries, conteneurs à gaz à éléments multiples (CGEM), leurs robinets et autres accessoires le cas échéant. Ces prescriptions portent aussi bien sur la conception, la fabrication et les contrôles initiaux que sur les contrôles périodiques. Le chapitre 6 de l'ADN renvoie directement à l'ADR. Le règlement RID a une structure et un contenu très proche du règlement ADR. Seuls certains articles diffèrent. En particulier, le règlement RID fait référence à certaines normes récentes qui n'ont pas encore été prises en compte dans le cadre du règlement ADR. Les récipients à pression spécifiés au chapitre 6.2 sont ceux qui répondent aux exigences de transport de gaz dangereux sous pression, liquéfiés sous pression ou cryogéniques définies dans l'instruction d'emballage P200 au 4.1.4.1 de l'ADR.

Les récipients à pression et leurs fermetures doivent être conçus, fabriqués, éprouvés et équipés de manière à supporter toutes les conditions normales rencontrées en cours de transport et d'utilisation, y compris la fatigue.

Les pressions d'épreuve sont définies pour chaque type de substance dans l'instruction technique P200. Pour les gaz comprimés, la pression de service ne doit pas être supérieures aux deux tiers de la pression d'épreuve.

Des prescriptions sont formulées quant à la conception des cadres dans lesquels sont assemblés des récipients sous pression.

Les matériaux, les équipements de service, les dispositifs de décompression font aussi l'objet de prescriptions spécifiques.

Les procédures d'agrément des récipients à pression sont aussi décrites.

Les prescriptions applicables aux récipients dits « UN » font très largement appel à des normes ISO spécifiques, dont l'application est obligatoire. Le tableau suivant présente quelques-unes de ces normes ou séries de normes pertinentes pour les systèmes de stockage d'hydrogène transportables « UN ». Elles traitent de la conception, de la fabrication et des essais de type destinés à la qualification initiale de type ou individuelle. Il convient de vérifier la version de la norme mentionnée dans le règlement. Seules les versions référencées dans le règlement sont acceptées. Dans certains cas, il peut y avoir un délai important avant que la dernière version de la norme en vigueur soit acceptée dans le règlement relatif au transport des matières dangereuses.

Référence	Titre
ISO 9809	Bouteilles à gaz – Bouteilles à gaz rechargeables en acier sans soudure
ISO 11119	Bouteilles à gaz – Bouteilles à gaz rechargeables en matériau composite et tubes
ISO 11120	Bouteilles à gaz – Tubes en acier sans soudure rechargeable d'une contenance en eau de 150 L à 3000 L
ISO 11515	Bouteilles à gaz – Bouteilles tubulaires en composite renforcé rechargeables d'une capacité de 450 L à 3000 L
ISO 21029	Récipients cryogéniques – Récipients transportables isolés sous vide d'un volume n'excédant pas 1000 L
ISO 16111	Appareils de stockage de gaz transportables – Hydrogène absorbé dans un hydrure métallique réversible
ISO 11117	Bouteilles à gaz – chapeaux fermés et chapeaux ouverts de protection des robinets de bouteilles à gaz industriels et médicaux – Conception, construction et essais

<sup>111</sup> Présentation générale de l'ADR [https://www.unece.org/fr/trans/danger/publi/adr/adr\\_f.html](https://www.unece.org/fr/trans/danger/publi/adr/adr_f.html) et dernière version applicable <https://www.unece.org/fr/trans/areas-of-work/dangerous-goods/legal-instruments-and-recommendations/adr/adr-2019-files.html>

<sup>112</sup> Présentation générale de l'ADN [https://www.unece.org/fr/trans/danger/publi/adn/adn\\_e.html](https://www.unece.org/fr/trans/danger/publi/adn/adn_e.html) et dernière version applicable [https://www.unece.org/fr/trans/danger/publi/adn/adn2017/19files\\_e.html](https://www.unece.org/fr/trans/danger/publi/adn/adn2017/19files_e.html)

ISO 10297	Bouteilles à gaz- Robinets de bouteilles à gaz rechargeables
ISO 14246	Bouteilles à gaz – Robinets de bouteille à gaz – essais de fabrication et contrôles
ISO 16111	Appareils de stockage de gaz transportables – Hydrogène absorbé dans un hydrure métallique réversible

Tableau 58 : Normes applicables aux équipements sous pression transportables citées dans l'ADR

D'autres normes traitent des contrôles et épreuves périodiques que doivent subir les bouteilles et leurs fermetures.

Référence	Titre
ISO 6406	Contrôles et essais périodiques des bouteilles à gaz en acier sans soudure
ISO 10461	Bouteilles à gaz sans soudure en alliage d'aluminium – Contrôles et essais périodiques
ISO 11623	Bouteilles à gaz – Construction composite – Contrôle et essais périodiques
ISO 22434	Bouteilles à gaz transportables – Contrôle et maintenance des robinets de bouteilles
ISO 16111	Appareils de stockage de gaz transportables – Hydrogène absorbé dans un hydrure métallique réversible

Tableau 59 : Autres normes relatives aux contrôles et essais

Les récipients « UN » font l'objet d'un marquage spécifique.

Les récipients « non UN » sont conçus et testés selon les exigences générales de l'ADR énoncées au 6.2.3, 6.2.4 et 6.2.5 et selon un ensemble de normes ISO ou EN plus large que pour les récipients « UN ». L'application de ces normes est obligatoire, mais l'ADR prévoit la possibilité d'exceptions, qui sont traitées au 6.2.5.

Au même titre que les récipients, les citernes font l'objet de prescriptions et de procédures définies au chapitre 6.8. Nous ne les détaillerons pas dans le présent guide.

### 9.2.3 Evaluation de la conformité

Selon l'ADR, l'évaluation de la conformité fait appel à des organismes de contrôle notifiés compétents pour les diverses étapes du processus :

- Agrément de type (ON de type A)
- Surveillance de la fabrication (ON de type A ou IS)
- Contrôles et épreuves initiaux (ON de type A ou IS)
- Contrôles périodiques (ON de type A, de type B ou IS)
- Audit du service interne d'inspection (ON de type A)

Les organismes notifiés de type B sont accrédités uniquement pour le contrôle périodique. IS désigne un service interne d'inspection, qui opère sous la surveillance d'un organisme de contrôle notifié de type A. Les organismes notifiés et les services internes d'inspection doivent être accrédités selon la norme *EN ISO/CEI 17020 : 2012. Évaluation de la conformité - Exigences pour le fonctionnement de différents types d'organismes procédant à l'inspection.*

Les essais peuvent être réalisés dans des laboratoires d'essai distincts des organismes de contrôle notifiés. Ces laboratoires doivent être accrédités selon la norme *EN ISO/CEI 17025 Exigences générales concernant la compétence des laboratoires d'étalonnages et d'essais.*

Les contrôles et épreuves initiaux des récipients à pression neufs comprennent notamment (cf. 6.2.1.5 de l'ADR) :

Sur un échantillon suffisant de récipients à pression :

- Essais pour vérifier les caractéristiques mécaniques du matériau de construction ;
- Vérification de l'épaisseur minimale de la paroi ;
- Vérification de l'homogénéité du matériau pour chaque lot de fabrication ;
- Contrôle de l'état extérieur et intérieur des récipients à pression ;
- Contrôle du filetage des goulots ;
- Vérification de la conformité avec la norme de conception.

Pour tous les récipients à pression :

- g) Epreuve de pression hydraulique : les récipients à pression doivent se conformer aux critères d'acceptation énoncés dans la norme technique de conception et de fabrication ou dans le code technique ;
- h) Examen et évaluation des défauts de fabrication ;
- i) Contrôle des marques apposées sur les récipients à pression.

## 9.2.4 Organismes notifiés

La liste complète des organismes notifiés est disponible sur le site de la Commission européenne<sup>113</sup>. Les organismes français sont présentés au Tableau 60.

Nom et adresse de l'organisme	N°	Type d'équipements	Compétences
<p>APAVE 191, rue de Vaugirard 75015 PARIS Phone : +33/1 45 66 99 44 Fax : +33/1 45 67 90 47</p> <p>Email : france@apave.com Website : www.apave.com</p>	0060	<p>Récipients à pression, incluant les cartouches à gaz, leurs robinets et autres accessoires le cas échéant</p> <p>Citernes, véhicules-batteries ou wagons-batteries, conteneurs à gaz à éléments multiples (CGEM), leurs robinets et autres accessoires le cas échéant</p>	<p>Evaluation de la conformité Examens exceptionnels Inspection intermédiaire Inspections périodiques Réévaluation de la conformité</p>
<p>BUREAU VERITAS SERVICES 8 Cours du Triangle 92800 PUTEAUX - LA DEFENSE Phone : +33(0)1 55 24 72 06 Email : info@fr.bureauveritas.com Website : www.bureauveritas.fr</p>	0062	<p>Récipients à pression, incluant les cartouches à gaz, leurs robinets et autres accessoires le cas échéant</p> <p>Citernes, véhicules-batteries ou wagons-batteries, conteneurs à gaz à éléments multiples (CGEM), leurs robinets et autres accessoires le cas échéant</p>	<p>Evaluation de la conformité Examens exceptionnels Inspection intermédiaire Inspections périodiques Réévaluation de la conformité</p>
<p>ASSOCIATION POUR LA SECURITE DES APPAREILS A PRESSION (ASAP) Immeuble Saturne, 4 place de Londres Continental square - BP 16757 95727 ROISSY CDG cedex Phone : +33:1:4816 3140 Fax : +33:1:4816 3147</p> <p>Email : as@asap-pression.com Website : www.asap-pression.com</p>	0851	<p>Récipients à pression, incluant les cartouches à gaz, leurs robinets et autres accessoires le cas échéant</p>	<p>Evaluation de la conformité Examens exceptionnels Inspection intermédiaire Inspections périodiques Réévaluation de la conformité</p>
<p>A.C.I. Rue de l'Est 22 92100 BOULOGNE-BILLANCOURT</p> <p>Phone : +33 (0)6 75 84 92 49 Fax : +33 (0)8 11 38 57 19</p> <p>Email : president@aci-fr.org</p>	1673	<p>Récipients à pression, incluant les cartouches à gaz, leurs robinets et autres accessoires le cas échéant</p> <p>Citernes, véhicules-batteries ou wagons-</p>	<p>Evaluation de la conformité Examens exceptionnels Inspection intermédiaire Inspections périodiques Réévaluation de la conformité</p>

<sup>113</sup> <https://ec.europa.eu/growth/tools-databases/nando/>

Website : <a href="http://www.aci-fr.org">http://www.aci-fr.org</a>		batteries, conteneurs à gaz à éléments multiples (CGEM), leurs robinets et autres accessoires le cas échéant	
ALIS - AIR LIQUIDE INSPECTIONS SERVICES 160 avenue Aristide Briand 92220 BAGNEUX Phone : +33:1:53597613 Fax : +33:1:53597614 Email : Christophe.DIGIULIO@airliquide.com Website : -	1601	Récipients à pression, incluant les cartouches à gaz, leurs robinets et autres accessoires le cas échéant	Inspections périodiques

Tableau 60 : Liste des organismes français notifiés au titre de la DESPT

### 9.2.5 Réévaluation de la conformité

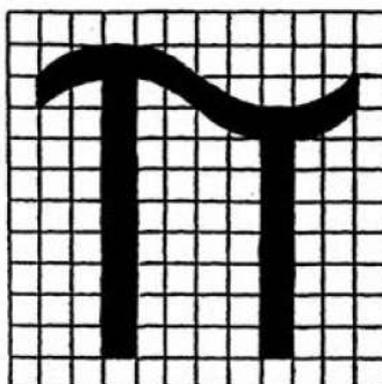
La directive 2010/35/CE prévoit dans son annexe III que la conformité soit réévaluée périodiquement par un organisme notifié qui procède à l'examen de l'équipement et à d'éventuels essais. L'équipement fait l'objet d'un certificat de réévaluation et d'un nouveau marquage Pi.

Les contrôles et épreuves périodiques comprennent notamment (cf. 6.2.1.6 de l'ADR)

- Contrôle de l'état extérieur du récipient à pression et vérification de l'équipement et des marques extérieures ;
- Contrôle de l'état intérieur du récipient à pression (par exemple, examen de l'intérieur, vérification de l'épaisseur minimale des parois) ;
- Contrôle du filetage du goulot s'il y a des signes de corrosion ou si les accessoires ont été démontés
- Epreuve de pression hydraulique<sup>114</sup> et, si nécessaire, vérification des caractéristiques du matériau par des épreuves appropriées ;
- Contrôle des équipements de service, autres accessoires et dispositifs de décompression, s'ils sont remis en service.

### 9.2.6 Marquage

Lorsque la procédure d'évaluation de la conformité prévue dans les annexes de la directive 2008/68/CE et dans la présente directive a établi la conformité de l'équipement sous pression transportable aux dispositions applicables, le fabricant appose le marquage Pi conformément à l'article 15 (Figure 35).



<sup>114</sup> Sous réserve d'accord de l'autorité compétente, l'épreuve hydraulique peut être remplacée par une épreuve pneumatique ou d'autres méthodes alternatives mentionnées dans des normes spécifiques adaptées à la nature du récipient identifiées dans l'ADR telles que ISO 16148, ISO 10461 et ISO 6406.

En plus du marquage Pi l'ADR prévoit des marquages spécifiques.

## 10 Réglementations encadrant les nouvelles applications de mobilité

---

### 10.1 Réglementation ferroviaire<sup>115</sup>

L'interopérabilité et la sécurité ferroviaires sont régies en Europe par les textes suivants :

- Directive (UE) 2016/798 du parlement européen et du conseil du 11 mai 2016 relative à la sécurité ferroviaire
- Directive (UE) 2016/797 du parlement européen et du conseil du 11 mai 2016 relative à l'interopérabilité du système ferroviaire au sein de l'Union européenne
- Règlement d'exécution (UE) 2018/545 de la Commission du 4 avril 2018 - Modalités pratiques du processus d'autorisation des véhicules ferroviaires

Afin de pouvoir circuler au sein du système ferroviaire, en vue d'assurer des services de transport public ferroviaire, tout véhicule ferroviaire, nouveau ou modifié, doit disposer d'une autorisation par type ou d'une autorisation de mise sur le marché (AMM).

- Pour les véhicules dont le domaine d'utilisation se limite au système ferroviaire français, le demandeur a le choix de formuler sa demande soit, à l'Agence de l'Union européenne pour les chemins de fer soit, à l'EPSF.
- Pour les véhicules dont le domaine d'utilisation s'étend sur le réseau d'un autre ou plusieurs États membres, l'Agence est seule compétente pour délivrer l'autorisation, les aspects nationaux des demandes étant évalués par l'EPSF qui fournit ses conclusions à l'Agence

Dans les deux cas, l'instruction de la demande d'autorisation par type ou d'AMM est subordonnée au dépôt du dossier afférent dans le Guichet unique « OSS » (One Stop Shop) tenu par l'Agence.

Afin que l'autorisation par type ou l'AMM soit délivrée, le dossier doit démontrer le respect de la réglementation de sécurité et, le cas échéant, de l'interopérabilité. L'autorisation d'un véhicule en précise notamment les caractéristiques techniques, les conditions d'utilisation, le domaine d'utilisation ainsi que les prescriptions de maintenance.

Le référentiel technique applicable à la conception et à la réalisation d'un véhicule est présenté dans le RDD<sup>116</sup> (Reference Document Database) géré par l'Agence (lien vers la base de données des documents de référence).

A ce stade, le référentiel technique ne traite pas spécifiquement de l'utilisation de l'hydrogène comme carburant. Cependant, la directive (UE) 2016/798 définit le principe de méthodes de sécurité communes (MSC) sur la base desquelles la démonstration du niveau de sécurité peut être faite.

C'est en appliquant cette procédure que le premier train à Hydrogène développé par ALSTOM a été certifié en Allemagne<sup>117</sup>.

Cette procédure fait intervenir un organisme notifié ou une agence de sécurité nationale.

### 10.2 Réglementations applicables dans le domaine de la navigation intérieure<sup>118</sup>

---

<sup>115</sup> Adapté de <https://securite-ferroviaire.fr/espaces-professionnels/demandeurs-dautorisations/amec-vehicules-sur-le-rfn/amec-vehicules-sur-le-rfn>

<sup>116</sup> <https://rdd.era.europa.eu/RDD/>

<sup>117</sup> <https://shift2rail.org/wp-content/uploads/2019/05/FCH-HydrogenTrain-Study-Workshop.pdf>

<sup>118</sup> <http://www.fluvial.developpement-durable.gouv.fr/titres-de-navigation-r72.html> voir aussi <https://www.haute-garonne.gouv.fr/Politiques-publiques/Transport-deplacements-et-securite-routiere-et-fluviale/Navigation-et-securite-fluviale/Navigation-professionnelle/Bateau/Les-titres-de-navigation/Delivrance-d-un-titre-de-navigation-pour-un-bateau-de-transport-de-marchandises-ou-de-passagers>

VNF, dans les cahiers techniques de BATELIA<sup>119</sup> indique « *L'homologation des bateaux hydrogène est possible (cas du Navibus-H2) auprès des autorités compétentes (Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire, Commission Centrale pour la Navigation du Rhin et bureau de contrôle) moyennant les tests et études de risques appropriés. Il est indispensable d'associer les Services Départementaux d'Incendie et de Secours à votre démarche de bateau hydrogène le plus en amont possible.*

*L'arrêté « zone restreinte » permet de déroger aux règlements européens, notamment dans le cadre d'expérimentations. »*

Les paragraphes qui suivent présentent de façon succincte le cadre applicable dans lequel viendront s'inscrire les évolutions réglementaires futures pour les bateaux à hydrogène.

### 10.2.1 Cadre européen

La directive (UE) 2016/1629 du 14 septembre 2016 définit les prescriptions techniques applicables aux bateaux de navigation intérieure. La conformité des bateaux est attestée par un certificat délivré par les autorités compétentes d'un état membre. En France les autorités compétentes sont les services instructeurs de la sécurité fluviale, qui dépendent de la DGITM au sein du ministère de la transition écologique<sup>120</sup>.

La directive (UE) 2016/1629 s'applique aux bâtiments suivants :

- a) aux bateaux d'une longueur (L) égale ou supérieure à 20 mètres ;
- b) aux bateaux dont le produit longueur (L) × largeur (B) × tirant d'eau (T) est égal ou supérieur à 100 mètres cubes ;
- c) aux remorqueurs et pousseurs destinés à remorquer ou pousser soit les bâtiments visés aux points a) et b) soit des engins flottants ou destinés à mener à couple de tels bâtiments ou engins flottants ;
- d) aux bateaux à passagers (transportant plus de 12 passagers) ;
- e) aux engins flottants.

L'annexe II de la directive (UE) 2016/1629 fixant les prescriptions techniques applicables aux bâtiments naviguant sur les voies d'eau intérieures renvoie au standard ES-TRIN (standard européen établissant les prescriptions techniques des bateaux de navigation intérieure), qui définit les prescriptions techniques aux bateaux et engins flottants auxquels est délivré un certificat de l'Union.

Le standard ES-TRIN comprend :

- Des dispositions générales (partie II - dispositions relatives à la construction, à l'équipement et au gréement, chapitres 3 à 18) qui s'appliquent, sauf mention contraire, à l'ensemble des bateaux auxquels est délivré un certificat de l'Union ;
- Des dispositions particulières (partie III, chapitre 19 à 31) qui définissent des règles spécifiques à certaines catégories de bateaux ou engins flottants ;
- Des dispositions transitoires (partie IV, chapitre 32 et 33) qui permettent aux bateaux anciens de déroger à certaines prescriptions pour une durée limitée.

La version en vigueur du standard ES-TRIN est l'édition 2021/1 depuis le 13 octobre 2020<sup>121</sup>. Ce document ne contient actuellement aucune prescription spécifique à l'utilisation de l'hydrogène comme carburant. En revanche son chapitre 11 est consacré aux dispositions particulières pour les propulsions électriques de bateau.

### 10.2.2 Bateaux de plaisance

Les bateaux de plaisance font l'objet d'une directive spécifique, la directive 2013/53/UE, qui couvre aussi bien les bateaux destinés à la navigation en eau intérieure qu'à la navigation sur mer.

Cette directive fait partie des directives dites nouvelle approche et fonctionne donc selon les principes décrits au chapitre 6. Les procédures d'évaluation de la conformité sont basées sur les modules présentés au 6.1.8 en fonction de la catégorie du bateau, qui est définie en fonction de la force du vent et hauteur de vagues pour lesquels le bateau est conçu. Dans la plupart des cas, un organisme notifié est requis pour un examen de type (module B) ou une vérification à l'unité (module G), par exemple. En France, il n'existe qu'un organisme notifié, l'ICNN (voir coordonnées ci-dessous).

---

<sup>119</sup> Cahiers techniques de BATELIA publiés par VNF, n°2 Propulsion hydrogène pour bateaux fluviaux [https://www.vnf.fr/vnf/app/uploads/2020/02/Cahier\\_technique\\_BATELIA\\_hydrogene.pdf](https://www.vnf.fr/vnf/app/uploads/2020/02/Cahier_technique_BATELIA_hydrogene.pdf)

<sup>120</sup> La carte des services instructeurs est disponible à l'adresse suivante [https://www.haute-garonne.gouv.fr/content/download/12892/89039/file/Carte\\_SI\\_-\\_septembre2018.pdf](https://www.haute-garonne.gouv.fr/content/download/12892/89039/file/Carte_SI_-_septembre2018.pdf)

<sup>121</sup> [https://www.cesni.eu/wp-content/uploads/2020/10/ES\\_TRIN\\_2021\\_fr.pdf](https://www.cesni.eu/wp-content/uploads/2020/10/ES_TRIN_2021_fr.pdf)

Les exigences essentielles couvrent notamment le marquage, la prévention des chutes et la visibilité à partir du poste de barre, l'intégrité de la structure et les caractéristiques de construction, les caractéristiques concernant les manœuvres, l'installation des moteurs, du circuit d'alimentation en carburant, les systèmes électriques, les émissions du moteur.

La directive couvre aussi bien les bateaux que les moteurs de propulsion qui doivent aussi faire l'objet d'une évaluation de conformité et d'un marquage CE. Les moteurs de propulsion sont définis dans la directive comme « tout moteur à explosion, à allumage par compression ou à combustion interne utilisé directement ou indirectement à des fins de propulsion ». Cette définition exclut donc les moteurs électriques y compris alimentés par une pile à combustible.

A noter que la directive ne s'applique pas aux bateaux expérimentaux, à condition qu'ils ne soient pas mis sur le marché de l'union. Ces bateaux doivent néanmoins faire l'objet d'une déclaration auprès de la DGITM pour pouvoir être ensuite immatriculés. C'est donc par ce biais qu'il est possible de faire naviguer actuellement un bateau de plaisance à l'hydrogène.

INSTITUT POUR LA CERTIFICATION ET LA NORMALISATION DANS LE NAUTISME (ICNN) 40 avenue du Lazaret 17000 LA ROCHELLE Phone : +335 46 28 32 24 Fax : +335 46 34 06 66 Email : <a href="mailto:contact@icnn.fr">contact@icnn.fr</a> Website : <a href="http://www.icnn.fr">www.icnn.fr</a>	Numéro d'organisme notifié : 0607
---	-----------------------------------

Tableau 61 : Organisme français notifié dans le cadre de la directive bateaux de plaisance

### 10.3 Cadre national pour les bateaux, engins flottants et établissement flottants

Les prescriptions techniques applicables aux bateaux, engins flottants et établissements flottants sont définies selon la nature de la construction flottante, l'usage considéré et la zone de navigation.

Plusieurs arrêtés, pris en application des articles L. 4211-1, D. 4211-1 et D. 4211-2 du code des transports, définissent les prescriptions techniques applicables selon les cas et les zones de navigation.

Il s'agit des textes suivants :

- Arrêté du 5 novembre 2018 relatif aux prescriptions techniques de sécurité applicables aux bateaux et aux engins flottants en navigation intérieure,
- Arrêté du 2 octobre 2018 relatif au classement des zones de navigation des bateaux de commerce, des bateaux de plaisance et engins flottants et aux compléments ou allègements des prescriptions techniques applicables sur certaines de ces zones de navigation,
- Arrêté du 17 octobre 2013 relatif aux titres de navigation des bateaux et engins flottants naviguant ou stationnant sur les eaux intérieures de la Guyane,
- Arrêté du 20 août 2019 relatif à la délivrance de titres de navigation sur une zone de navigation restreinte.

### 10.4 Réglementations applicables dans le domaine de la navigation maritime internationale<sup>122</sup>

La réglementation internationale en matière d'environnement et de sécurité pour le transport maritime est élaborée par les Etats au sein de l'Organisation Maritime Internationale (OMI), une institution spécialisée des Nations Unies, et est exprimée par les conventions MARPOL et SOLAS.

La conformité des navires à ces exigences techniques est placée sous la responsabilité de l'Administration de l'Etat du Pavillon, qui a la possibilité de déléguer tout ou partie de l'évaluation à des Sociétés de Classification Habilitées y compris l'émission des certificats requis par les textes applicables. En 2020 en France ces sociétés sont au nombre de cinq. Leur liste est définie dans l'annexe 140-A.1 de l'arrêté du 23 novembre 1987 relatif à la sécurité des navires (modifié par l'arrêté du 9 mai 2019).

<sup>122</sup> Extrait adapté du rapport DNV GL Assessment Of Selected Alternative Fuels And Technologies (2019) téléchargeable <https://www.dnvgl.com/maritime/publications/alternative-fuel-assessment-download.html>

Le Code international de sécurité pour les navires utilisant des gaz ou d'autres combustibles à faible point d'éclair (Code IGF) est l'instrument obligatoire de l'OMI qui s'applique aux navires selon les prescriptions de la Convention SOLAS, autres que les navires transporteurs de gaz liquéfié (qui sont couverts par le code IGC de l'OMI).

Le Code IGF a été adopté par l'OMI en juin 2015 (OMI Résolution MSC.391(95)) et est entré en vigueur le 1er janvier 2017. Le code IGF contient actuellement des exigences en termes d'objectifs et des exigences fonctionnelles de manière générale ainsi que des dispositions détaillées pour le gaz naturel sous forme liquide ou comprimée (LNG, CNG). Des réglementations pour le méthanol et les carburants diesel à faible point d'éclair ainsi que pour les piles à combustible maritimes sont en cours d'élaboration.

BUREAU VERITAS MARINE & OFFSHORE SAS
DNVGL AS
RINA Services Sp. a
LLOYD'S REGISTER Group Ltd. (LR)
KR (Korean Register)

Tableau 62 : Liste des sociétés de classification habilitées à délivrer des certificats de conformité aux réglementations internationales au nom de l'Etat français

Le Code IGF contient des dispositions obligatoires pour l'utilisation du gaz naturel, l'agencement, l'installation, le contrôle et la surveillance des machines, équipements et systèmes. Il aborde tous les domaines qui nécessitent une attention particulière pour son utilisation, en adoptant une approche axée sur les objectifs, définissant des objectifs et des exigences fonctionnelles, des exigences de conception, de construction et d'exploitation des navires utilisant ce type de carburant.

Des dispositions techniques pour les combustibles à faible point d'éclair autres que le gaz naturel et d'autres arrangements énergétiques tels que les systèmes de piles à combustible, seront éventuellement ajoutés au code en tant que nouveaux chapitres. Pour le moment, les navires installant des systèmes de carburant conçus pour fonctionner avec d'autres types de combustibles à bas point d'éclair, dont l'hydrogène, devront démontrer individuellement que leur conception répond aux exigences générales du recueil IGF. L'approche de conception alternative décrite dans la circulaire MSC.1/Circ.1455 de l'OMI (directives pour l'approbation des solutions alternatives et des équivalents tels que prévus dans divers instruments de l'OMI) doit être suivie et acceptée par l'Administration de l'Etat de pavillon du navire.

Les sociétés de classification éditent leurs propres règles en complément des règles nationales et internationales. Le Tableau 63 fournit une liste de règles de classification applicables à l'utilisation de piles à combustible dans les navires commerciaux.

Sigle	Organisme	Titre du document	date
ABS	American Bureau of Shipping	Fuel cell power systems for marine and offshore applications <sup>123</sup>	2019
BV	Bureau Veritas	Guidelines for Fuel cell Systems On-board Comercial Ships <sup>124</sup>	2009
DNV GL	DNV GL	DNV GL rules for classification of Ships: Part 6 Ch. 2 Sec. 3: Fuel cell installation - FC <sup>125</sup>	2019
	Det Norske Veritas	DNV Rules for Classification: Part 6-Chapter 23: Fuel cell Installations <sup>126</sup>	2008 (révisé en 2013)
	Germanischer Lloyd	Guidelines for the use of fuel cell Systems on board of ships and boats <sup>127</sup>	2003
KR	Korean Register of Shipping	Guidance for Fuel cell Systems on Board of Ships GC-12CE <sup>128</sup>	2015
LR	Lloyds Register	LR Technical Papers: Development of requirements for Fuel cells in the marine environment – Performance and prescription	2006

<sup>123</sup> [https://ww2.eagle.org/content/dam/eagle/rules-and-guides/current/other/312\\_guidefuelcellpowersystemsmarineoffshoreapplications/fuel-cell-nov-2019.pdf](https://ww2.eagle.org/content/dam/eagle/rules-and-guides/current/other/312_guidefuelcellpowersystemsmarineoffshoreapplications/fuel-cell-nov-2019.pdf)

<sup>124</sup> [https://rules.veristar.com/dy/data/bv/pdf/547-NI\\_2009-04.pdf](https://rules.veristar.com/dy/data/bv/pdf/547-NI_2009-04.pdf)

<sup>125</sup> <https://rules.dnv.com/docs/pdf/DNV/RU-SHIP/2019-10/DNVGL-RU-SHIP-Pt6Ch2.pdf>

<sup>126</sup> <https://rules.dnv.com/docs/pdf/dnvpmp/ruleship/2013-07/ts623.pdf>

<sup>127</sup> [https://rules.dnv.com/docs/pdf/gl/maritimerrules/gl\\_vi-3-11\\_e.pdf](https://rules.dnv.com/docs/pdf/gl/maritimerrules/gl_vi-3-11_e.pdf)

<sup>128</sup> [https://eclass.krs.co.kr/KRRules/KRRules2017/data/DATA\\_OTHER/ENGLISH/gc12e000.pdf](https://eclass.krs.co.kr/KRRules/KRRules2017/data/DATA_OTHER/ENGLISH/gc12e000.pdf)

Tableau 63 : Règles de classification Issues des organismes de classification<sup>129</sup>

La société de classification DNV a par ailleurs publié un guide pour l'utilisation de l'hydrogène comme carburant pour les navires<sup>130</sup>.

## 10.5 Réglementations applicables dans le domaine du transport aérien

Les constructeurs d'avion ont lancé plusieurs projets de recherche pour développer l'avion à hydrogène. Ces futurs avions devront être certifiés en application du règlement (UE) No748/2012 de la commission du 3 août 2012 établissant des règles d'application pour la certification de navigabilité et environnementale des aéronefs et produits, pièces et équipements associés, ainsi que pour la certification des organismes de conception et de production.

Ce règlement porte notamment sur :

- La délivrance de certificats de type, de certificats de type restreints et de certificats de type complémentaires, et les modifications apportées à ces certificats;
- La délivrance de certificats de navigabilité, de certificats de navigabilité restreints, d'autorisations de vol et de certificats d'autorisation de mise en service;
- La certification de certaines pièces et de certains équipements;

L'autorité de certification des aéronefs civils est l'AESA pour l'Europe. Un certificat de type est nécessaire pour l'exploitation commerciale d'un aéronef. Lorsqu'un modèle d'aéronef détient un certificat de type, chaque exemplaire de cet aéronef doit également détenir un certificat de navigabilité. En France, c'est la Direction générale de l'Aviation Civile (DGAC) qui délivre les certificats de navigabilité.

Le cadre normatif concernant l'utilisation de l'hydrogène dans les aéronefs est en évolution rapide sous l'impulsion au niveau européen du groupe de standardisation EUROCAE, qui dispose d'un groupe de travail interne WG80 dédié à l'hydrogène, et de la SAE et son groupe de travail SAE AE-7A au niveau international.

Origine	Référence	Titre	Année de publication
EUROCAE	ED-219	Aircraft Fuel Cell Safety Guidelines - Status: Published	2013
EUROCAE/SAE	ED-245 AS6858	MASPS for Installation of Fuel Cell Systems on Large Civil Aircraft - Status: Published	2017
	ER-020 AIR7765	Considerations for Hydrogen Fuel Cells in Airborne Applications - Status: Published -	2019
	AIR6464	Hydrogen Fuel Cells Aircraft Fuel Cell Safety Guidelines	2020
SAE	AS6679	Liquid hydrogen storage for aviation	2019

Tableau 64 : Normes EUROCAE et SAE concernant l'utilisation de l'hydrogène comme carburant dans les avions

## 11 Dispositifs de certification volontaire

Les dispositifs de certification ou d'homologation présentés dans les chapitres précédents répondent à une obligation réglementaire et s'inscrivent dans un processus défini par la réglementation. Il arrive néanmoins que des acteurs souhaitent faire valoir la conformité de leur produit ou de leurs compétences à un référentiel défini en dehors de toute réglementation. On parle alors de certification volontaire.

Les organismes certificateurs peuvent proposer des services de certification volontaire de produits, de compétences, d'organisations ou de services. Ces organismes doivent naturellement être compétents dans le domaine couvert par le référentiel de certification.

<sup>129</sup> Adapté de : EMSA Study on the use of fuel cells in shipping, 2017 : <http://www.emsa.europa.eu/newsroom/latest-news/item/2921-emsa-study-on-the-use-of-fuel-cells-in-shipping.html>

<sup>130</sup> Handbook for Hydrogen-fuelled Vessels DNV, juin 2021 (<https://www.dnv.com/Publications/handbook-for-hydrogen-fuelled-vessels-203602>)

La certification volontaire offre à l'utilisateur du produit une garantie de qualité et/ou de sécurité. Elle est un argument commercial important pour le fabricant du produit.

### 11.1 Conformité à une norme non liée à une directive

Le référentiel vis-à-vis duquel la certification est recherchée, peut être une norme qui n'est pas en lien avec une directive européenne, par exemple une norme ISO qui ne serait pas adoptée au niveau européen. Dans ce cas, l'organisme de certification réalise l'évaluation en s'appuyant sur les critères de la norme et sur des essais, qui doivent être réalisés conformément aux exigences de la norme, par un laboratoire d'essai compétent offrant des garanties de qualité (laboratoire accrédité ISO 17025, par exemple) ou sous la surveillance de l'organisme certificateur. L'organisme certificateur réalise souvent lui-même les essais.

### 11.2 Conformité à un référentiel de certification propre

Dans certains cas, un ensemble d'acteurs, un syndicat professionnel, par exemple, peut souhaiter disposer d'un référentiel de certification couvrant certains aspects de la qualité ou de la sécurité d'un produit qui ne sont pas couverts par une norme particulière. Ces acteurs se concertent avec un organisme de certification pour définir un référentiel de certification. Celui-ci peut faire appel à diverses normes ou cahiers des charges et peut définir ses propres protocoles d'essai et d'évaluation.

### 11.3 Certification de produits

Les produits peuvent ainsi faire l'objet de certifications volontaires. Par exemple les utilisateurs s'interrogent fréquemment sur la possibilité d'utiliser en zone ATEX certains produits non couverts par la directive ATEX 2014/34/UE mais susceptibles de générer des décharges électrostatiques au cours de leur utilisation. Le référentiel Electrostatic Ineris a été créé pour pouvoir répondre à cette interrogation. Il permet d'évaluer le potentiel qu'ont ces produits de générer des charges dangereuses au regard des énergies minimales d'inflammation d'atmosphères explosives de référence. Les produits visés sont, par exemple, des tuyaux en matières plastiques, des vêtements de travail, des filtres...

Le référentiel Electrostatic Ineris s'appuie sur diverses normes spécifiques à certains types d'équipements (EPI, vêtements de travail) ou plus génériques couvrant largement la problématique de l'électricité statique en milieu ATEX, en particulier l'*IEC/TS 60079-32-1 : Atmosphères explosives -Partie 32-1 : Dangers électrostatiques -Guide* et l'*EN 60079-32-2 : Atmosphères explosives - Partie 32-2 : Dangers électrostatiques -Essais*.

En ce qui concerne les systèmes à hydrogène, il pourrait être pertinent de définir un cadre de certification volontaire pour la prise en compte du risque explosion dans les systèmes n'entrant pas dans le champ de la directive ATEX 2014/34/UE. Un tel schéma de certification apporterait une garantie aux fabricants et utilisateurs sur un sujet dont la maîtrise demeure délicate et dont la responsabilité de l'évaluation repose entièrement sur le fabricant.

### 11.4 Certification de compétences

Les produits ne sont pas les seuls concernés par la certification volontaire. La compétence des personnes est un enjeu important pour le maintien dans le temps de la qualité et de la sécurité des produits. Certaines directives imposent que les compétences de certaines personnes soient évaluées. C'est le cas par exemple de la directive ESP (cf.7.2), qui exige que les personnels qui réalisent des assemblages permanents (par soudure notamment) soient habilités. Dans d'autres cas, le souhait de disposer d'un schéma de certification de compétences résulte de la volonté d'acteurs industriels en dehors d'une obligation réglementaire contraignante.

Les exemples qui suivent sont des schémas de certification développés par l'Ineris pour répondre aux besoins des acteurs industriels dans le domaine de la maîtrise des risques d'explosion d'ATEX et de la sécurité fonctionnelle. Ces compétences sont utiles pour la maîtrise des risques des systèmes à hydrogène.

- ISM ATEX : certification des compétences pour les activités d'installation, de suivi et de maintenance des équipements certifiés ATEX,
- SAQR ATEX : certification des compétences pour les activités de réparation d'équipements ATEX,
- Ref-ATEX : certification de compétences en évaluation des risques de formation d'ATEX et classement de zones,

- Quali-SIL : certification de compétences en sécurité fonctionnelle.

La prise en compte des enjeux de formation et plus généralement de compétences est essentielle pour le développement de la filière hydrogène. La mise en place de schémas de certification volontaires de compétences centrés sur la maîtrise des aspects sécurité et inspirés du cadre ISM ATEX est une piste à explorer avec les acteurs de la filière.

## 12 Laboratoires d'essais

### 12.1 Rôle dans l'évaluation de la conformité

La plupart des réglementations présentées dans ce guide requièrent que les systèmes ou composants soumis à certification soient testés afin d'évaluer leurs performances ou leur résistance à divers types de sollicitations représentatives de scénarios de risque. Ces essais sont définis directement dans les réglementations ou dans des normes qui leur viennent en appui. Ces essais peuvent dans certains cas être réalisés par le fabricant lui-même, mais il est généralement requis qu'ils soient réalisés par un laboratoire disposant des moyens et compétences adéquates.

Certains essais prescrits par les réglementations et normes abordées dans ce guide sont très spécifiques et requièrent des moyens particuliers pour atteindre les objectifs fixés en maîtrisant la sécurité au cours de la réalisation de l'essai. Les laboratoires de référence dans divers domaines sont actuellement en train de faire évoluer leur offre d'essai pour répondre au besoin. Nous identifions dans ce chapitre quelques-uns des laboratoires à même de proposer des services et moyens d'essai répondant aux enjeux de développement de la filière.

### 12.2 Exigences d'accréditation

Dans la plupart des réglementations présentées dans ce guide, il est exigé que les essais soient réalisés par des laboratoires d'essais accrédités ou sous supervision directe par un organisme notifié. L'accréditation garantit la compétence technique et l'impartialité des laboratoires sur des opérations de contrôle spécifiques pour mesurer une caractéristique ou évaluer un critère donné. Elle est attribuée par un organisme d'accréditation sur la base des exigences spécifiées par la norme NF EN ISO/IEC 17025. En France, l'organisme d'accréditation désigné par les autorités publiques est le COFRAC. La liste des laboratoires accrédités et la portée de leur accréditation peut être consultée sur son site Internet<sup>131</sup>.

### 12.3 Principaux laboratoires français d'essais identifiés au cours de l'élaboration du guide

Le tableau ci-dessous récapitule la liste des laboratoires qui proposent ou sont en cours de développement d'une offre d'essais adaptés aux systèmes à hydrogène. Des fiches descriptives plus complètes des laboratoires sont présentées en annexe 3. Cette liste n'est pas exhaustive. Les laboratoires qui y sont décrits sont pour la plupart membres de France hydrogène et ont fait part de leur intérêt d'être identifiés dans ce guide au cours de son élaboration. Certains de ces laboratoires sont encore en cours de finalisation de leur installation ou de leur mise en service. Le lecteur est invité à se référer à la fiche descriptive en annexe pour plus de détails sur le calendrier effectif de mis en service.

Nom du laboratoire	Type d'activité
<b>INERIS</b> <a href="http://www.ineris.fr">www.ineris.fr</a>	Tous les essais relevant de l'évaluation des matériels au titre de la directive ATEX (2014/34/UE) Essais d'évaluation des détecteurs de gaz Essais électrostatiques Essais de tenue au feu des réservoirs Essais à façon à l'échelle du laboratoire ou en grand (explosion, incendie, éclatement) Organisme certificateur : équipements ATEX (directive 2014/34/UE), détecteurs de gaz, électrostatique
<b>ISTHY</b> <a href="http://www.isthy.fr">www.isthy.fr</a>	Essais adaptés au test de réservoirs, évolutions prévues pour tester d'autres composants des systèmes hydrogène.

<sup>131</sup> <http://www.cofrac.fr>

	Essais sous pression hydraulique Essais de cyclage Essais sous gaz hydrogène Essais mécaniques Compatibilité électromagnétique
<b>CETIM</b> <a href="http://www.cetim.fr">www.cetim.fr</a>	Compétences et laboratoires variés dans le domaine de la mécanique, des systèmes fluidiques et des matériaux. Compétence forte et moyens d'essais dans le domaine des matériaux composites et de l'étanchéité. Conception, validation, fabrication, contrôle et suivi en service, normalisation d'équipements sous pression.
<b>ArianeGroup</b> <a href="http://www.ariane.group">www.ariane.group</a>	Moyens et activités d'essai de laboratoire et en grand dans le domaine de l'utilisation de l'hydrogène liquide et gazeux. Capacités de stockage en <b>hydrogène liquide et hydrogène gazeux</b> allant de quelques m <sup>3</sup> à <b>600 m<sup>3</sup></b> , à des pressions allant de quelques bars à <b>800 bars</b> et alimentant des circuits de <b>quelques g/s à 50 kg/s</b> . Essais mécaniques dynamiques de 20 à 300 K : traction, fatigue vibratoire, oligocyclique, ténacité, vitesse de fissuration, essais de dureté Essais mécaniques statiques de 300 K à 1200 K : traction, compression Essais métrologiques de caractérisation débitmétrique en condition cryogénique Essais hydrauliques pour le timbrage des lignes Essais sous pression pour les lignes et les réservoirs Essais fonctionnels de composants ou de systèmes intégrés Essais à façon
<b>LNE</b> <a href="http://www.lne.fr">www.lne.fr</a>	Expertise transverse dans les domaines de la Métrologie, des Essais, de la Certification, de la Formation et du Conseil. Essais de caractérisation mécanique, thermique et chimique des matériaux/produits Essais de vieillissement / Essais climatiques / Essais sous contraintes Essais de sécurité électrique Essais CEM Essais de simulation de transport Essais et Evaluations de logiciels Essais sous pression hydraulique jusqu'à 1200 bar Essais Feu/Toxicité/Opacité Evaluations et Etalonnages Gaz Evaluation de compteur et Etalonnage des équipements électriques Etalonnage des équipements de débit et de pression Etalonnage température Essais de performance des systèmes/équipements
<b>H2Lab</b>	Plate-forme regroupant plusieurs laboratoires du CEA et du CNRS Tests de <b>performance</b> et <b>d'endurance</b> des industriels dans les domaines de l'électrolyse (principalement à haute température), la pile embarquée PEMFC et les réservoirs sous pression d'hydrogène.
<b>Plateforme réservoirs sous pression du Ripault (CEA/DAM)</b>	Laboratoire spécialisé dans les réservoirs composites hyperbares : Conception, Fabrication, Caractérisation Réalisation de tests pré normatifs et abusifs
<b>FCLab</b> <a href="http://www.fclab.fr">www.fclab.fr</a>	Moyens d'essais pour mener des campagnes expérimentales sur des piles à combustible PEMFC, IT-SOFC, SOFC
<b>Plateforme Hydrogène, Toulouse</b> <a href="http://www.laplace.univ-tlse.fr/Presentation-de-la-Plateforme-1766">www.laplace.univ-tlse.fr/Presentation-de-la-Plateforme-1766</a>	<b>Caractérisation</b> des performances et du vieillissement des piles à combustible (PEMFC, SOFC) et des électrolyseurs d'eau (PEMWE, AEMWE, SOWE) à l'échelle du composant (monocellule, stack) [LAPLACE, LGC, CIRIMAT]. Caractérisation des performances et du vieillissement des milieux poreux constitutifs des composants de type PEM [IMFT]. Réalisation de prototypes de composants à oxyde solide (SOFC, SOWE) de petites puissances [CIRIMAT].

	<p>Tests de l'intégration de ces technologies au sein de systèmes électriques (micro-réseaux intelligents, systèmes hybridés...) [LAPLACE].</p> <p>Etude et développement des technologies pour la combustion de l'hydrogène [IMFT].</p>
<b>HYCERT</b>	<p>Activités de recherche et développement (Université de Lorraine) :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Production d'hydrogène : par électrolyse PEM, reformage du méthane, photolyse, thermolyse de la biomasse, biolyse</li> <li>- Stockage : hydrures métalliques, MOF, stockage liquide et compression/purification</li> <li>- Conversion de l'hydrogène : piles à combustible PEM</li> <li>- Utilisation : micro-réseaux multi sources/multi vecteurs dont hydrogène et écosystèmes hydrogène</li> <li>- Aspects sociétaux de l'hydrogène : économie de l'énergie et de l'hydrogène (BETA), usages ergonomie, psychologie sociale et économie comportementale</li> </ul> <p>Activités en lien avec la certification (Institut de Soudure)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Evaluer la conformité d'équipements sous pression neufs : réacteurs, sphères, canalisations, réservoirs transportables, tuyauteries, canalisations...</li> <li>- Établir le recensement des équipements réglementés sur site,</li> <li>- Assurer le suivi en service et la requalification périodique, les réparations et les demandes d'aménagement réglementaires.</li> <li>- Se prononcer sur la qualification du personnel et sur la qualification des modes opératoires sur assemblages permanents.</li> </ul>
<b>EVEER'HY'PÔLE</b> <a href="http://www.eveerhypole.fr">www.eveerhypole.fr</a>	<p>Infrastructures, équipements et matériels qui sont dédiés à la préparation à l'homologation de véhicules électriques hydrogène (préparation aux essais réglementaires)</p> <p>Pistes d'essai pour véhicules</p> <p>Piste aéroportuaire</p> <p>Station-service Hydrogène 350 bar et 700 bar (à venir)</p> <p>Bancs de test pile à combustible</p>
<b>EMC</b> <a href="http://www.emitech.fr">www.emitech.fr</a>	<p>Activité centrée sur les phases de développement et validation des groupes motopropulseurs (GMP) et/ou composant indépendamment (définition architecture, dimensionnement, spécification, calibration, caractérisation et endurance). Expertise et moyens concourant au développement et à la validation des chaînes de traction électrique et hydrogène.</p> <p>Ingénierie</p> <p>Essais de développement et validation</p> <p>Conception de bancs de test</p> <p>Essais à façon</p>
<b>EMITECH CERTIFICATION</b> <a href="http://www.emitech.fr">www.emitech.fr</a>	<p>Organisme notifié au titre de la directive RED 2014/53/EU et de la directive CEM 2014/30/EU</p> <p>Essais CEM</p>
<b>CEM EMITECH Chasseux</b> <a href="http://www.emitech.fr">www.emitech.fr</a>	<p>Essais CEM</p> <p>Site est équipé d'installations hydrogènes (Zone de stockage d'hydrogène gazeux en bouteille, 54kg d'hydrogène disponible (extensible) ; Centrale de distribution de l'hydrogène en cage de Faraday avec l'ensemble des sécurités associées) afin de réaliser des campagnes d'essais sur des équipements comme des systèmes complets Pile à Combustible. Possibilité de réaliser les essais y compris sur système forte puissance (ex : 45kW).</p>
<b>ENVIRONNE'TECH</b> <a href="http://www.emitech.fr">www.emitech.fr</a>	<p>Essais mécaniques et climatiques sur équipements/systèmes H2</p> <p>Laboratoire capable de réaliser les essais composants véhicules et véhicules complets de la plupart des cahiers des charges constructeurs automobiles (ex : CdC PSA, Renault, VW, Volvo, Nissan basés sur les normes internationales IEC 60068-2-X mais aussi les cahiers des charges aéronautiques (ex : RTCA DO160) et militaires (ex : MIL-STD-810, AECTP400...).</p>
<b>LEFAE</b>	<p>Essais mécaniques et climatiques sur équipements/systèmes H2</p>

<a href="http://www.emitech.fr">www.emitech.fr</a>	Conception, le développement et la mise œuvre d'essais à fortes contraintes dans le domaine du feu et des essais hydrauliques Essais selon les règlements EC79/2009 - UE 406/2010 ainsi que selon l'UNECE R134
--	---

*Tableau 65 : Laboratoires d'essai proposant des essais en vue de l'évaluation de la conformité des systèmes à hydrogène*

## Conclusions

L'hydrogène comme vecteur énergétique est appelé à jouer un rôle important dans la réponse aux enjeux du changement climatique. Les applications sont variées, pour stocker et restituer les énergies renouvelables (applications power to gas et gas to power), pour alimenter les piles à combustible ou les moteurs des véhicules à hydrogène, automobiles, bus, camions mais aussi navires, trains et prochainement avions.

L'atteinte des objectifs fixés par l'ambitieux plan d'investissement français annoncé en 2020 et les équivalents européens impliquera nécessairement une arrivée massive de nouveaux produits sur le marché européen, qui devront être évalués vis-à-vis du cadre réglementaire en vigueur.

Nous avons conçu ce guide pour permettre aux acteurs de la filière de mieux appréhender ce cadre réglementaire et normatif. Il devrait permettre de réduire le temps nécessaire à identifier les textes applicables, et à comprendre leur articulation. Compte-tenu de l'évolution permanente des technologies et des textes applicables, ce guide ne prétend pas être exhaustif. Son contenu ne saurait se substituer à la lecture des règlements et normes originaux. Mais nous espérons qu'il facilitera cette démarche et qu'il permettra au lecteur d'identifier des interlocuteurs pertinents, organismes certificateurs ou laboratoires d'essais.

Il donne ainsi une photographie de l'état de la réglementation et des normes en début 2021, et peut servir de base à des travaux visant à définir les priorités en matière de développement de nouveaux référentiels pour les prochaines années. Nous espérons pouvoir tenir à jour ce document dans les prochaines années en intégrant les retours des lecteurs qui nous parviendront.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

---

*Ce guide se réfère principalement aux réglementations et aux normes, dont il a été choisi d'indiquer les références directement dans le texte ou en note de bas de page. Les documents suivants constituent des sources complémentaires utiles pour le lecteur :*

- PIQUE Sylvaine, 2016, Etude comparative des réglementations, guides et normes concernant les électrolyseurs et le stockage d'hydrogène, rapport d'étude Ineris N°DRA-15-149420-06399C  
<https://www.ineris.fr/sites/Ineris.fr/files/contribution/Documents/dra-71-benchmark-sur-les-electrolyseurs-et-stockage-hydrogene-vf-1469010848.pdf> [consulté en 2021/06]
- Ineris/ENEA Consulting/ADEME, 2015, Guide d'information sur les risques et les mesures de sécurité liés à la production décentralisée d'hydrogène, Etude Ineris, ENEA Consulting pour le compte de l'ADEME  
<https://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/guide-information-securite-production-decentralisee-hydrogene-8505.pdf> [consulté en 2021/06]
- PIQUE Sylvaine, HAVRET Etienne, 2014, Benchmark stations-service hydrogène, rapport Ineris DRA-14-141532-06227C  
<https://www.ineris.fr/sites/ineris.fr/files/contribution/Documents/dra-71-rapport-benchmark-station-service-hydrogene--diffusion-1-1427110132.pdf> [consulté en 2021/06]
- PIQUE Sylvaine, 2017, Pile à combustible stationnaire : Contexte Réglementaire et normatif international et national, risques potentiels : Rapport d'étude Ineris N° DRA-17-156712-00653A <https://www.ineris.fr/fr/pile-combustible-stationnaire-contexte-reglementaire-normatif-international-national-risques> [Consulté en 2021/06]
- Vincent I., Bessarabov D., 2018, Low cost hydrogen production by anion exchange membrane electrolysis: A review, Renewable and Sustainable Energy Reviews 81 (2018) 1690–1704
- PRESLEY, 2021, Pre-normative REsearch for Safe use of Liquid Hydrogen (PRESLEY), Project Deliverable, Novel guidelines for safe design and operation of LH2 systems and infrastructure, D6.2, April 30 2021. PRESLEY Project Deliverable (hysafe.info)  
[https://hysafe.info/wp-content/uploads/sites/3/2021/05/PRESLEY\\_D6.2\\_novelguidelines.pdf](https://hysafe.info/wp-content/uploads/sites/3/2021/05/PRESLEY_D6.2_novelguidelines.pdf) [Consulté en 2021/06]
- Cahier technique de BATELIA, n°2, Janvier 2021, Propulsion hydrogène pour bateaux fluviaux, publié par VNF  
[https://www.vnf.fr/vnf/app/uploads/2020/02/Cahier\\_technique\\_BATELIA\\_hydrogene.pdf](https://www.vnf.fr/vnf/app/uploads/2020/02/Cahier_technique_BATELIA_hydrogene.pdf) [Consulté en 2021/06]
- COMMUNICATION DE LA COMMISSION Le Guide bleu relatif à la mise en œuvre de la réglementation de l'Union européenne sur les produits 2016 (Texte présentant de

l'intérêt pour l'EEE) – Journal officiel de l'Union Européenne, 26/07/2016, C272/01  
<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/?uri=CELEX%3A52016XC0726%2802%29>  
[Consulté 2021/06]

- Denis Espinassou, Présentation CETIM-ACADEMY, « Hydrogène – Les enjeux autour de la conception des réservoirs pour le stockage », 22/04/2021 <https://www.techniques-ingenieur.fr/actualite/conferences-en-ligne/hydrogene-les-enjeux-autour-de-la-conception-des-reservoirs-pour-le-stockage/> [Consulté en 2021/06]
- INRS, 2018, ED 828 Les principales vérifications périodiques <https://www.inrs.fr/media.html?refINRS=ED%20828> [Consulté en 2021/06]
- DGPR, 2018, Evolution de la réglementation des appareils à pression, présentation au cours des mardis de la DGPR [https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/MardiDGPR\\_BSERR\\_Evolution\\_reglementation\\_AP\\_180220.pdf](https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/MardiDGPR_BSERR_Evolution_reglementation_AP_180220.pdf) [Consulté en 2021/06]
- INRS, dossier conception des machines, <https://www.inrs.fr/risques/conception-machines/ce-qu-il-faut-retenir.html> [Consulté en 2021/06]
- INRS, dossier utilisation des machines, <https://www.inrs.fr/risques/utilisation-machines/ce-qu-il-faut-retenir.html> [Consulté en 2021/06]
- INRS, 2020, Mise en œuvre de la réglementation relative aux atmosphères explosives (ATEX), ED 945, <https://www.inrs.fr/media.html?refINRS=ED%20945> [Consulté en 2021/06]
- France Hydrogène, fiches descriptives des technologies de l'hydrogène, <https://www.afhypac.org/documentation/tout-savoir/> [consulté 2021/06]
- France Hydrogène, VIG'HY, observatoire de l'hydrogène, fiches pratiques sur la réglementation applicable à l'hydrogène, <https://vighy.france-hydrogene.org/ressources-documentaires/> [Consulté en 2021/06]

## INDEX DES TABLEAUX ET FIGURES

---

---

### TABLEAUX

Tableau 1 : Critères d'application des principales directives européennes applicables pour la mise sur le marché des systèmes à l'hydrogène stationnaires .....	16
Tableau 2 : Synthèse des réglementations applicables aux véhicules routiers.....	18
Tableau 3 : Synthèse des cadres réglementaires applicables aux autres moyens de transport.....	19
Tableau 4 : Extrait de la table des matières de la norme NF M 58-003 .....	23
Tableau 5 : Réactions électrochimiques à la cathode et à l'anode d'un électrolyseur alcalin et PEM .....	24
Tableau 6 : Caractéristique des principales technologies d'électrolyse.....	26
Tableau 7 : Directives applicables au regard des caractéristiques principales du système .....	29
Tableau 8 : Structure de la norme ISO 22734 :2019 .....	30
Tableau 9 : Synthèse des directives nouvelle approche applicables aux systèmes de compression .....	32
Tableau 10 : Extrait de la table des matières de la norme NF EN 1012-3.....	33
Tableau 11 : Les différents types de réservoirs à haute pression pour le stockage d'hydrogène comprimé .....	34
Tableau 12 : Synthèse des réglementations applicables aux systèmes de stockage stationnaire .....	35
Tableau 13 : Taux de contrainte minimaux et pressions de rupture (EN 17533) .....	36
Tableau 14 : Récapitulatif des essais sur matériaux.....	37
Tableau 15 : Récapitulatif des essais de type applicables aux réservoirs stationnaires.....	37
Tableau 16 : Synthèse des réglementations applicables aux systèmes de stockage sur hydrures.....	39
Tableau 17 : Normes applicables aux récipients cryogéniques .....	40
Tableau 18 : Caractéristiques des principales technologies de piles à combustible .....	42
Tableau 19 : Directives européennes applicables aux piles à combustibles et systèmes à pile à combustible .....	44
Tableau 20 : Normes de la série IEC 62282 Technologies des piles à combustible.....	45
Tableau 21 : Extrait de la table des matières de la norme EN IEC 62282-2-100.....	46
Tableau 22 : Extrait de la table des matières de la norme EN IEC 62282-3-100 .....	47
Tableau 23 : Normes relatives aux détecteurs de gaz pertinentes pour les détecteurs d'hydrogène.....	48
Tableau 24 : Directives applicables au système station de distribution .....	50
Tableau 25 : Extrait de la table des matières de la norme NF EN 17127 : 2018.....	51
Tableau 26 : Extrait de la table des matières de la norme NF EN ISO 17268 : 2020 .....	52
Tableau 27 : Structure de la série de normes ISO 19880 .....	52
Tableau 28 : Normes SAE applicables aux véhicules à hydrogène .....	54
Tableau 29 : Description des modules d'évaluation de la conformité .....	65
Tableau 30 : Normes de la série ISO 17000 relatives aux activités d'évaluation de la conformité, d'essai et de certification .....	66
Tableau 31 : Principales normes génériques harmonisées en application de la directive ESP .....	75
Tableau 32 : Normes de la série ISO 4126.....	77
Tableau 33 : Exemples de normes applicables dans le contexte ESP pour divers composants de systèmes à hydrogène .....	78
Tableau 34 : Organismes français notifiés au titre de la DES .....	80
Tableau 35 : Etapes de la vie d'un équipement sous pression (OH : Organisme de contrôle habilité, ON : Organisme notifié, SIR : Service d'inspection reconnu).....	82
Tableau 36 : Table des matières de l'annexe I de la directive relative aux exigences essentielles.....	87
Tableau 37 : Liste des organismes notifiés au titre de la directive machine .....	88
Tableau 38 : Exemples de normes de type B pertinentes pour les systèmes H2 .....	91
Tableau 39 : Niveaux de performance (PL) tels que définis dans la norme EN ISO 13849-1.....	92
Tableau 40 : Exemples de normes de type C .....	94
Tableau 41 : Correspondance entre catégories de matériel et type d'emplacement .....	96
Tableau 42 : Correspondance entre les modes de protection et les zones pour les équipements électriques.....	97
Tableau 43 : Modes de protection pour la prévention de l'inflammation d'ATEX.....	98
Tableau 44 : Organismes notifiés au titre de la directive ATEX 2014/34/UE.....	101
Tableau 45 : Groupe de gaz et gaz représentatif du groupe.....	102
Tableau 46 : Organismes notifiés au titre de la directive CEM .....	107
Tableau 47 : Organisme autorisé à délivrer les certificats d'examen de type d'ensembles de mesurage de masse d'hydrogène pour véhicules .....	112
Tableau 48 : Organismes impliqués dans le processus de réception des véhicules .....	116
Tableau 49 : Procédures d'essai applicables aux réservoirs d'hydrogène conçus pour l'utilisation d'hydrogène (gazeux) comprimé .....	116

Tableau 50 : Procédures d'essai applicables aux composants hydrogène, autres que les réservoirs, conçus pour l'utilisation d'hydrogène (gazeux) comprimé.....	117
Tableau 51 : Vue d'ensemble des essais correspondant à des prescriptions fonctionnelles définies pour le système de stockage .....	119
Tableau 52 : Essais d'homologation du TPRD .....	121
Tableau 53 : Essais d'homologation des vannes d'arrêt et soupapes anti-retour .....	121
Tableau 54 : Normes applicables aux véhicules à hydrogène et leurs composants.....	124
Tableau 55 : Normes de la série ISO 12619 .....	125
Tableau 56 : Synthèse des essais prévus dans le cadre de la série de normes ISO 12619.....	125
Tableau 57 : Essais définis dans l'ISO 21266-2 .....	126
Tableau 58 : Normes applicables aux équipements sous pression transportables citées dans l'ADR .....	130
Tableau 59 : Autres normes relatives aux contrôles et essais .....	130
Tableau 60 : Liste des organismes français notifiés au titre de la DESPT .....	132
Tableau 61 : Organisme français notifié dans le cadre de la directive bateaux de plaisance .....	135
Tableau 62 : Liste des sociétés de classification habilitées à délivrer des certificats de conformité aux réglementations internationales au nom de l'Etat français .....	136
Tableau 65 : Laboratoires d'essai proposant des essais en vue de l'évaluation de la conformité des systèmes à hydrogène.....	142

## FIGURES

Figure 1: Exemple d'articulation entre les cadres réglementaires et normatifs pour une station-service d'hydrogène avec production d'hydrogène par électrolyse .....	10
Figure 2 : Structure générale du guide .....	11
Figure 3 : Composants des systèmes à hydrogène selon la norme NF M58-003 : 2013.....	14
Figure 4 : Démarche générale d'évaluation de la conformité selon les directives relevant du « nouveau cadre législatif européen » .....	17
Figure 5 : Principe de fonctionnement d'une cellule d'électrolyseur alcalin (gauche) et d'une cellule d'électrolyseur PEM (droite) .....	25
Figure 6 : Schéma d'ensemble des fonctions présentes dans un système d'électrolyse.....	28
Figure 7 : Principaux composants d'un système d'électrolyse <sup>25</sup> .....	28
Figure 8 : Intégration d'un système d'électrolyse <sup>25</sup> .....	29
Figure 9 : Composants d'un système pile à combustible (Source : EN IEC 62282-2-100) .....	43
Figure 10 : Configurations typiques de stations-services alimentées par divers modes.....	49
Figure 11 : Schéma de principe des principaux systèmes d'un véhicule à pile à combustible alimentée en hydrogène (Source : GTR 13).....	55
Figure 12 : Processus d'identification des exigences applicables et de sélection des normes et spécifications en vue de répondre à ces exigences.....	58
Figure 13 : Forme du marquage CE.....	60
Figure 14 : Processus d'évaluation de la conformité (source : Guide bleu relatif à la mise en œuvre de la réglementation de l'Union européenne sur les produits 2016) .....	62
Figure 15 : Combinaisons possibles des modules d'évaluation de la conformité. En vert modules sous la seule responsabilité du fabricant, en jaune, modules faisant intervenir un organisme interne accrédité ou un organisme notifié, en orange, modules faisant intervenir un organisme notifié. ....	63
Figure 16 : Critères relatifs aux récipients contenant une substance dangereuse .....	69
Figure 17 : Critères relatifs aux tuyauteries contenant des substances dangereuses .....	69
Figure 18 : Modules d'évaluation de la conformité applicables en fonction de la catégorie de l'équipement (voir la description des modules au § 6.8) .....	70
Figure 19 : Processus d'estimation du risque et réduction du risque (d'après EN 764-7).....	76
Figure 20 : Modules d'évaluation de la conformité applicables dans le cadre de la directive Machines (voir la description des modules au § 6.8) .....	85
Figure 21 : Représentation schématique du processus de réduction du risque comprenant une méthode itérative en trois étapes (selon EN ISO 12100:2010) .....	90
Figure 22 : Processus itératif pour la conception de parties des systèmes de commande relatives à la sécurité (SRP/CS) (EN ISO 13849-2) .....	93
Figure 23 : Modules d'évaluation de la conformité applicables dans le cadre de la directive ATEX (voir la description des modules au § 6.8) .....	100
Figure 24 : Marquage des appareils destinés à être utilisés en atmosphère explosive .....	101
Figure 25 : Critères d'application de la directive CEM .....	103
Figure 26 : Modules d'évaluation de la conformité au titre de la directive CEM (2014/30/UE) appliqués au choix du fabricant.....	104
Figure 27 : Démarche d'évaluation de la conformité applicable dans le cadre de la directive CEM.....	105
Figure 28 : Exemple d'agencement des composants du véhicule à hydrogène (Source GTR 13) .....	113

Figure 29 : Système de stockage courant tel que décrit par le règlement R134 .....	118
Figure 30 : Représentation synthétique des essais de vérification de la durabilité des caractéristiques .	119
Figure 31 : Essai de vérification des caractéristiques attendues en utilisation sur route (essais pneumatiques/hydrauliques) .....	120
Figure 32 : Rampes de température appliquées pour l'essai de vérification de la résistance au feu .....	120
Figure 33 : Vue d'ensemble des essais applicables aux TPRD (Règlement R134).....	122
Figure 34 : Vue d'ensemble des essais applicables aux soupapes antiretour et vannes d'arrêt automatiques (Règlement R134).....	122
Figure 35 : Marquage Pi.....	133

## SIGLES ET ACRONYMES

---

---

<b>ADEME</b>	Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie
<b>OEN</b>	Organisme européen de normalisation
<b>DESP</b>	Directive équipements sous pression
<b>DESPT</b>	Directive équipements sous pression transportables
<b>ATEX</b>	Atmosphère explosive
<b>CEM</b>	Compatibilité électromagnétique
<b>ISO</b>	International Standardisation Organisation
<b>CEN</b>	Comité européen de normalisation
<b>ISO TC 197</b>	Comité de normalisation ISO sur les technologies de l'hydrogène. Ce comité élabore la plupart des normes ISO relatives aux systèmes à hydrogène.
<b>COFRAC</b>	Comité français d'accréditation
<b>AFNOR</b>	Association Française de Normalisation
<b>GTR</b>	Global technical regulation
<b>EUROCAE</b>	European Organisation for Civil Aviation Equipment

## ANNEXES

---

Liste des annexes :

- Annexe 1 : Annexe IV de la directive « Machines »
- Annexe 2 : Exemples de documentations techniques requises par les directives ESP et Machines
- Annexe 3 : Fiches de présentation des laboratoires d'essai

## Annexe 1 : Annexe IV de la directive machine

1. Scies circulaires (monolames et multilames) pour le travail du bois et des matériaux ou pour le travail de la viande
2. Machines à dégauchir à avance manuelle pour le travail du bois.
3. Machines à raboter pour le travail du bois.
4. Scies à ruban à chargement et/ou à déchargement manuel
6. Machines à tenonner à plusieurs broches à avance manuelle pour le travail du bois.
7. Toupies à axe vertical à avance manuelle pour le travail du bois et des matériaux ayant des caractéristiques physiques similaires.
8. Scies à chaîne portatives pour le travail du bois.
9. Presses, y compris les plieuses, pour le travail à froid des métaux, à chargement et/ou à déchargement manuel dont les éléments mobiles peuvent avoir une course supérieure à 6 mm et une vitesse supérieure à 30 mm/s.
10. Machines de moulage des plastiques par injection ou compression à chargement ou à déchargement manuel.
11. Machines de moulage de caoutchouc par injection ou compression à chargement ou à déchargement manuel.
12. Machines pour les travaux souterrains des types suivants :
  - 12.1. Locomotives et bennes de freinage ;
  - 12.2. Soutènements marchants hydrauliques.
13. Bennes de ramassage d'ordures ménagères à chargement manuel, comportant un mécanisme de compression.
14. Dispositifs amovibles de transmission mécanique, y compris leurs protecteurs.
15. Protecteurs des dispositifs amovibles de transmission mécanique.
16. Ponts élévateurs pour véhicules.
17. Appareils de levage de personnes ou de personnes et d'objets, présentant un danger de chute verticale supérieure à 3 mètres.
18. Machines portatives de fixation à charge explosive et autres machines à chocs.
19. Dispositifs de protection destinés à détecter la présence de personnes.
20. Protecteurs mobiles motorisés avec dispositif de verrouillage destinés à être utilisés dans les machines mentionnées sections 9, 10 et 11.
21. Blocs logiques assurant des fonctions de sécurité.
22. Structures de protection contre le retournement (ROPS).
23. Structures de protection contre les chutes d'objets (FOPS).

Liste indicative des composants de sécurité visés à l'article 2, point c)

1. Protecteurs des dispositifs amovibles de transmission mécanique
2. Dispositifs de protection destinés à détecter des personnes
3. Protecteurs mobiles motorisés avec dispositif de verrouillage destinés à être utilisés dans les machines mentionnées sections 9, 10 et 11 de l'annexe V
4. Blocs logiques assurant des fonctions de sécurité sur les machines
5. Vannes avec moyens supplémentaires de détection des défaillances, destinées au contrôle des mouvements dangereux sur les machines
6. Systèmes d'extraction des émissions des machines
7. Protecteurs et dispositifs de protection destinés à protéger les personnes exposées contre les éléments mobiles concourant directement au travail sur la machine
8. Dispositifs de contrôle des sollicitations et des mouvements des machines de levage
9. Dispositifs de retenue des personnes sur leur siège
10. Dispositifs d'arrêt d'urgence
11. Systèmes visant à empêcher l'accumulation de charges électrostatiques potentiellement dangereuses
12. Limiteurs d'énergie et dispositifs de secours visés sections 1.5.7, 3.4.7 et 4.1.2.6 de l'annexe I
13. Systèmes et dispositifs destinés à réduire les émissions sonores et les vibrations
14. Structures de protection contre le retournement (ROPS)
15. Structures de protection contre les chutes d'objets (FOPS)
16. Dispositifs de commande à deux mains
17. Composants pour machines de levage et/ou de déplacement de personnes entre différents paliers et compris dans la liste suivante :
  - a) dispositifs de verrouillage des portes palières ;
  - b) dispositifs visant à empêcher la chute ou le mouvement incontrôlé vers le haut de l'habitacle ;

- c) dispositifs limiteurs de survitesse ;
- d) amortisseurs à accumulation d'énergie :
  - non linéaire, ou
  - à amortissement du mouvement de retour ;
- e) amortisseurs à dissipation d'énergie ;
- f) dispositifs de sécurité montés sur les vérins des circuits hydrauliques lorsqu'ils sont utilisés comme dispositifs antichute ;
- g) dispositifs de sécurité électrique composés d'interrupteurs de sécurité comprenant des composants électroniques.

## Annexe 2 : Documentation technique requise au titre des directives ESP et Machines

Le contenu de la documentation technique varie en fonction du module d'évaluation de la conformité. La liste suivante est une compilation des documents requis. Il convient de vérifier dans les annexes des directives la liste complète des documents effectivement requis.

### A-Exemple de documentation requise au titre de la Directive ESP

#### Documentation technique

Le fabricant établit la documentation technique.

La documentation technique permet l'évaluation de l'équipement sous pression du point de vue de sa conformité aux exigences pertinentes, et inclut une analyse et une évaluation adéquates du ou des risques. La documentation technique précise les exigences applicables et couvre, dans la mesure nécessaire à l'évaluation, la conception, la fabrication et le fonctionnement de l'équipement sous pression. La documentation technique comprend, le cas échéant, au moins les éléments suivants :

#### Tronc commun :

- une description générale de l'équipement sous pression,
- des dessins de la conception et de la fabrication ainsi que des diagrammes des composants, des sous-ensembles, des circuits, etc.,
- les descriptions et explications nécessaires pour comprendre ces dessins et diagrammes ainsi que le fonctionnement de l'équipement sous pression,
- une liste des normes harmonisées dont les références ont été publiées au Journal officiel de l'Union européenne, appliquées entièrement ou en partie, et la description des solutions adoptées pour satisfaire aux exigences essentielles de sécurité de la présente directive lorsque ces normes harmonisées n'ont pas été appliquées. Dans le cas où des normes harmonisées ont été appliquées en partie, la documentation technique précise les parties appliquées,
- les résultats des calculs de conception réalisés, des contrôles effectués, etc.,
- les rapports d'essais.

#### Documents spécifiques à certains modules :

- les éléments relatifs aux essais prévus dans le cadre de la fabrication, (Module B)
- les éléments relatifs aux qualifications ou approbations requises au titre de l'annexe I, points 3.1.2 et 3.1.3 (Assemblages permanents et essais non destructifs), (Module B)

L'organisme notifié peut demander d'autres exemplaires si le programme d'essais le requiert ;

- les preuves à l'appui de l'adéquation de la solution retenue pour la conception technique. Ces preuves mentionnent tous les documents qui ont été utilisés, en particulier lorsque les normes harmonisées applicables n'ont pas été appliquées entièrement. Elles comprennent, si nécessaire, les résultats d'essais effectués conformément à d'autres spécifications techniques pertinentes par le laboratoire approprié du fabricant ou par un autre laboratoire d'essai en son nom et sous sa responsabilité.

#### Documentation relative au système qualité (pour les modules concernés : ex. module D)

Elle contient en particulier une description adéquate :

- des objectifs de qualité, de l'organigramme, ainsi que des responsabilités et des compétences du personnel d'encadrement en matière de qualité des équipements sous pression,
- des techniques correspondantes de fabrication, de contrôle de la qualité et d'assurance de la qualité, des procédés et des actions systématiques qui seront utilisés, notamment les modes opératoires d'assemblage permanent des pièces agréés conformément à l'annexe I, point 3.1.2,
- des contrôles et des essais qui seront effectués avant, pendant et après la fabrication et de la fréquence à laquelle ils auront lieu,
- des dossiers de qualité, tels que les rapports d'inspection et les données d'essais et d'étalonnage, les rapports sur les qualifications ou approbations du personnel concerné, notamment celles du personnel pour l'assemblage permanent des pièces et les essais non destructifs conformément à l'annexe I, points 3.1.2 et 3.1.3, etc.,
- des moyens de surveillance permettant de contrôler l'obtention de la qualité requise et le bon fonctionnement du système de qualité.

### B-Exemple de documentation requise au titre de la Directive Machines

## Dossier technique pour les machines

La présente partie décrit la procédure à suivre pour constituer un dossier technique. Le dossier technique doit démontrer que la machine est conforme aux exigences de la présente directive. Il doit couvrir la conception, la fabrication et le fonctionnement de la machine, dans la mesure nécessaire à l'évaluation de la conformité. Le dossier technique doit être établi dans une ou plusieurs des langues officielles de la Communauté, à l'exception de la notice d'instructions de la machine pour laquelle s'appliquent les dispositions particulières prévues à l'annexe I, section 1.7.4.1.

1. Le dossier technique comprend les éléments suivants :

a) un dossier de construction contenant :

— une description générale de la machine,

— le plan d'ensemble de la machine, les plans des circuits de commande, ainsi que les descriptions et explications pertinentes nécessaires à la compréhension du fonctionnement de la machine,

— les plans détaillés et complets, accompagnés éventuellement des notes de calcul, résultats d'essais, attestations, etc., permettant de vérifier la conformité de la machine aux exigences essentielles de santé et de sécurité,

— la documentation sur l'évaluation des risques, décrivant la procédure suivie, y compris :

i) une liste des exigences essentielles de santé et de sécurité qui s'appliquent à la machine ;

ii) une description des mesures de protection mises en œuvre afin d'éliminer les dangers recensés ou de réduire les risques et, le cas échéant, une indication des risques résiduels liés à la machine ;

— les normes et autres spécifications techniques utilisées, en précisant les exigences essentielles de santé et de sécurité couvertes par ces normes,

— tout rapport technique donnant les résultats des essais effectués soit par le fabricant, soit par un organisme choisi par le fabricant ou son mandataire,

— une copie de la notice d'instructions de la machine,

— le cas échéant, une déclaration d'incorporation relative aux quasi-machines incluses et les notices d'assemblage pertinentes qui concernent celles-ci,

— le cas échéant, une copie de la déclaration CE de conformité de la machine ou d'autres produits incorporés dans la machine,

— une copie de la déclaration CE de conformité ;

b) dans le cas de fabrication en série, les dispositions internes qui seront mises en œuvre pour veiller à ce que les machines restent conformes aux dispositions de la présente directive.

Le fabricant doit effectuer les recherches et essais nécessaires sur les composants, les accessoires ou la machine entière afin de déterminer si celle-ci, par sa conception ou sa construction, peut être assemblée et mise en service en toute sécurité. Les rapports et résultats pertinents sont joints au dossier technique.

2. Le dossier technique visé au point 1 doit être mis à la disposition des autorités compétentes des États membres pendant une période d'au moins dix ans après la date de fabrication de la machine ou, dans le cas d'une fabrication en série, de la dernière unité produite.

Ce dossier technique ne doit pas obligatoirement se trouver sur le territoire de la Communauté. De plus, il ne doit pas être disponible en permanence sous forme matérielle. Toutefois, il doit pouvoir être reconstitué et mis à disposition dans un délai compatible avec son importance par la personne désignée dans la déclaration CE de conformité.

Le dossier technique ne doit pas comprendre les plans détaillés ou toute autre information spécifique concernant les sous-ensembles utilisés pour la fabrication des machines, sauf si leur connaissance est indispensable pour la vérification de la conformité de la machine aux exigences essentielles de santé et de sécurité.

3. La non-présentation du dossier technique, à la suite d'une demande dûment motivée des autorités nationales compétentes, peut constituer une raison suffisante pour douter de la conformité de la machine en question avec les exigences essentielles de santé et de sécurité.

## **Annexe 3 Fiches descriptives des laboratoires d'essai**

### **INERIS**

L'Ineris, établissement public à caractère industriel et commercial, répond aux besoins des industriels pour les accompagner dans leurs nouveaux défis, que ce soit sur l'adaptation des installations existantes ou le développement de nouvelles technologies de production, de transport, de distribution, de stockage ou d'utilisation d'énergie.

L'accompagnement de l'Ineris porte sur :

- L'évaluation de la sécurité et de l'impact des installations actuelles ou futures vis-à-vis de l'environnement et du risque technologique,
- Le test des technologies innovantes,
- La qualification des dispositifs de sécurité inhérents aux nouvelles technologies (batteries électriques, hydrogène, gaz...),
- La caractérisation des propriétés dangereuses et de la sécurité des produits et substances y compris en fonctionnement dans des conditions complexes.

### **1. Description des installations**

#### **Plateforme d'essais de Montlaville**

L'Ineris exploite des plateformes d'essais dont certaines sont dédiées aux tests abusifs sur batteries, aux tests de fuite et d'explosion de substances inflammables telles que H<sub>2</sub>, GNL ou CO<sub>2</sub>. Il dispose également de moyens d'essais adaptés pour tester des solutions à taille réelle, notamment sur son site d'essai de 70 000 m<sup>2</sup> à Montlaville.

Cette ancienne carrière a été transformée en un ensemble de plateformes extérieures et de galeries souterraines pour la réalisation d'essais destructifs d'incendie et d'explosion.

Parmi les moyens souterrains, deux galeries ont été entièrement rénovées en 2013 :

- Une galerie (G1) est plus particulièrement dédiée à l'étude des explosions de gaz.
- Une galerie (G3) décrite ci-dessous est utilisée principalement pour des essais d'éclatement de réservoirs sous l'effet d'un choc ou d'un feu.

Ces deux galeries ont été entièrement rénovées en 2013

Des zones d'essai en surface, équipées de moyens de protection et de rétention des éclats permettent aussi de réaliser des essais d'incendie, d'explosion et d'éclatement sur des systèmes. Ces moyens sont notamment utilisés pour qualifier des dispositifs de sécurité tels que des événements d'explosion.

Un banc de test de raccords permet de caractériser les fuites sur des raccords après divers types de sollicitations.

#### **Laboratoire CAPTEURS**

L'Ineris dispose aussi d'un laboratoire « CAPTEURS », accrédité ISO/CEI 17025 par le COFRAC, dans lequel il évalue la conformité et les performances des détecteurs de sécurité fixes et portables mettant en œuvre des gaz inflammables, dont l'hydrogène, toxiques, oxygène, selon des référentiels normalisés ou des applications spécifiques pour assurer la sécurité des procédés et garantir une bonne maîtrise.

#### **Laboratoire d'essais des équipements ATEX**

Accrédité COFRAC ISO/CEI 17025, le laboratoire d'essais Équipements ATEX teste les équipements destinés à être utilisés en atmosphères explosibles (ATEX) ou dans des conditions ambiantes sévères (température, gaz, pression...). Ces essais sont réalisés dans le cadre de l'évaluation de la conformité à la directive ATEX 2014/34/UE pour laquelle l'Ineris est notifié.

#### **Laboratoire des Phénomènes Electrostatiques - LPES**

L'Ineris réalise les essais et les mesures d'évaluation des risques électrostatiques liés à l'utilisation des matériels et équipements en Atmosphère Explosive. Ces essais sont notamment réalisés dans le cadre de l'évaluation de la conformité au référentiel Electrostatic Ineris qui vise à garantir que des produits par ailleurs non couverts par la directive ATEX ne présentent pas de risque de former des décharges électrostatiques susceptibles d'enflammer une ATEX.

### **2. Systèmes à hydrogène concernés**

- Systèmes de stockage, réservoirs sous pression
- Capteurs

- Tous systèmes destinés à être utilisés en zone ATEX
- Tous systèmes nécessitant d'être testés dans un environnement sécurisé

### 3. Essais standards proposés

- Tous les essais relevant de l'évaluation des matériels au titre de la directive ATEX (2014/34/UE)
- Essais d'évaluation des détecteurs de gaz
- Essais électrostatiques
- Essais de tenue au feu des réservoirs

### 4. Essais à façon

Les plateformes d'essai de l'Ineris sont particulièrement adaptées à la réalisation d'essais sur mesure mettant en jeu ou non des phénomènes dangereux tels qu'incendie, explosion, éclatement de réservoirs. L'Ineris peut aussi mettre à disposition des moyens et emplacements sécurisés pour des essais de fonctionnement ou de sécurité de systèmes complexes.



Figure 36 : Vue aérienne du site de Montlaville

#### Galerie "G3"

Cette galerie est principalement dédiée aux tests destructifs comme l'éclatement des réservoirs et les tests au feu (bonfire test). Des tests d'explosion de gaz sont également possibles avec quelques adaptations.

Longueur : 80 m droit

Coupe transversale d'environ 10 m<sup>2</sup>

Murs en béton, avec zone renforcée à l'arrière (longueur 20 m, matériau composite avec couches superposées d'acier et de béton). Cette zone est conçue pour résister aux hautes pressions (2 bar), aux projections de fragments et aux incendies.

Ventilation : 70000 m<sup>3</sup>/h

Surpression maximale : 1,5 bar

Équivalent TNT max : 10 kg (à l'arrière)

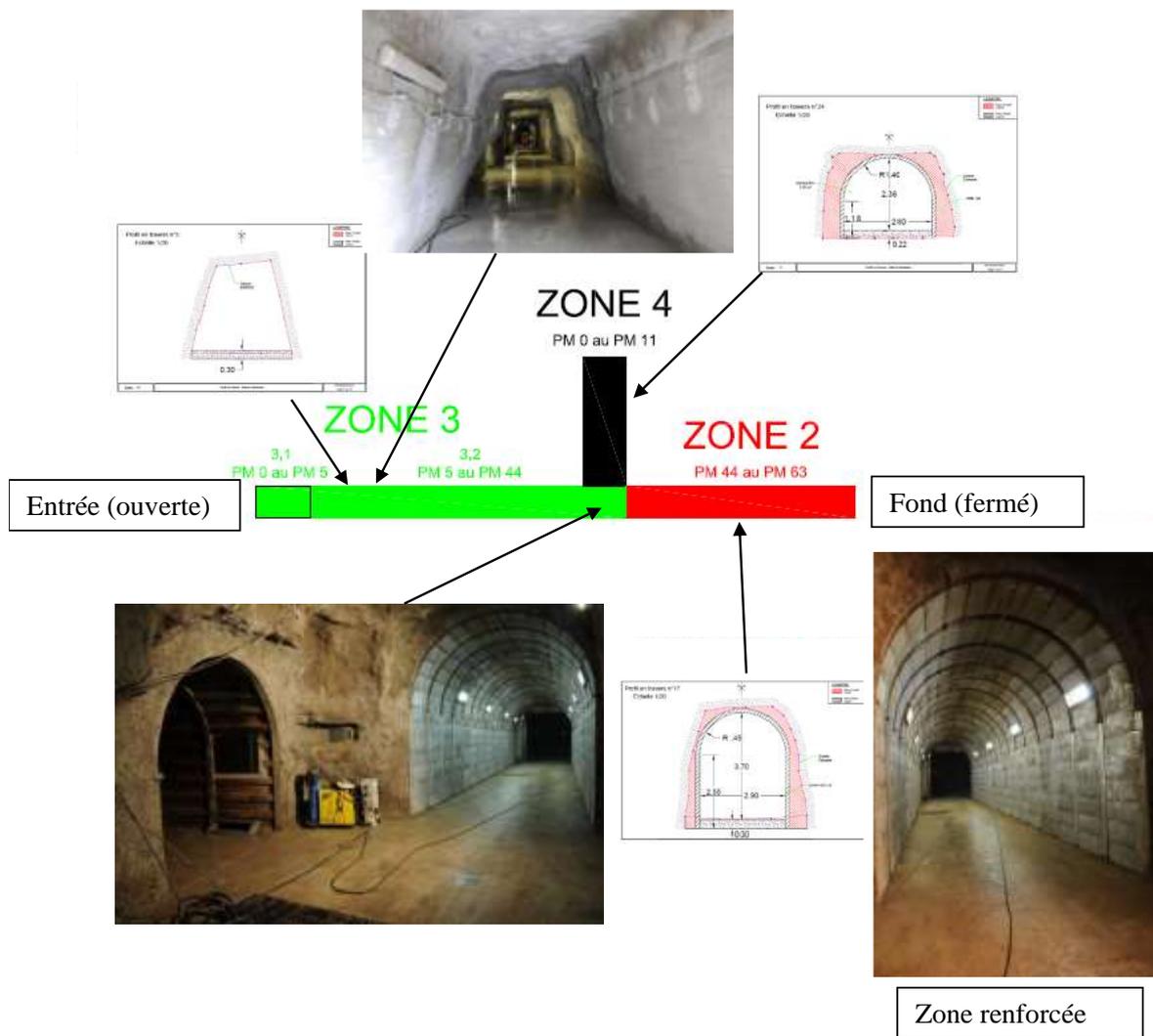


Figure 37 : Configuration de la galerie G3 (tests d'éclatement et tests feu)

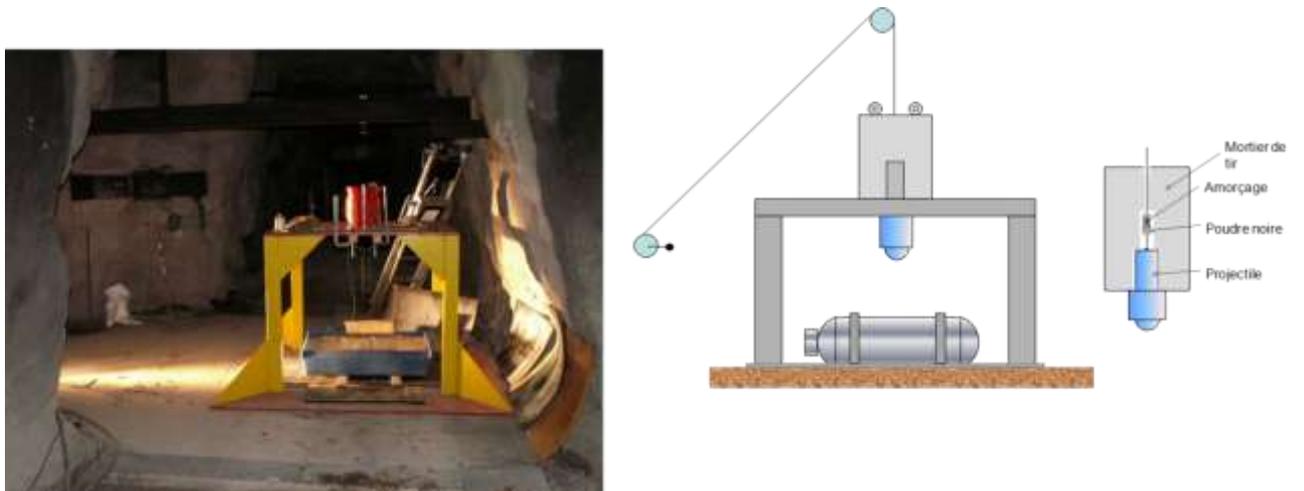


Figure 38 : Exemple d'essai d'impact sur réservoir au moyen d'un mortier balistique

Cage pour la rétention des fragments :

- Cette cage est utilisée pour les tests avec des risques de projection de fragments (comme les tests d'éclatement pneumatique)
- Dimensions : 4 mx 4 mx 4 m
- Énergie cinétique max des fragments : 70 J



Figure 39 : Cage pour la rétention des fragments

#### Chambres d'explosion de 1 m<sup>3</sup>, 4 m<sup>3</sup>, 37 m<sup>3</sup>

Pour la réalisation d'explosions de gaz, avec plaques transparentes pour la visualisation interne

1 m<sup>3</sup> et 4 m<sup>3</sup> : surpression max 4 bar

Conteneur d'explosion 37 m<sup>3</sup> : surpression max 2 bar, avec une conception modulaire pour mettre en place des panneaux de ventilation, un système d'atténuation, etc...



Figure 40 : Chambres d'explosion (utilisées par exemple pour qualifier des dispositifs de protection (événements d'explosion))

Des moyens sont aussi disponibles pour la caractérisation des fuites sur raccords :

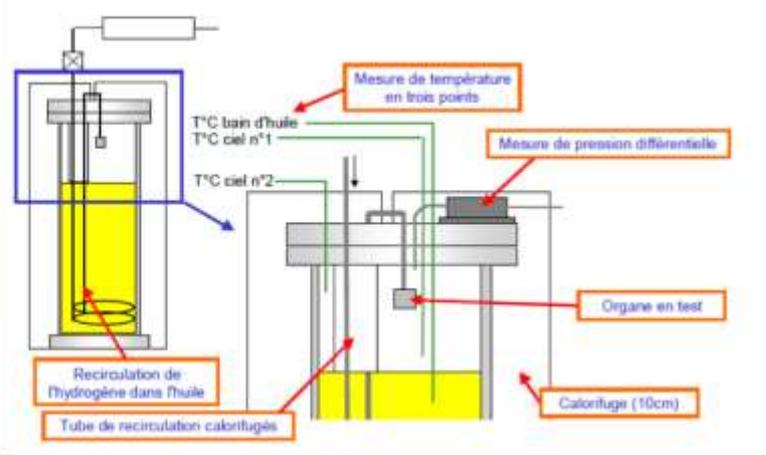


Figure 41 : Banc de test de fuite

## 5. Accréditations

L’Ineris est accrédité par le COFRAC pour les activités suivantes :

- Essais : Accréditation n°1-0157
- Etalonnages : Accréditation n°2-1251
- Comparaisons inter-laboratoires : Accréditation n°1-2291
- Certifications de produits et services : Accréditation n°5-0045
- Portées disponibles sur [www.cofrac.fr](http://www.cofrac.fr)

## 6. Activités de certification

L’Ineris est un organisme de certification de produits et d’équipements de sécurité conformément aux directives européennes (ATEX 2014/34/UE, Machines 2006/42/CE, Explosifs à usage civil et articles pyrotechniques 2013/29/UE et 2014/28/UE) et selon des schémas de certification volontaire internationaux (IECex) ou développés par l’Institut pour attester de la sécurité apportée aux utilisateurs (installateurs, réparateurs, opérateurs) et aux citoyens (papier sans phénol ajouté, protection foudre des installations industrielles).

## ISTHY

L'ISTHY<sup>132</sup>, est un centre d'essais, de tests et de certifications des systèmes de stockage hydrogène pour répondre aux exigences réglementaires de mise sur le marché. En cours de construction en 2021, il prévoit d'être pleinement opérationnel en 2023.

L'ISTHY a bénéficié d'un soutien du Programme d'Investissements d'Avenir (PIA) mis en place par l'Etat pour cofinancer les projets innovants. Implanté sur le territoire du Grand Belfort, le centre ISTHY réalisera ses essais, ses certifications en toute indépendance et impartialité pour le compte de constructeurs, d'équipementiers et industriels internationaux.

### 1. Description de l'installation

Implanté à Fontaine sur un site de 5,3 hectares dont 2 sont utilisés dans un premier temps, à proximité de Belfort, l'ISTHY sera doté de plus de 2000 m<sup>2</sup> de laboratoires spécialement conçus pour pouvoir gérer en toute sécurité des essais mécaniques sous hydrogène et à haute pression hydraulique.

L'ISTHY proposera les prestations suivantes :

- Mesures et essais pour vérifier la conformité et la qualité des produits
- Déterminer le comportement et la conformité aux normes, règlements et directives des systèmes de stockage hydrogène (réservoirs, capteurs, actionneurs, liaisons ou tubulures) au cours d'épreuves
- Obtenir les garanties d'un niveau de sécurité normatif
- Tester les équipements de stockage hydrogène sous forme gazeuse et sous forme solide
- Conduire des essais physiques en chambre enterrée : sous pression hydraulique, sous gaz, mécaniques pour s'assurer de la robustesse de l'équipement
- Réaliser des tests en conditions extrêmes
- Proposer une gamme de températures étendues pour les essais
- Effectuer des mesures CEM sur les systèmes réservoirs.
- Effectuer des essais spécifiques constructeurs

### 2. Systèmes à hydrogène concernés

L'ISTHY disposera dans un premier temps de moyens d'essai particulièrement adaptés au test de réservoirs. Ces moyens ont vocation à être complétés rapidement pour pouvoir tester d'autres composants des systèmes à hydrogène et d'autres technologies de stockage (H2 liquide).

### 3. Essais standards proposés

L'ISTHY proposera des essais variés. Les tableaux ci-dessous présentent les caractéristiques des moyens d'essai sous pression.

SPÉCIFICATIONS DES ESSAIS SOUS PRESSION HYDRAULIQUE	
BURST	
Test d'éclatement	selon référentiels internationaux
Taille du réservoir	Diamètre extérieur : de 8 cm à 110 cm longueur : de 10 cm à 400 cm
Volume du réservoir	de 0,5 L à 1600 L
Poids	0,5 kg à 2000 kg
Type	4
Test d'éclatement	
Pression fluide essai	maxi 2500 bar
Température ambiante	20°C +/- 5°C
SPÉCIFICATIONS DES ESSAIS DE CYCLAGE	
Test de cyclage	selon référentiels internationaux
Taille du réservoir	Diamètre extérieur : de 8 cm à 110 cm longueur : de 10 cm à 400 cm
Volume du réservoir	de 0,5 L à 1600 L
Poids	0,5 kg à 2000 kg

<sup>132</sup> <https://www.isthy.fr/>

Type	4	
<b>Test de cyclage</b>		
Cyclage gamme de températures normales	de - 40 ° C à + 85 ° C	
Cyclage gamme températures étendues	de - 55 ° C / + 120 ° C	
<b>SPÉCIFICATIONS DES ESSAIS SOUS GAZ HYDROGENE</b>		
<b>Applications</b>	<b>@700 bar/ Véhicule léger</b>	<b>@350 bar/ Véhicule lourd</b>
Longueur extérieure du réservoir	de 10 cm à 155 cm	de 10 cm à 400 cm
Diamètre extérieur du réservoir	de 8 cm à 60 cm	de 8 cm à 110 cm
Volume équivalent d'eau du réservoir	de 0,5 L à 150 L	de 0,5 L à 620 L
Poids hydrogène embarqué	de 0,01 kg à 5 kg	de 0,01 kg à 10 kg
Température hydrogène	De -40°C à +20°C	
Température ambiante	De -40°C à +55°C	
Hygrométrie ambiante	95% HR	
<b>SPÉCIFICATIONS DES ESSAIS MECANIQUES</b>		
Taille du réservoir	Diamètre extérieur : de 8 cm à 110 cm / longueur extérieure : de 10 cm à 400 cm	
Volume du réservoir	de 0,5 L à 1600 L	
Poids	0,5 kg à 2000 kg	
Type	4	
<b>Test de chute</b>		
Hauteur de chute	1.8m	
Température ambiante	20°C +/- 5°C	
Energie minimale	488 J	
<b>Test d'épreuve au feu</b>		
Température	600°C / 800°C	
Type de feu	Localisé / Enveloppant	
<b>Test de perforation</b>		
Calibre	7,62 mm (Diamètre > 120 mm) / 5,6 mm (Diamètre ≤ 120 mm)	
Vitesse nominale	850 m/s	
Distance maximale	45 m	
<b>SPÉCIFICATIONS DES ESSAIS COMPATIBILITE ELECTROMAGNETIQUE</b>		
Sensibilité		
Emissivité		

#### 4. Essais à façon

L'ISTHY a vocation à être une plateforme d'essais versatile où pourront être développés des essais à façon en fonction des besoins des fabricants.

#### 5. Accréditations

L'ISTHY est en train de mettre en place les démarches afin d'être accrédité par le COFRAC pour la réalisation des essais dans son domaine d'expertise.

#### 6. Activités de certification

L'ISTHY souhaite à terme être reconnu comme organisme de certification.

## CETIM

Le Centre technique des industries mécaniques a été créé en 1965, à la demande des industriels de la mécanique afin d'apporter aux entreprises des moyens et des compétences pour accroître leur compétitivité, participer à la normalisation, faire le lien entre la recherche scientifique et l'industrie, promouvoir le progrès des techniques, aider à l'amélioration du rendement et à la garantie de la qualité. Le CETIM dispose de compétences et de laboratoires variés dans le domaine de la mécanique, des systèmes fluidiques et des matériaux.

En particulier, il a développé une compétence forte dans le domaine des matériaux composites et de l'étanchéité, qui sont au cœur des technologies de stockage d'hydrogène sous pression.

Il travaille depuis de nombreuses années à la conception d'équipements sous pression, à leur validation, à leur fabrication, à leur contrôle et à leur suivi en service, ainsi qu'à leur normalisation.

Ses moyens sont répartis entre ses différents sites français : laboratoire ETIM de test de matériaux composites, dispositifs d'essais sous pression, plateformes d'essais vibratoires et climatiques, laboratoires de contrôle non destructif, dimensionnel, et de mesure.

L'équipe Technologies de l'Étanchéité et Fluides spéciaux dispose d'équipements et d'environnement permettant la mise en œuvre d'essais sous pression en gaz réels en conditions représentatives (Température et Pression et banc d'essais dédiés) et caractérise l'étanchéité des systèmes complets ou des joints en prenant en compte et en étudiant notamment les aspects de diffusion et de vieillissement.

L'équipe d'experts en simulation numérique du Cetim réalise également pour la conception et le dimensionnement d'équipements métalliques :

- Des calculs analytiques ou par éléments finis, avec interprétation selon les normes d'équipements sous pression métalliques (CODAP, EN13345)
- De l'analyse de fragibilité des réservoirs
- De la formation et du conseil

Ses moyens sont répartis entre son centre de Nantes où est situé son laboratoire ETIM de test de matériaux composites et Senlis où le Cetim dispose de dispositifs d'essais des équipements sous pression, dont une fosse d'éclatement de 12 mètres de long.

- Systèmes à hydrogène concernés
  - Réservoirs
  - Equipements sous pression
  - Matériaux composites



### Fosse d'éclatement

L'équipe d'experts en équipement sous pression du Cetim conçoit et réalise les essais sur les équipements et accessoires et met à disposition ses équipements pour :

- Concevoir et prototyper des réservoirs sous pression en matériaux composites
- Conduire des essais de cyclage et de tenue en pression (fluide et gaz), en température, de vieillissement accéléré,
- Réaliser vos essais réglementaires hydrostatiques et de résistance à la pression (DESP 2014/68/UE...)
- Instrumenter et réaliser des mesures sur des équipements soumis à la pression (déformation, déplacement, expansion, écoute acoustique, fuite, etc.).

# ArianeGroup

## 1. Description du site

ArianeGroup (AG) est le leader européen des lanceurs spatiaux civils et militaires. Son activité couvre l'ensemble du cycle de production du lanceur Ariane : conception, développement, production, exploitation et commercialisation. ArianeGroup dispose de 13 sites répartis entre la France et l'Allemagne. Le site de Vernon en Normandie, à une heure de Paris, conçoit, développe, produit et teste des systèmes fonctionnant à l'hydrogène et l'oxygène liquides pour le lanceur Ariane depuis plus de 40 ans.

Son site d'essais, qui s'étend sur 116 hectares, comprend quatre bancs d'essais moteurs cryotechniques et des bancs d'essais de composants ; il constitue le plus grand site d'essais à Hydrogène Liquide en Europe et répond aux exigences de sécurité des sites classés Seveso seuil haut. De ce fait, il dispose d'un service dédié à la Sécurité pour tous les aspects d'analyse de risque et des mesures de maîtrise des risques et d'un service de maintenance. Il s'appuie également sur deux laboratoires spécifiques : un laboratoire de métrologie et un laboratoire de chimie, matériaux et d'expertise.

Les capacités de stockage en hydrogène liquide et hydrogène gazeux vont de quelques m<sup>3</sup> à 600 m<sup>3</sup>, à des pressions allant de quelques bars à 800 bars et alimentant des circuits de quelques g/s à 50 kg/s. Les installations d'essais disposent par ailleurs de l'ensemble des fluides de servitude (azote, hélium) nécessaire à leur fonctionnement.



## 2. Systèmes à hydrogène concernés

Les systèmes à hydrogène pouvant être testés sur la zone d'essais d'ArianeGroup Vernon peuvent aussi bien fonctionner à l'hydrogène gazeux qu'à l'hydrogène liquide qui est notre spécificité.

Les principales typologies des systèmes sont :

- Dispositifs de sécurité : vanne, détendeurs, soupapes, mesures et détecteurs de fuite hydrogène, Dispositif d'Allumage des Fuites.
- Tuyauteries, raccords, lignes et flexibles.
- Pile à combustible, reformeur, combinaison reformeur + pile à combustible
- Stockage sous forme liquide ou gazeux
- Systèmes d'avitaillement, de distribution et fourniture
- Pompes, compresseurs
- Echangeurs
- Moteurs à combustion

### 3. Essais standards proposés

Les essais standards sont :

- Des essais mécaniques dynamiques de 20 à 300 K : traction, fatigue vibratoire, oligocyclique, ténacité, vitesse de fissuration, essais de dureté
- Des essais mécaniques statiques de 300 K à 1200 K : traction, compression
- Des essais métrologiques de caractérisation débit métrique en condition cryogénique
- Des essais hydrauliques pour le timbrage des lignes
- Des essais sous pression pour les lignes et les réservoirs
- Des essais fonctionnels de composants ou de systèmes intégrés :
  - Test d'endurance (ex : PAC d'une durée de 2 000 heures, si besoin 24h/24),
  - Test de performance sous charge (exemple d'essais déjà réalisés : PAC de 1 kW à 20 kW)
  - Test de pressurisation
  - Test d'étanchéité

Les tableaux ci-dessous présentent les capacités des moyens d'essais en termes de contenance maximale des réservoirs, de niveau de pression d'alimentation et de plage de débits pour les différents fluides présents sur le site.

---

#### Hydrogène liquide

Débit jusqu'à 5 kg/s

**à partir de réservoirs de contenance maximale de 270 m<sup>3</sup> (7-40-55-75-110-150), pressurisés à quelques bars (5-10-15) voire 55 b pour un réservoir de 7,5 m<sup>3</sup>**

Débit jusqu'à 50 kg/s

**à partir de réservoirs de contenance maximale de 600 m<sup>3</sup>, pressurisés à quelques bars (autour de 5)**

---



---

#### Hydrogène gazeux

Pression jusqu'à 200 bar

**A partir de réservoirs de contenance de 1 m<sup>3</sup> ou 7 m<sup>3</sup>**

Pression jusqu'à 350 bar

**A partir de réservoirs de contenance de 8 m<sup>3</sup>**

Pression jusqu'à 800 bar

**A partir de réservoirs de contenance de 10 m<sup>3</sup>**

---

Avec une contenance disponible sur le site de l'ordre de 90 m<sup>3</sup> d'azote liquide et de 100 m<sup>3</sup> d'azote gazeux à différents niveaux de pression (jusqu'à 350 b).

### 4. Essais à façon

Du fait de l'étendue des surfaces d'essais disponibles, le site de Vernon se prête à la réalisation de tous types d'essais sur des campagnes de longue durée avec des moyens dédiés.

Associées au site d'essais de Vernon, différentes équipes opérationnelles opèrent autour des essais :

- Les équipes d'ingénierie des moyens d'essais qui conçoivent les bancs d'essais et leur adaptation suite à des évolutions de besoin,

- Les équipes de mise en œuvre des essais qui, sur la base de spécifications d'essais, déclinent les besoins en moyens fonctionnels, mesures, commande, mènent les différentes analyses de risque de tenue des essais et réalisent les essais,
- Un service sécurité qui s'assure que les activités menées le sont conformément aux arrêtés préfectoraux,
- Un atelier et un secteur montage qui permettent d'intégrer tout type de composant sur les moyens existants.
- Un laboratoire qui permet d'expertiser les systèmes testés

## 5. Accréditations

Les laboratoires du site de Vernon sont accrédités Cofrac suivant la norme NE EN ISO/IEC 17025 Version 2017 sur les domaines suivants :

- Essais mécaniques (Essai de traction cryogénique et Essai de dureté).
- Analyses physico-chimiques (Nickel & alliages et Titane & alliages).
- Analyse et essais des produits pétroliers et dérivés (Masse volumique et Pouvoir calorifique supérieur).
- Métrologie (pression, grandeurs électriques, température et débitmètre gaz).

L'atelier Fabrication du site de Vernon est accrédité NadCap sur les domaines suivants :

- Traitement thermique (suivant la norme AMS2750).
- Contrôle Non Destructif (Ressuage et Rayon X).

## 6. Activités de certification

- Pas d'activités de certification à ce jour.

## LNE - Laboratoire National de Métrologie et d'Essais

Le Laboratoire national de métrologie et d'essais (LNE), créé en 1901, est un établissement public à caractère industriel et commercial qui accompagne les entreprises dans leur stratégie d'innovation et de compétitivité. Au carrefour de la science et de l'industrie, il apporte des solutions techniques et développe des méthodes de mesure dans l'évaluation de la fiabilité et de la conformité de des nouvelles technologies.

Le LNE a une expertise transverse dans les domaines de la Métrologie, des Essais, de la Certification, de la Formation et du Conseil.

Le LNE est impliqué sur différents projets européen Euramet/ H2020/ANR, a piloté le projet EMPIR-JRP Metrology for sustainable hydrogen energy applications (achevé en 2020).

### 1. Description de l'installation

Le LNE est implanté sur 55 000 m<sup>2</sup> de laboratoires dont 13 000 m<sup>2</sup> à Paris et 38 000 m<sup>2</sup> à Trappes, constituant un ensemble de moyens d'essais et d'analyse de tout premier plan au niveau européen. Avec ses plateformes pluridisciplinaires, il répond aux différents besoins d'évaluation.

### 2. Systèmes à hydrogène concernés

- PAC ; Electrolyseurs ; Système de stockage ; Réservoirs ; Compresseur ; Système intégré ; Dispositifs de sécurité ; Capteurs
- Composants dans des systèmes embarqués ; Equipements sous pression ; Matériaux métalliques, isolants et composites
- Logiciels, I.A (Intelligence Artificielle), Cybersécurité

### 3. Essais standards proposés

Des compétences et moyens d'essais adaptés aux exigences des différentes directives, Machine, CEM, DBT, aux essais en environnement mais également des essais de qualification/caractérisation/performance.

<b>Essais de caractérisation mécanique, thermique et chimique des matériaux/produits</b>	Les propriétés mécaniques statiques et dynamiques des matériaux : Essais de traction/compression, cisaillement, pelage, choc, fluage/relaxation, essais de fatigue -Tests pouvant être réalisés dans leur environnement, à l'état neuf ou après vieillissement naturel ou simulé ou dans des environnements sévérés et combinés (T°C -170 à 1000°C, env. corrosif, en immersion, UV...)
	Essais de Vibration. Essais de Chocs. Essais d'accélération constante. Essais de Facteurs de charge...
	Conductivité thermique, diffusivité thermique, capacité thermique massique, coefficient de dilatation de matériaux solides en fonction de la température
	Mesure des propriétés radiatives (émissivité, facteur de réflexion...) de matériaux solides en fonction de la direction, de la longueur d'onde et de la température
	Observations optiques (macro et micrométriques)
	Analyses chimiques et structurales. Etat de surface (morphologie, rugosité, porosité,...)
<b>Essais de vieillissement / Essais climatiques / Essais sous contraintes</b>	Essais en conditions extrêmes : froid, chaud, humidité, dépression, surpression. Essais de variation rapide de température. Essais de choc thermique. Essais d'altitude : dépression, surpression en température et hygrométrie. Essais d'ensoleillement. Essais de brouillard salin.
	Qualifications statiques et dynamiques de matériau en milieu corrosif et sévère (H2S, CO2, SO2, eau de mer,...)
<b>Essais de sécurité électrique</b>	Essais diélectriques, Essais d'isolement, Essais de courant de fuite, Essais IP/IK, ... Vérification des exigences réglementaires liées à la notice et au marquage.

Essais CEM	Mesure d'émissions conduites et rayonnées. Essais de décharges électrostatiques (DES). Essais d'immunité conduite et rayonnée. Essais d'immunité aux champs magnétiques...
Essais de simulation de transport	Simulation en mode routier, aérien, ferroviaire par le biais d'essais spécifiques : Vibrations aléatoires et sinusoïdales, Chocs, Chute, Compression, Sollicitation cyclique, de traction, Conditionnement climatique,...
Essais et Evaluations de logiciels	Evaluation du logiciel. Evaluation de l'intelligence artificielle. Evaluation de la Cybersécurité.
	Essais de validation de logiciels de prédiction de déclenchement d'incendie et d'explosion. Essais de validation de logiciels de calculs énergétiques.
Essais sous pression hydraulique jusqu'à 1200 bar	Epreuve (pression statique), Pression d'éclatement, Cyclage
Essais Feu/Toxicité/Opacité	Essais résistance et réaction au feu (propagation, capacité calorifique...)
	Evaluation de l'opacité et toxicité des gaz émis lors de la combustion
Evaluations et Etalonnages Gaz	Détermination des impuretés dans les composés purs gazeux par différentes techniques analytiques (GC, FTIR, chimiluminescence...)
	Mesure du pouvoir calorifique supérieur de gaz
	Evaluation de performances métrologiques des instruments de mesure des gaz (essais d'approbation de type pour la certification)
	Etalonnage des mélanges gazeux - Fabrication de Matériaux de Référence Certifiés (MRC) gazeux
	Détermination des efficacités de filtration des systèmes de filtration (Filtre)
Evaluation de compteur et Etalonnage des équipements électriques	Etalonnage en instrumentation électrique AC/DC
	Etalonnage des équipements de mesure en Haute Tension, en Puissance et Energie, en Fort Courant, en Hautes Fréquences et Hyperfréquences, en Temps Fréquence, de mesure en Magnétisme
	Evaluation de performances métrologiques des compteurs d'Energie (Approbation de type MID)
	Evaluation de l'efficacité des méthodes de transformation, du contrôle de la consommation électrique et de la gestion de l'énergie
Etalonnage des équipements de débit et de pression	Etalonnage de débitmètres entre 1,5 ml/min et 100 l/min
	Etalonnage de chaînes de mesure de pression/vide entre 10 <sup>-6</sup> Pa et 10 <sup>9</sup> Pa
Etalonnage température	Etalonnage des chaînes de mesure de température (sonde + afficheur) utilisées dans l'industrie (incertitudes standards) ou comme référence (aux meilleures incertitudes)
Essais de performance des systèmes/équipements	Essais de performance des piles à combustible, électrolyseurs.
	Essais de performance des systèmes de refroidissement

#### 4. Essais à façon

La pluridisciplinarité de nos compétences ainsi que la diversité de nos équipements nous permettent de vous proposer des essais qui répondront aux besoins induits par l'évolution des produits et référentiels normatifs et réglementaires, nationaux, européens et internationaux.

#### 5. Accréditations

Les portées d'accréditation en essais et étalonnages du LNE sont publiées sur le site Internet du COFRAC ([www.cofrac.fr](http://www.cofrac.fr)) et également sur son site ([www.lne.fr](http://www.lne.fr)).

## 6. Activités de certification

Le LNE est enfin un acteur de tout premier plan en France pour la certification de produits et de services, la certification de systèmes de management.

Dans le domaine de la métrologie légale, le LNE intervient au niveau européen pour l'évaluation de la conformité des instruments de mesure. Au niveau français il délivre les certificats d'examen de type, d'approbation de plans et de vérification d'installation et approuve les systèmes de management de la qualité de fabricants, de réparateurs ou d'installateurs, d'instruments de mesure. Il délivre également les certificats de conformité OIML.

## H2Lab

### 1. Description des installations

L'outil H2LAB, financé par la Banque Publique d'Investissement (Bpifrance), offre à ses adhérents un **guichet d'accès unique** et privilégié aux moyens d'essais les plus pertinents couplé à la meilleure expertise des laboratoires du CEA et du CNRS.

H2LAB mutualise à ce jour une soixantaine d'équipements répartis sur quatre sites pour, dans un premier temps, répondre aux besoins de tests de **performance** et **d'endurance** des industriels dans les domaines de l'électrolyse (principalement à haute température), la pile embarquée PEMFC et les réservoirs sous pression d'hydrogène.

Ce nouveau partenariat public-privé va permettre :

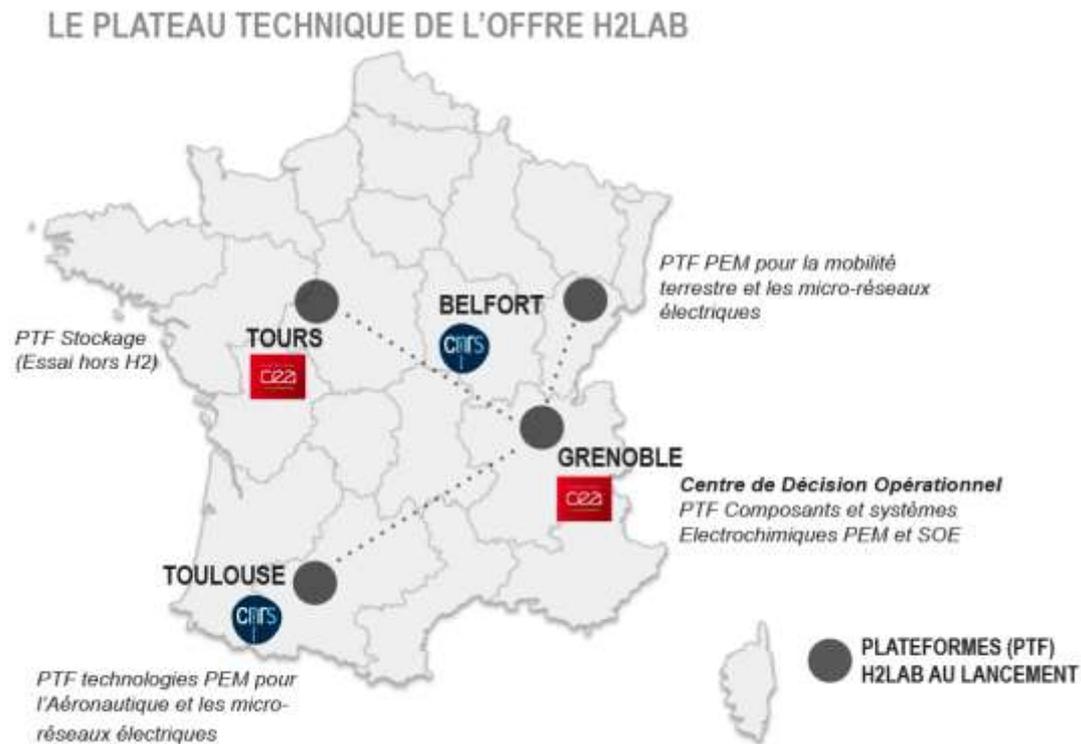
- De maintenir au meilleur niveau et rationaliser l'utilisation (coûts et disponibilité) des équipements de tests,
- De proposer des services additionnels comme la certification ou l'exploitation d'une base de données dont les informations sur les performances évaluées sont anonymisées.

### 2. Systèmes à hydrogène concernés

Production : Électrolyse Haute Température (EHT)

Conversion : PEMFC

Stockage embarqué : Réservoir sous Haute Pression



## Plateforme Réservoirs sous pression du Ripault (CEA/DAM)

### 1. Introduction

Le site du Ripault se trouve dans la commune de Monts à une quinzaine de kilomètres au sud de Tours. Il est rattaché à la Directions des Applications Militaires du CEA.

Le CEA Le Ripault a développé depuis une quinzaine d'années des compétences et des moyens physiques pour la conception, la fabrication, la caractérisation et la réalisation de tests pré normatifs et abusifs des réservoirs hyperbares.

Ces moyens sont répartis sur le site du Ripault, sur la zone Lavoisier à proximité du site et dans l'enceinte d'un terrain militaire situé à une trentaine de km du Ripault. Ils peuvent être complétés par les moyens du CEA CESTA près de Bordeaux le cas échéant.

La synthèse ci-dessous est une brève description de ces moyens. L'essentiel de ceux-ci fonctionnent sous pression hydraulique ou gaz neutre (azote, hélium). L'hydrogène est disponible pour des essais sur échantillons de matériaux de petites dimensions.

Exceptionnellement, des essais hydrogène peuvent être envisagés sur les terrains militaires extérieurs.

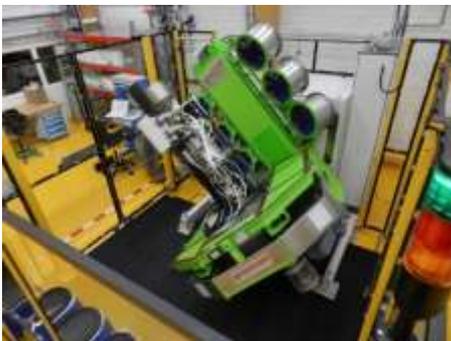
### 2. Moyens de conception

Il s'agit principalement de moyens de calcul et de simulation développés sur un support ABAQUS combiné à un logiciel de calculs de trajectoire professionnel, COMPOSICAD. Un plug-in ABAQUS original FiWiquis® a en outre été développé.

### 3. Moyens de fabrication des réservoirs

Ils concernent principalement trois équipements de taille industrielle :

- Deux rotomouleuses destinées à la fabrication de liner thermoplastiques intégrant des embases métalliques par surmoulage.
- Un robot d'enroulement filamentaire industriel pour la fabrication de la coque composite
- Une étuve pour la cuisson des réservoirs.



Rotomouleuse Smart



Robot enroulement filamentaire

### 4. Moyens de contrôle

Ces moyens permettent de suivre une fabrication pas à pas.

- Scanner 3D pour le relevé et la numérisation des architectures composites telles que réalisées
- Instrumentation des liners et des réservoirs lors des tests en mettant en œuvre des suivis de déformations dimensionnels (type LVDT) ou des mesures locales de contrainte par jauges de déformation ou fibres optiques
- Autres moyens de SHM déployables : électroacoustique, ultrasonores, optiques, au cas par cas à l'aide de collaborations extérieures

### 5. Moyens de caractérisation

Ces moyens s'appliquent à l'inspection et/ou l'analyse des réservoirs ou des matériaux

- Radiographie X
- Tomographie X
- Endoscopie

- Mesure de contraintes à la rupture/extensiométrie
- Mesure de Perméation à l'hydrogène des matériaux (Pression maximale 100 bars sur échantillons)

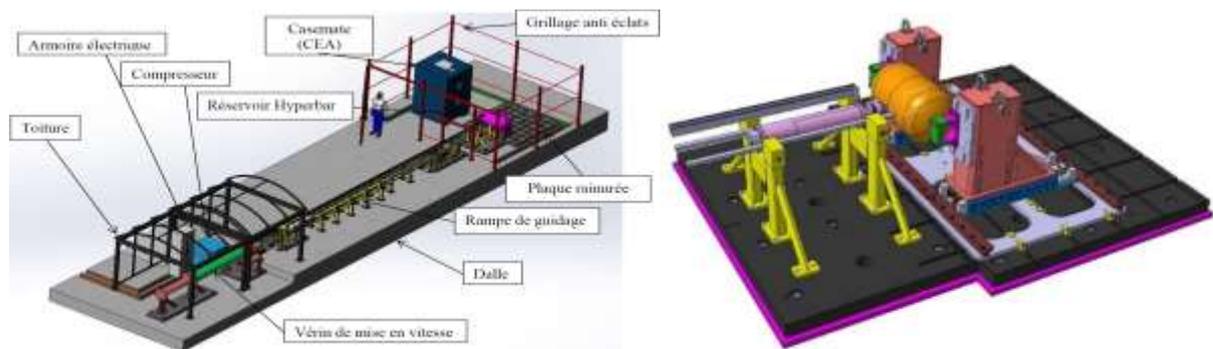
## 6. Moyens de test

Ces moyens regroupent l'ensemble des tests ayant trait aux aspects normatifs mais aussi à des tests abusifs spécifiques destinés à répondre à des cahiers des charges sur mesure.

- Centrale hydraulique pour le cyclage des réservoirs (de 1 à 11 MPa à des températures de  $-40^{\circ}\text{C}$  à  $+85^{\circ}\text{C}$ )
- Cellule d'éclatement hydraulique (max 2000 bars et 60 L)
- Tour de chute
- Banc essai feu
- Banc tir à balles
- Banc de dépressurisation rapide
- Catapulte : réalisation de tests d'impact à énergie maîtrisée (fin 2021)



Tests hydrauliques cyclage



Catapulte (fin 2021)

## 7. Tests et normes

A titre d'illustration, on trouve ci-dessous un récapitulatif des essais disponibles au Ripault en lien avec les normes automobiles actuellement en vigueur



## FC Lab

Le FC Lab est une fédération de recherche formée d'équipes de recherche issues de 5 laboratoires :

- L'Institut FEMTO-ST (Franche-Comté Electronique, Mécanique, Thermique, Optique), UMR CNRS 6174 associée à l'UFC, au CNRS, à l'ENSMM et à l'UTBM,
- L'Institut IRTES (Institut de Recherche sur les Transports, l'Energie et la Société), EA UTBM, regroupant les activités de recherche de l'UTBM hors FEMTO-ST,
- Le laboratoire LTE (Laboratoire Transport et Environnement) de l'IFSTTAR (Bron, 69),
- Le laboratoire SATIE (Systèmes et Applications des Technologies de l'Information et de l'Energie), UMR CNRS 8029, en particulier au travers de sa tutelle IFSTTAR (Satory, 78),
- Le laboratoire AMPERE, UMR CNRS 5005, associée à l'Ecole Centrale de Lyon, à l'INSA de Lyon et à l'Université de Lyon 1.

De nombreux moyens d'essais sont à disposition pour mener des campagnes expérimentales sur des piles à combustible PEMFC, IT-SOFC, SOFC, dont notamment :

- un banc de test dédié à des piles à combustible de type PEMFC de puissances inférieures à 1kW électrique – banc PEM\_1kW
- un banc de test dédié à des piles à combustible de type PEMFC de puissances inférieures à 5kW électrique – banc PEM\_5kW
- des moyens de caractérisation structurale et microstructurale – moyens structures
- des moyens de caractérisation des propriétés de conduction – moyens conduction

## Plateforme Hydrogène, Toulouse

Contacts : Christophe TURPIN (responsable scientifique, [turpin@laplace.univ-tlse.fr](mailto:turpin@laplace.univ-tlse.fr)), Olivier RALLIERES (responsable technique, [rallieres@laplace.univ-tlse.fr](mailto:rallieres@laplace.univ-tlse.fr))

### 1. Description de l'installation

Lancée en 2010, la Plateforme Hydrogène de Toulouse, gérée par le Laboratoire LAPLACE (Laboratoire plasma et conversion d'énergie), initie le rapprochement avec trois autres laboratoires aux compétences complémentaires, tourné vers les technologies hydrogène et partageant les mêmes tutelles (CNRS, Toulouse INP, Université Toulouse III – Paul Sabatier) : le CIRIMAT (matériaux), le LGC (génie chimique) et l'IMFT (mécanique des fluides). En 2015, le lancement du projet PACAERO (Piles à Combustible pour l'Aéronautique) regroupant les financements de l'AAP Plateformes mutualisées (FEDER + Région Occitanie) et du CPER 2015-2020 (Etat, Région Occitanie, Toulouse Métropole) permet de développer de manière très importante les moyens et la surface d'expérimentation des quatre laboratoires. Inaugurée officiellement le 10 octobre 2019, la Plateforme Hydrogène (650m<sup>2</sup>) est désormais partagée entre trois sites, Toulouse INP (500m<sup>2</sup>), l'ENSEEIH (60m<sup>2</sup>) et l'IMFT (90m<sup>2</sup>). Après 9 millions d'euros investis, elle accueille aujourd'hui 30 bancs et moyens d'essais et une quinzaine d'ingénieurs/doctorants sont présents en permanence sur le site.

#### Les domaines d'activité de la Plateforme Hydrogène sont :

- La caractérisation des performances et du vieillissement des piles à combustible (PEMFC, SOFC) et des électrolyseurs d'eau (PEMWE, AEMWE, SOWE) à l'échelle du composant (monocellule, stack) [LAPLACE, LGC, CIRIMAT].
- La caractérisation des performances et du vieillissement des milieux poreux constitutifs des composants de type PEM [IMFT].
- La réalisation de prototypes de composants à oxyde solide (SOFC, SOWE) de petites puissances [CIRIMAT].
- Les tests de l'intégration de ces technologies au sein de systèmes électriques (micro-réseaux intelligents, systèmes hybridés...) [LAPLACE].
- L'étude et le développement des technologies pour la combustion de l'hydrogène [IMFT].

#### Systemes à hydrogène concernés

- Electrolyse
- PAC stationnaire
- Système PAC
- PAC mobile (aéronautique, plus récemment automobile)
- Stockage sous forme liquide (prochainement)
- Stockage sous forme d'hydrure

Une trentaine de bancs d'essais :

- Bancs d'essais pour piles à combustible (PEMFC-BT, PEMFC-HT, SOFC) : jusqu'à 50kW à ce jour (en 2022 : plus de 100kW).
- Bancs d'essais pour électrolyseurs d'eau (PEMWE, AEMWE, SOWE) : jusqu'à quelques kW (plusieurs dizaines de kW dans les prochaines années – moyens en cours de déploiement).
- Bancs d'essais pour les milieux poreux constitutifs des piles à combustible et des électrolyseurs d'eau.
- Atelier de prototypage pour les piles à combustible et les électrolyseurs de type SO.
- Banc d'essais pour hydrures métalliques.
- Bancs d'essais pour la combustion de l'hydrogène.

### 2. Essais standards proposés

- Essais de caractérisation (PEX\*...) et de vieillissement de piles à combustible monocellule ou stack. Possibilité d'essais en conditions subatmosphériques.
- Essais de caractérisation (PEX\*...) et de vieillissement d'électrolyseurs
- Essais environnementaux de petits stacks en enceinte climatique.

\*PEX = plan d'expérience

### 3. Essais à façon

La Plateforme Hydrogène de Toulouse a déjà réalisé de nombreux essais à façon soit en adaptant les bancs qu'elle possède, soit en adaptant une salle d'essais pour accueillir un démonstrateur spécifique, ou encore en réalisant un moyen d'essais spécifique. Un de nos atouts forts est que nous avons conçu et réalisé quasiment tous nos moyens d'essais par nous-mêmes et les maîtrisons totalement (changement de tel ou tel auxiliaire, adaptation de contrôle-commande, ajout de capteurs...).

### 4. Accréditations

La Plateforme Hydrogène a initié une démarche d'amélioration continue depuis janvier 2019 et prépare une certification ISO 9001 et EN9100 au premier trimestre 2022 pour l'ensemble de ses activités côté LAPLACE.

### 5. Activités de certification

Le laboratoire n'est pas accrédité pour être organisme de certification (ISO 17065).

### 6. Compléments

La plateforme va être reconstruite d'ici à 2024 et voir son potentiel considérablement étendu (650 m<sup>2</sup> → plus de 10 000 m<sup>2</sup>) avec de nombreuses nouvelles fonctionnalités (essais environnementaux et essais de très fortes puissances : jusqu'à 1MW).

[https://actu.fr/occitanie/toulouse\\_31555/aeronautique-toulouse-un-nouveau-campus-va-voir-le-jour-pour-developper-l-avion-vert\\_37669351.html](https://actu.fr/occitanie/toulouse_31555/aeronautique-toulouse-un-nouveau-campus-va-voir-le-jour-pour-developper-l-avion-vert_37669351.html)

## EVEER'HY'PÔLE

Fondée en 2009 et implantée sur l'autodrome d'Albi (81), la SEM EVEER'HY'PÔLE a été en 2014 l'une des sociétés pionnières à opérer une station-service à hydrogène en France.

Forte de cette expérience en tant qu'exploitant, la société fournit aujourd'hui services, assistance et moyens aux porteurs de projets œuvrant dans les domaines de la mobilité hydrogène.

La SEM EVEER'HY'PÔLE a développé depuis 2009 plusieurs types de prestations d'assistance technique spécifiques qui sont aujourd'hui reconnues à l'échelle nationale et européenne dans le domaine de la mobilité hydrogène :

Etudes techniques de systèmes embarqués hydrogène :

- Support Essais, Préparation Homologation / Certification (bus, cars, camions, bateaux, VEP, VUL) et engins à pile à combustible (drones civils professionnels, groupes électrogènes zéro émission ») : expertise dans la préparation à l'homologation de véhicules poids lourds hydrogène et les démarches réglementaires associées en interface avec les services techniques et les autorités compétentes locales et nationales,
- Réalisation d'études de définition de concepts de sécurité actif de systèmes hydrogène complexes : expertise sur les règles de conception sécuritaire à respecter,
- Réalisation d'études de sûreté de fonctionnement, d'analyses préliminaires des risques, d'analyses fonctionnelles, d'analyses dysfonctionnelles (APR, HAZID, HARA, FMEA, AMDEC, FTA, etc.) pour des systèmes hydrogène intégrés sur des véhicules routiers, des aéronefs, des bateaux et des navires

Etudes techniques de systèmes stationnaires hydrogène

- Réalisation d'études ATEX : support technique nécessaire à l'accompagnement des exploitants dans toutes leurs démarches réglementaires en lien avec le respect du code du travail et du code de l'environnement : classement de zones ATEX, établissement de DRPCE, etc.
- Etudes de type « Safety et Permitting » de stations-service hydrogène : expertise dans l'Assistance Technique à Maitrise d'Ouvrage de projets de déploiement de stations-service hydrogène par la réalisation d'études techniques pour l'installation de stations-service Hydrogène sur des sites clients (analyse de risques, études d'impact, déclarations ICPE, etc.),
- Réalisation d'études techniques et de prestation de maîtrise d'œuvre pour les adaptations réglementaires d'ateliers de maintenance et de réparation de véhicules à hydrogène (bus, car, camions) pour le compte d'exploitants de flottes de véhicules professionnels publics ou privés.

Aux portes d'Albi et à moins d'une heure de Toulouse-Blagnac et de Toulouse-Capitole grâce à la proximité immédiate de l'A68, la SEM EVEER'HY'PÔLE dispose des infrastructures du Circuit d'Albi.

La SEM EVEER'HY'PÔLE dispose actuellement de plusieurs infrastructures, équipements et matériels qui sont dédiés à la préparation à l'homologation de véhicules électriques hydrogène (préparation aux essais réglementaires) :

- 1 piste d'essais pour véhicules terrestres de 3,5km et de 10 mètres de large avec homologation ministérielle CNECV (espace foncier de 40 hectares, 48 stands de ravitaillement, piste d'aérodrome, tour de contrôle sur trois niveaux, atelier et dépendances, 2 000 m2 bâtis et 12 000 m2 de parking)
- 1 piste aéroportuaire de 1600 mètres et 35 mètres de large

## Des installations et des compétences au sein d'un complexe autodrome-aérodrome dédié



**EXPÉRIMENTATION DE VÉHICULES INNOVANTS EN CONDITIONS RÉELLES**

**ACTIVITÉS DE SERVICES :**  
Développement Expérimental,  
Recherche Industrielle,  
Préparation à l'homologation,  
Maintenance et Formation.



Investissements réalisés avec le soutien financier de



- 1 borne de recharge rapide 50 kW DC / 43kW AC implantée sur l'autodrome d'Albi pour assurer des tests de véhicules hybrides à pile à combustible
- 1 station-service Hydrogène 350 bar 15 kg/24h implantée sur l'autodrome d'Albi pour la préparation à l'homologation de véhicules à pile à combustible La SEM EVEER'HY'PÔLE peut tester actuellement sur son site des applications automobiles avec des systèmes de stockage d'hydrogène gazeux comprimé (350 bar) mettant en œuvre des quantités d'hydrogène allant de 1,5 kg à 30 kg maximum.



Masse storage - 450 bar @ 15°C	7 Kg
Quantity of filling per day by 12H	15 Kg
Filling time for 1.5 Kg/350 bar @ 15°C (50 to 350 bar)	<7 min
Back to Back	1
Time to compress (depending of the pressure suction)	1-2 Hours
Back to Back per day (without compressor - depending of the pressure suction)	4-5 Kg

Le centre d'essais de la SEM EVEER'HY'PÔLE disposera prochainement de nouveaux moyens de tests dédiés à la qualification de véhicules et engins à piles à combustible pour l'expérimentation de véhicules poids lourds mettant en œuvre des quantités d'hydrogène embarquées de plus de 30 kg :

- 1 station-service hydrogène d'une capacité de distribution minimale de 100 kg/jour, bi-pression (350 bar LDV/HDV et 700 bar SAEJ 2601-1 / T40)
- 3 bancs de tests « martyrs » de piles à combustible (5kW, 30kW et 100kW) seront mis à la disposition des intégrateurs de systèmes hydrogène embarqués pour leurs essais de mise au

point. Ces bancs permettront d'aider à la définition puis à la vérification de concepts de sécurité actifs, aux développements et aux tests de calculateurs sécuritaires conformément aux attentes de la réglementation en vigueur applicable pour la réception des véhicules électriques hydrogène (vérification des prescriptions relatives à la sécurité des systèmes électroniques complexes de contrôle des véhicules). Ces bancs de tests « martyrs » de piles à combustible seront munis de l'ensemble de leurs composants auxiliaires (dont leurs systèmes de compression et d'humidification d'air) et de leurs systèmes de contrôle-commande internes intégrés (FCCU).

- 1 banc de tests constitué d'un assemblage de réservoirs hydrogène sera également mis à la disposition des développeurs pour la mise en œuvre des plans de tests de leurs systèmes hydrogène. Ce banc pourra être couplé aux bancs de tests « martyrs » de piles à combustible. Il sera muni de plusieurs types de réservoirs homologués qui sont actuellement employés sur des applications automobiles. Il sera constitué d'un assemblage de réservoirs homologués selon le règlement CE n° 79/2009 avec des capacités allant de 7 kg à 45 kg selon 2 pressions de stockage (350 bar et 700 bar). Selon la nature des essais réglementaires à préparer en vue de l'homologation d'un véhicule routier, les réservoirs de ce banc de tests modulaire pourront être munis de plusieurs accessoires de sécurité selon les tests à effectuer : têtes de bouteille, TPRD, limiteurs de débit de type « Excess Flow Valve », clapets de sur-débit, détendeurs, ainsi que tout élément de distribution hydrogène vers les systèmes à pile à combustible à alimenter. Grâce à de multiples configurations possibles, ce banc permettra de contrôler puis de vérifier les différentes séquences de fonctionnement ainsi que les boucles de contrôle d'un calculateur sécuritaire qui aura été préalablement développé par un constructeur ou un équipementier. Ce banc permettra de mettre en œuvre puis de contrôler des scénarii de défaillances (FMEA) survenant sur un système de stockage et d'alimentation en hydrogène d'un système à pile à combustible avant de soumettre à la réception un véhicule muni d'un système hydrogène auprès des autorités compétentes (DREAL ou CNRV).

## EMC

### 1. Description de l'installation

EMC est une société associée à la mobilité depuis sa création en 1993. EMC dispose de 3 sites situés à Achères (95), Bosroumois (27) et Osny (95).

Nous proposons des prestations agiles et globalisées afin d'accompagner nos clients dans leurs recherches et développements de moyens de mobilité innovants, durables et respectueux de la transition énergétique. Convaincus que nos déplacements à venir ne dépendront pas d'une solution technique unique ni d'une seule source d'énergie, nous croyons en une mobilité plurielle dont les motorisations s'adapteront aux diverses typologies de trajets : milieu urbain, péri-urbain et grandes distances. Ainsi, notre mission, optimiser les solutions de mobilité durable, reflète notre impartialité scientifique et nous pousse à traiter chaque technologie avec la même intention : faire que celle-ci contribue avec efficacité à la transition énergétique. Avec ce positionnement, nous avons bâti une stratégie d'entreprise qui fait de nous la première PME française dans le domaine.

### 2. Systèmes à hydrogène concernés

EMC accompagne les industriels pour le développement de tous les équipements, ensembles, systèmes, installations hydrogène dont voici une liste non exhaustive ci-dessous :

- PAC stationnaire
- Système PAC
- PAC mobile
- Compresseur
- Calculateur et calibration
- Système batterie, DC/DC, PAC en stationnaire et en dynamique
- Véhicule complet

### 3. Essais standards proposés

#### Ingénierie

EMC vous propose les meilleures compétences pour accompagner votre équipe projet au bon moment. Les consultants EMC – docteurs, ingénieurs et techniciens – apportent une expertise sur l'ensemble des étapes de conception et de développement d'un produit ou de systèmes mécatroniques. Chaque mission s'adapte au besoin du client : de l'assistance technique sur site client à la prise en charge d'études complètes au forfait.

Nos domaines d'intervention :

- Management et gestion de projet
- Automatique
- Calcul & simulation
- CEM / Radiofréquence
- Conception mécanique
- Électronique Hardware
- Électrotechnique / génie électrique
- Essais environnementaux
- Groupe Motopropulseur (GMP)
- Informatique embarquée
- Informatique industrielle
- Méthodes Industrialisation
- SDF / Qualité

#### Essais de développement et validation

EMC intervient sur les phases de développement et validation de vos GMP et/ou composant indépendamment (définition architecture, dimensionnement, spécification, calibration, caractérisation et endurance). Notre expertise et nos moyens concourent au développement et à la validation des chaînes de traction électrique et hydrogène. Dans un environnement contrôlé thermiquement allant de -35°C à +80°C, nous sommes en mesure de réaliser la caractérisation (rendement, performance) chaînes de traction mais aussi de procéder à des tests d'endurance sur l'ensemble du groupe propulseur hydrogène.

Parmi ces activités, quelques exemples de standard et d'accréditation d'EMC :

- Démarche en cours pour ISO 17025 (objectif d'accréditation en 2022).
- Essais UNECE R100 batterie.
- EN 9100 dédiée à l'aéronautique.
- 



*Vue de moyens « Enceintes climatiques » de grands volumes sur le site d'Achères.*



*Banc d'essais sur véhicule complet*

### Conception de bancs de tests



*Banc « ECLAIR » : Réalisation interne d'un banc de caractérisation de moteur électrique (250kW ; jusqu'à 21000rpm ; jusqu'à 500Nm), associé à un simulateur batterie 250kW / 1000V / 1000A.*

EMC réalise des bancs spécifiques adaptés à votre R&D : nous proposons un savoir-faire technique pluridisciplinaire comprenant une expertise en : thermique, régulation, mécanique, électronique & logiciel et machines électriques. Tout au long de la création du banc, vous êtes accompagnés par nos chefs de projets. Du besoin jusqu'à la livraison du produit, les équipes EMC encadrent la recherche de la solution technique, la spécification, la conception, la mise au point, la validation et la maintenance. En complément ou indépendamment des projets, une gamme de produits EMC a été développée par notre cellule R&D en collaboration avec des centres d'essais. Celle-ci est orientée et développée pour les utilisateurs de bancs de test et s'appuie pour certains sur des composants National Instruments.

## 4. Essais à façon

EMC a transformé des bancs moteurs thermiques en banc batterie HV en seulement 4 mois y compris la partie sécurité (détection hydrogène, évacuations des gaz de venting, extinction CO2 en cas d'emballement thermique).

Parmi les projets actuellement en cours, la reconversion de banc moteur à carburant conventionnelle en banc polyvalent moteur thermique hydrogène / pile à combustible (accompagnement analyse de risque, spécification, dimensionnement choix du matériel, schéma, plan d'intégration, intégration sur site client) sur une durée de 4 mois. L'utilisation de ce banc est envisagée pour des applications automobiles ou aéronautiques légères.

## 5. Autres

Expertise dans la mesure de polluant en condition d'utilisation réelle pour des engins ou véhicules. (remotorisé avec des solutions liées hydrogènes)

# EMITECH CERTIFICATION

## 1. Description de l'installation

EMITECH dispose de son propre service de certification international depuis 2014 appelé « EMITECH CERTIFICATION », situé au 15 Rue de la Claie, 49070 Beaucouzé près d'Angers.

En toute indépendance, ce service certifiera tous matériels électriques et électroniques liés à l'hydrogène pour satisfaire les réglementations nationales, européennes et internationales.

Accrédité ISO 17065 (via le COFRAC et l'ILAC), c'est-à-dire organisme certificateur de produits, EMITECH CERTIFICATION est devenu dans un premier temps Organisme Notifié dans le cadre du marquage CE. A ce titre, il délivre des certificats de conformité au titre de la directive RED 2014/53/EU, spécifique aux équipements de radio communication, et de la directive CEM 2014/30/EU (compatibilité électromagnétique). Il s'agit de se prononcer sur la conformité d'un produit pour lequel il n'existe pas encore de normes harmonisées, d'étendre la validité d'un rapport d'essai à l'ensemble d'une gamme de produits, valider l'intégration de sous-ensembles par essais partiels ou encore sur une démarche volontaire d'un fabricant.

EMITECH CERTIFICATION accompagne les industriels pour la mise sur les marchés internationaux de leurs produits. Il s'occupe des formalités techniques et administratives, de faire réaliser les essais en local si nécessaire pour obtenir l'homologation et opte pour la procédure la plus adaptée. Le Schéma OC (CB Scheme) est ainsi le moyen le plus efficace pour aborder le marché international dans plus de 50 pays à travers le monde. Dans le cadre du schéma OC, le service de certification international d'EMITECH est aussi reconnu ONC (Organisme National de Certification), ou en Anglais NCB (National Certification Body). Il peut désormais piloter des laboratoires du réseau, les CBTL (Certification Body Testing Laboratory), et délivrer grâce à leurs rapports, des certificats OC (CB) reconnus dans les pays membres.

## 2. Systèmes à hydrogène concernés

Emitech Certification accompagne les industriels pour la mise sur les marchés en définissant les normes, directives et règlements. La certification concerne tous les équipements, ensembles, systèmes, installations hydrogène dont voici une liste non exhaustive ci-dessous :

- Electrolyse
- PAC stationnaire ou mobile
- Système PAC
- Compresseur
- Gestion électronique de stockage sous pression stationnaire ou mobile
- Gestion électronique de stockage sous forme liquide ou d'hydrure
- Dispositifs de sécurité et composants
- Composants de liaison radiofréquence
- Composants pour véhicule
- Véhicule complet

## 3. Essais standards proposés

Emitech Certification accompagne les industriels sur l'ensemble des normes du marquage « CE » ainsi que la réglementation sur les véhicules. Les centres d'essais du groupe EMITECH appliquent les tests en laboratoire ou sur site « client » dans le monde afin de répondre aux normes et réglementations.

Pour le marquage « CE » il y a, entre autres, :

- les normes CEM produits comme les NF EN IEC 62282-X et les normes CEM génériques NF EN IEC 61000-6-1, NF EN IEC 61000-6-2, NF EN IEC 61000-6-3 et NF EN IEC 61000-6-4 qui font appels aux méthodes d'essais NF EN IEC 61000-X-Y.
- les normes Sécurité électrique basées sur la fonction de l'équipement comme la NF EN IEC 61010-1 pour les appareils électriques de mesure ou comme la NF EN IEC 62368-1 pour les appareils de traitement de l'information.
- les normes Radiofréquences

Pour la réglementation il y a, entre autres, :

- les cahiers des charges (CEM et essais électriques) constructeurs automobiles PSA, Renault, VW, Volvo, Nissan (B21 7110, 36-00-808, LV123, LV124, 515-003, 28401 NDSxx) basés sur les normes internationales CISPR25, ISO 10605, 16750-2, 7637-x, 11451-x et 11452-x.

- les cahiers des charges (climatique, mécanique et chimique) constructeurs automobiles PSA, Renault, VW (B21 7120, B21 7130, 36-00-802, LV124) basés sur les normes internationales ISO 16750-3, 16750-3-4 et 16750-3-5.

Emitech est accrédité pour tous les cahiers des charges et normes listés ci-dessus.

#### 4. Essais à façon

Emitech a mis moins de 9 mois entre la demande « client », l'étude des normes, les travaux (l'intégration de la zone de stockage de l'hydrogène compteur électrique, climatisation, capteur de sécurité à proximité de la cage de Faraday, charge...), les formations et la réalisation des essais sur une PAC de 45kVA pour un constructeur automobile.

#### 5. Activités de certification et accréditations

Liste des centres accrédités : en noir selon l'ISO 17025 (laboratoires d'analyses, d'essais et d'étalonnages) et en bleu selon l'ISO 17065 (certification) ainsi que leurs portées.

Accréditation	Adresse des laboratoires	Portées
Accréditation N° 5-0549 Directive RED (Equipements Radioélectriques) Directive CEM	EMITECH Angers 15, rue de la Claie 49070 BEAUCOUZE T : 33 2 41 73 26 27	<a href="https://tools.cofrac.fr/annexes/sect5/5-0549.pdf">https://tools.cofrac.fr/annexes/sect5/5-0549.pdf</a>
Accréditation N° 1-2206 CEM, Radio, exposition humaine aux champs électromagnétiques, sécurité électrique, climatique et mécanique	EMITECH 30-32, avenue des 3 Peuples 3, rue des Coudriers 78180 MONTIGNY LE BRETONNEUX T : 33 1 30 57 55 55	<a href="https://tools.cofrac.fr/annexes/pdet0/1-2206_pde.pdf">https://tools.cofrac.fr/annexes/pdet0/1-2206_pde.pdf</a>
Accréditation N° 1-0826 CEM	EMITECH Angers 15, rue de la Claie 49070 BEAUCOUZE T : 33 2 41 73 26 27	<a href="https://tools.cofrac.fr/annexes/pdet0/1-0826_pde.pdf">https://tools.cofrac.fr/annexes/pdet0/1-0826_pde.pdf</a>
Accréditation N° 1-2376 CEM, Radio, DAS et sécurité électrique	EMITECH Angers 21, rue de la Fuye 49610 JUIGNE SUR LOIRE T : 33 2 41 57 57 40	<a href="https://tools.cofrac.fr/annexes/pdet0/1-2376_pde.pdf">https://tools.cofrac.fr/annexes/pdet0/1-2376_pde.pdf</a>
Accréditation N° 1-2069 CEM, Radio et sécurité électrique	EMITECH CHASSIEU 7, rue Georges Méliès 69680 CHASSIEU T : 33 4 78 40 66 55	<a href="https://tools.cofrac.fr/annexes/pdet0/1-2069_pde.pdf">https://tools.cofrac.fr/annexes/pdet0/1-2069_pde.pdf</a>
Accréditation N° 1-0827 CEM, Radio et sécurité électrique	EMITECH Montpellier 145, rue du Massacan 34740 VENDARGUES T : 33 4 67 87 11 02	<a href="https://tools.cofrac.fr/annexes/pdet0/1-0827_pde.pdf">https://tools.cofrac.fr/annexes/pdet0/1-0827_pde.pdf</a>
Accréditation N° 1-2070 CEM et exposition humaine aux champs électromagnétiques	EMITECH Rennes 2, allée du Chêne Vert 35650 LE RHEU T : 33 2 99 14 59 14	<a href="https://tools.cofrac.fr/annexes/pdet0/1-2070_pde.pdf">https://tools.cofrac.fr/annexes/pdet0/1-2070_pde.pdf</a>
Accréditation N° 1-6086 CEM, climatique et mécanique	EMITECH TOULOUSE 9, impasse de la Flambère 31300 TOULOUSE T : 33 5 32 09 20 30	<a href="https://tools.cofrac.fr/annexes/pdet0/1-6086_pde.pdf">https://tools.cofrac.fr/annexes/pdet0/1-6086_pde.pdf</a>
Accréditation N° 1-0744 CEM	EUROCEM 364, rue Armand Japy	<a href="https://tools.cofrac.fr/annexes/pdet0/1-0744_pde.pdf">https://tools.cofrac.fr/annexes/pdet0/1-0744_pde.pdf</a>

	BP 41039 25461 ETUPES Cedex T : 33 3 81 90 75 90	<a href="#">et0/1-0744_pde.pdf</a>
Accréditation N° 1-1925 Essais en environnement climatique Essais mécaniques	EMITECH – Angoulême 171, rue du Pont Neuf 16600 RUELLE SUR TOUVRE T : 05 45 94 61 90	<a href="https://tools.cofrac.fr/annexes/pdf/et0/1-1925_pde.pdf">https://tools.cofrac.fr/annexes/pdf/et0/1-1925_pde.pdf</a>

Accréditation	Adresse des laboratoires	Sites
Accréditation N° 1-2472 Essais en environnement climatique et mécaniques	ADETESTS 2, allée Isaac Newton 42400 SAINT-CHAMOND T : 04 77 81 55 00	<a href="https://tools.cofrac.fr/annexes/sect1/1-2472.pdf">https://tools.cofrac.fr/annexes/sect1/1-2472.pdf</a>
Accréditation N° 1-1245 Essais en environnement climatique et mécaniques	ENVIRONNE'TECH 49, Boulevard du Pré Pommier 38300 BOURGOIN-JALLIEU T : 04 74 93 83 83	<a href="https://tools.cofrac.fr/annexes/sect1/1-1245.pdf">https://tools.cofrac.fr/annexes/sect1/1-1245.pdf</a>
Accréditation N° 1-1972 Essais de comportement au feu	LEAFE 2, allée Isaac Newton 42400 SAINT-CHAMOND T : 04 77 81 55 00	<a href="https://tools.cofrac.fr/annexes/sect1/1-6952.pdf">https://tools.cofrac.fr/annexes/sect1/1-6952.pdf</a>
Accréditation N° 1-2043 Essais en environnement mécaniques	DIRAC 21 Rue de la Gaudrée 91410 Dourdan T : 01 78 94 09 80	<a href="https://tools.cofrac.fr/annexes/sect1/1-2043.pdf">https://tools.cofrac.fr/annexes/sect1/1-2043.pdf</a>

## EMITECH Chassieu

### 1. Description de l'installation

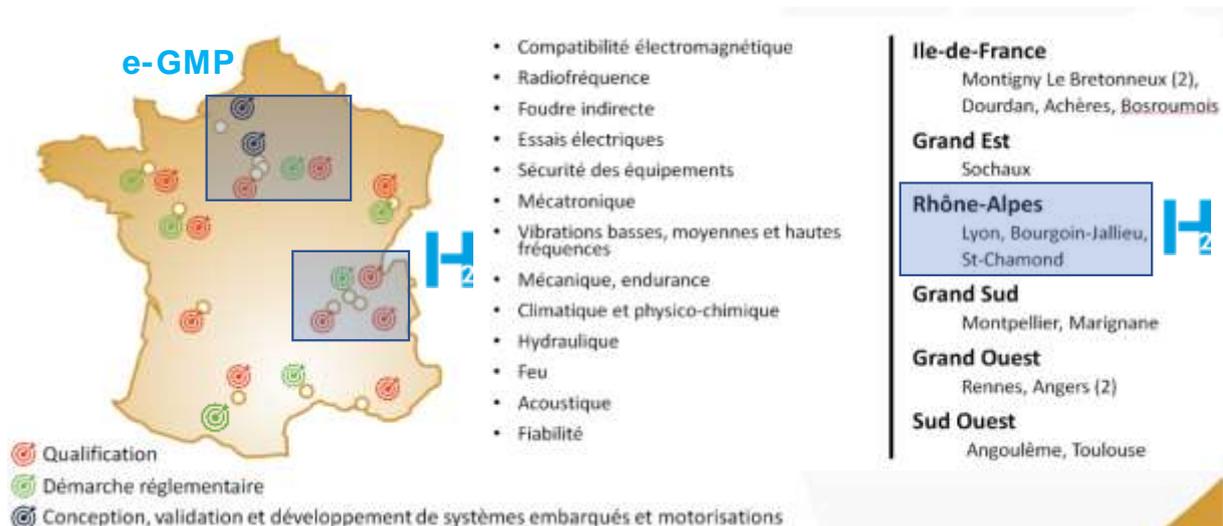
Depuis 2007, le laboratoire d'essais CEM EMITECH situé à Chassieu fait partie des 17 centres dont dispose le groupe EMITECH sur le territoire Français. Ce centre de tests est spécialisé dans la réalisation d'essais CEM (Compatibilité Electro-Magnétique) et d'essais électriques, d'essais de sécurité électrique, d'essais radio pour le domaine du civil (ex : médical), de l'industrie (marquage CE) mais aussi de l'automobile, de l'aéronautique et du militaire.

Depuis 2020, le site est équipé d'installations hydrogènes (Zone de stockage d'hydrogène gazeux en bouteille, 54kg d'hydrogène disponible (extensible) ; Centrale de distribution de l'hydrogène en cage de Faraday avec l'ensemble des sécurités associées) afin de réaliser des campagnes d'essais sur des équipements comme des systèmes complets Pile à Combustible. Possibilité de réaliser les essais y compris sur système forte puissance (ex : 45kW).

Au-delà de la zone de stockage et du système de distribution d'hydrogène gazeux ainsi que du matériel d'essais spécifiques pour les équipements forte puissance (Filtres CEM antiparasites haute tension courant fort ; RSIL HV blindés 800A ; Sources-charges HV permettant de réaliser la réjection réseau de l'énergie produite par la pile ...), le laboratoire propose toute une gamme de servitudes associée à la cage de Faraday : groupe de refroidissement (45kW, extensible), extracteur d'air, surveillance vidéo.

Le site dispose de 13 salles d'essais réparties sur 2500 m<sup>2</sup> :

- 1 cage de Faraday conforme CISPR25 ; dimensions : L=11.2m x l=6.2m x H=5.3m avec plan de masse de 5.5m x 2m.
- 1 cage de Faraday ferritée conforme CISPR25 / CISPR16-1-4 / ANSI-C63.4 ; dimensions : L=9m x l=6m x H=5m.
- 4 cages de Faraday (2 Chambres semi-anéchoïques, 1 chambre anéchoïque pour essais Radio, 1 cage réverbérante à brassage de mode).
- 3 salles d'essais électriques.
- 4 salles d'essais de sécurité électrique.



#### a. Systèmes à hydrogène concernés

Le laboratoire est capable d'accueillir et mettre en œuvre fonctionnellement en environnement CEM des composants électriques / électroniques mais aussi des systèmes complets type piles à combustibles PEMFC.

- Electrolyseur
- PAC stationnaire
- Système PAC
- PAC mobile
- Compresseur
- Stockage sous pression stationnaire
- Stockage sous pression mobile
- Dispositifs de sécurité et composants
- Composants pour véhicule

- Véhicule complet

## 2. Essais standards proposés

Ce laboratoire est capable de réaliser les essais composants véhicules et véhicules complets de la plupart des cahiers des charges constructeurs automobiles (ex : CdC PSA, Renault, VW, Volvo, Nissan (B21 7110, B21 7112, 36-00-808, LV123, LV124, 515-003, 28401 NDSxx) basés sur les normes internationales CISPR25, ISO 10605, 16750-2, 7637-x, 11451-x et 11452-x) mais aussi les cahiers des charges aéronautiques (ex : RTCA DO160) et militaires (ex : MIL-STD-461, AECTP500) sans oublier bien évidemment les normes du marquage « CE ».

Sur cette base et cette offre déjà étendue, le laboratoire est en capacité d'étudier et mettre en place les essais décrits dans les nouveaux cadres réglementaires et normatifs spécifiques des équipements incorporant de l'hydrogène (ex : IEC 62282-x, Réglementations EC79/2009-UE406/2010, UN ECE R134 ...).

## 3. Essais à façon

EMITECH Chassieu a mis moins de 9 mois entre la demande « client », l'étude des normes, les travaux (dont la construction d'une zone de stockage et d'une centrale de distribution de l'hydrogène avec les sécurités associées), les formations et la réalisation des essais sur une PAC de 45kVA pour une application automobile.

EMITECH Chassieu a pu s'appuyer sur les savoirs faire du groupe en termes d'études ingénierie, de constructions et d'installations de moyens d'essais spécifiques.

## 4. Accréditations

Le laboratoire d'essais EMITECH Chassieu dispose d'une accréditation ISO 17025 COFRAC.

Accréditation	Adresse des laboratoires	Portée
Accréditation N° 1-2069 CEM, Radio et sécurité électrique	EMITECH CHASSIEU 7, rue Georges Méliès 69680 CHASSIEU T : 33 4 78 40 66 55	<a href="https://tools.cofrac.fr/annexes/pdet0/1-2069_pde.pdf">https://tools.cofrac.fr/annexes/pdet0/1-2069_pde.pdf</a>



[www.emitech.fr](http://www.emitech.fr)

Contact : [j.floch@emitech-group.com](mailto:j.floch@emitech-group.com) (ingénieur essais BU R&D innovations, coordinateur hydrogène)

## ENVIRONNE'TECH

### 1. Description de l'installation

Fondé en 1986, ENVIRONNE'TECH est un Centre d'Essais pluridisciplinaire qui réalise, grâce à un parc matériel exceptionnel, pratiquement tous les essais de caractérisation ou de qualification demandés par les industriels : vibrations, climatique, mécanique, corrosion, poussière, hydraulique, moisissure, électrique, tenue aux fluides, acoustique ... Situé au cœur de la région Rhône-Alpes à Bourgoin-Jallieu, le laboratoire est en constante évolution, comme en atteste son développement à travers la construction et l'extension de bâtiments additionnels pour atteindre une surface d'essais totale de 3800 m<sup>2</sup>. ENVIRONNE'TECH a intégré en 2012 le groupe EMITECH, dorénavant composé de 17 laboratoires répartis sur toute la France.

Depuis début 2020, le laboratoire s'est lancé dans le développement de bancs et zones d'essais dédiés aux équipements hydrogène. Au-delà de la zone de stockage et du système de distribution d'hydrogène gazeux ainsi que du matériel d'essais spécifiques pour les équipements forte puissance, des servitudes ont été installées : une centrale de refroidissement (ex : 70kW) conditionnant l'air consommé par la PAC, une baie de couplage sur charge réalisant de la conversion et réjection sur le réseau, un extracteur d'air, des capteurs pour la détection de gaz. Des moyens et bancs d'essais spécifiques ont été transformés et adaptés, comme par exemple une enceinte climatique de grand volume modifiée pour confronter un stack complet en fonctionnement à des conditions climatiques (chaud, froid, humidité) représentatives de situations extrêmes en utilisation réelle sur véhicule.

La prochaine évolution est la construction d'ici mi-2022 d'un nouveau bâtiment de 600m<sup>2</sup> dédié pour accueillir les prochains essais du domaine de l'hydrogène et intégrer les nouveaux bancs d'essais spécifiques en toute sécurité. Le stockage d'hydrogène sera étendu et les moyens permettront la réalisation d'essais d'environnement mécanique, climatique, hydraulique en fonctionnement sur plusieurs systèmes H2 en parallèle.

Le site dispose de 3 laboratoires d'essais spécialisés en environnement mécanique, climatique et hydraulique répartis sur 3800 m<sup>2</sup>, équipés avec :

- Ensembles de vibrations électrodynamiques, Force maxi 105kN
- 5 ensembles de vibrations électrohydrauliques, Force maxi 100kN
- 20 enceintes climatiques, volume maxi 93m<sup>3</sup>, températures de -90°C à +650°C.
- 10 bancs d'essais hydrauliques de pression cyclée, impulsion pertes de charges, éclatement, fluide : huile, glycol, skydrol...
- Banc de vent de sable, centrifugeuse, machine à chocs, banc de séisme bi-axial, robots multiaxes...

### 2. Systèmes à hydrogène concernés

Le laboratoire est capable d'accueillir et mettre en œuvre fonctionnellement en environnement mécanique et climatique des composants électriques / électroniques mais aussi des systèmes complets type piles à combustibles.

- PAC stationnaire
- Système PAC
- PAC mobile
- Compresseur
- Stockage sous pression stationnaire
- Stockage sous pression mobile
- Dispositifs de sécurité et composants
- Composants pour véhicule
- Véhicule complet

### 3. Essais standards proposés

Ce laboratoire est capable de réaliser les essais composants véhicules et véhicules complets de la plupart des cahiers des charges constructeurs automobiles (ex : CdC PSA, Renault, VW, Volvo, Nissan basés sur les normes internationales IEC 60068-2-X mais aussi les cahiers des charges aéronautiques (ex : RTCA DO160) et militaires (ex : MIL-STD-810, AECTP400...).

### 4. Essais à façon

En l'espace de 6 mois, l'équipe du laboratoire ENVIRONNE'TECH a :

- Étudié la demande « client » dans le cadre de la mise en œuvre d'essais issus d'un cahier des charges automobile sur une PAC PEMFC
- Adapté et transformé un banc d'essais existant (enceinte climatique) pour permettre la mise en œuvre des tests avec le stack fonctionnel (alimenté H<sub>2</sub>).
- Installé une zone de stockage (équipée de racks de bouteilles sous pression) et d'une centrale de distribution d'hydrogène avec les sécurités associées.
- Spécifié et mis en place une baie permettant de réaliser la conversion puis la réjection sur le réseau secteur d'une tension DC.
- Mis en œuvre les premiers essais climato-mécaniques sur un stack PEMFC de 45kW destiné à une utilisation automobile.
- Le service Méthodes du laboratoire, associé si besoin aux autres entités du groupe, est en capacité de développer des moyens d'essais spécifiques pour accompagner les ruptures technologiques chez nos donneurs d'ordre, et de proposer des méthodes d'essais adaptées aux contraintes environnementales à éprouver.

## 5. Accréditations

Le laboratoire d'essais ENVIRONNE'TECH dispose d'une accréditation ISO 17025 COFRAC.

Accréditation	Adresse des laboratoires	Portée
Accréditation N° 1-1245 Essais en environnement climatique et mécaniques	ENVIRONNE'TECH 49, Boulevard du Pré Pommier 38300 BOURGOIN-JALLIEU T : 04 74 93 83 83	<a href="https://tools.cofrac.fr/annexes/sect1/1-1245.pdf">https://tools.cofrac.fr/annexes/sect1/1-1245.pdf</a>



Contact :

[www.vironnetech.fr](http://www.vironnetech.fr)

# LEFAE

## 1. Description de l'installation

Créé en 2006, Le LEFAE est un laboratoire d'essais indépendant, spécialisé dans la conception, le développement et la mise œuvre d'essais à fortes contraintes dans le domaine du feu et des essais hydrauliques.

LEFAE a intégré en 2017 le groupe EMITECH, composé à ce jour, en 2021, de 17 laboratoires répartis sur toute la France. Localisé à Saint-Chamond, le laboratoire a accéléré son développement à travers la construction et l'extension de bâtiments additionnels pour atteindre une surface d'essais totale de 1800 m<sup>2</sup> sur un site de 11000 m<sup>2</sup> partagé avec une autre filiale du groupe EMITECH (ADETESTS).

En 2020, le laboratoire s'est lancé dans le développement de bancs et zones d'essais dédiés aux équipements hydrogène, en particulier pour des essais de pression (banc pression multi-fluides pour pression d'épreuve, pression cyclée combinée en température) et de tenue au feu.

La mise en œuvre de bancs de cyclages en pression pour effectuer les essais sur réservoirs, en pression hydrauliques et pneumatiques, continuera à se développer sur 2021 et 2022, avec la volonté de poursuivre sur les essais de validation / homologation des réservoirs (notamment type IV) avec des études destinées à aboutir à l'horizon 2022 et 2023.

## 2. Systèmes à hydrogène concernés

Le laboratoire est capable d'accueillir et mettre en œuvre fonctionnellement en essais de pression, essais feu ou essais abusifs les composants suivants :

- Réservoirs
- Vannes Pressure relief devices, Automatic valves, Manual valves, Non-return valves, Pressure relief valves
- Echangeur thermiques
- Connecteur pour la recharge et la décharge
- Régulateur de pression
- Capteur détection hydrogène
- Flexibles et raccord
- Moyens de filtration

## 3. Essais standards proposés

Le laboratoire LEFAE est capable de réaliser, entre autres, des essais selon les règlements EC79/2009 - UE 406/2010 ainsi que selon l'UNECE R134.

## 4. Essais à façon

Dans une période s'échelonnant entre 2021 et 2023, le laboratoire LEFAE a pour objectifs de créer une extension du laboratoire afin d'y implanter les moyens suivants :

- Installation hydraulique (huile) de cyclage à très haut débit et très haute pression
- Installation d'essais feu complémentaires, propre à l'usage d'hydrogène
- Installation de stockage ou de cogénération et de compression d'hydrogène
- Installation de refroidissement pour maintien des conditions de température du fluide d'essai (H<sub>2</sub>).
- Installation de cyclages pour simulation des activités de remplissage des réservoirs d'hydrogène.

## 5. Accréditations

Le laboratoire d'essais LEFAE dispose d'une accréditation ISO 17025 COFRAC, ainsi que d'une accréditation NADCAP (Certificat N° 182004).

Accréditation COFRAC	Adresse du laboratoire	Portée
Accréditation N° 1-1972 Essais de comportement au feu	LEFAE ZI Stelytec 2, allée Isaac Newton 42400 SAINT-CHAMOND T : 04 37 20 17 78	<a href="https://tools.cofrac.fr/annexes/sect1/1-1972.pdf">https://tools.cofrac.fr/annexes/sect1/1-1972.pdf</a>



*Vue de moyens d'essais du laboratoire LEFAE.*

## HYCERT

HyCert est un projet de centre de compétences destiné à la filière territoriale hydrogène en Lorraine. Son objectif est d'allier des moyens de qualification, certification, formation et essais hydrogène en faisant appel à l'expertise locale du centre de recherche du centre technique industriel Institut de Soudure et des laboratoires de l'Université de Lorraine. La plateforme technique aura son épice centre sur le territoire du Warndt Naborien autour de Saint-Avold.

Le Pôle de Plasturgie de l'Est (PPE) est coordinateur d'HyCert. Son implication dans l'hydrogène date de sa participation à la structure Alphéa Hydrogène, chargée de veille technologique sur l'hydrogène. Il est à l'origine du Composite Park à Porcelette et membre de France Hydrogène. Il associe comme partenaires initiaux pour HyCert les experts de l'Université de Lorraine et de l'Institut de Soudure, centre technique industriel référent depuis 1905 dans les domaines de l'assemblage, des contrôles associés, et de la formation.

L'Université de Lorraine est impliquée via son réseau des IUT de Moselle et son programme de recherche ULHyS (Université de Lorraine Hydrogène Science et technologies). Ce programme, soutenu par l'I-SITE Lorraine Université d'Excellence, fédère une communauté d'environ 80 chercheurs (permanents, post-doctorants, doctorants) répartis dans 12 laboratoires de l'Université de Lorraine sur toute la chaîne de valeur de l'hydrogène. Les domaines concernés et les laboratoires impliqués sont les suivants :

- Production d'hydrogène : par électrolyse PEM (LEMETA), reformage du méthane (LRGP), photolyse (IJL, LRGP), thermolyse de la biomasse (LRGP, LERMAB), biolyse (LCPME, LRGP)
- Stockage : hydrures métalliques, MOF, stockage liquide (IJL) et compression/purification (LEMETA)
- Conversion de l'hydrogène : piles à combustible PEM (LEMETA, LRGP, GREEN, IJL)
- Utilisation : micro-réseaux multi sources/multi vecteurs dont hydrogène (LEMETA, CRAN, LORIA) et écosystèmes hydrogène (LRGP, ERPI)
- Aspects sociétaux de l'hydrogène : économie de l'énergie et de l'hydrogène (BETA), usages - ergonomie, psychologie sociale et économie comportementale- (PERSEUS, BETA)

L'Institut de Soudure se place en référent technique, dans sa mission d'assurer un accompagnement en phase de conception, de fabrication, et de maintenance d'équipements neufs ou en service, en veillant à la sécurité et la conformité des installations. Son expertise et ses installations lui permettent d'envisager de déployer des moyens d'essais sur les équipements suivants de la chaîne de valeur hydrogène : électrolyseurs, compresseurs, systèmes de stockage sous pression (stationnaire ou mobile, sous forme liquide ou à base d'hydrures), tuyauteries, raccords et canalisations.

L'Institut de Soudure en tant que membre de l'Association pour la sécurité des appareils à pression (ASAP), est appelé, dans le cadre de ses activités inspection, à :

- Evaluer la conformité d'équipements sous pression neufs : réacteurs, sphères, canalisations, réservoirs transportables, tuyauteries, canalisations...
- Établir le recensement des équipements réglementés sur site,
- Assurer le suivi en service et la requalification périodique, les réparations et les demandes d'aménagement réglementaires.
- Se prononcer sur la qualification du personnel et sur la qualification des modes opératoires sur assemblages permanents.

Les activités de contrôles liées à ces équipements se rapportent à :

- La mise en œuvre de contrôles sur site ou au sein des ateliers : méthodes PT (Penetrant Testing), MT (Magnetic particle Testing), UT (Ultrasonic Testing), RT (Radiographic Testing), ET (Eddy Current Testing), TOFD (Time Of Flight Diffraction), PA (Phased Array), émissions acoustiques, contrôles par robot téléopéré, endoscopie 3D, CF pulsés, ondes guidées ;
- La simulation et qualification de procédé de contrôle ;
- Le monitoring de structures métalliques et composites.

L'expertise métallurgique et composite de l'*Institut de Soudure* se complète par :

- Des études de nocivité de défauts ou d'aptitude à l'emploi, pour l'aide à la conception ou à la mise en place de solutions de renforcement et de réhabilitation ;
- Des analyses de défaillance et diagnostic (corrosion, érosion, fissuration, rupture, incendie), avec protocoles de caractérisation des matériaux (chimique, mécanique, microstructurale) ;
- Des audits techniques et qualité avec évaluation et mise en œuvre de solution d'assemblages composite, multi-matériaux et solutions de réparations associées.
- Des projets de R&D, à l'exemple de son implication dans le développement de technologies de contrôle et monitoring de réservoirs d'hydrogène sous pression au sein du projet H2E (Horizon Hydrogène Energie).

Les Plateformes Technologiques de l'Institut de Soudure en Moselle sont certifiées AFAQ-AFNOR tierce partie [ISO 9001:2015] pour des prestations de R&D en assemblage et techniques associées, en essais mécaniques et en contrôles non destructifs ; en recherche et développement industriel, mécanique et corrosion (fatigue, mécanique de la rupture, corrosion et essais mécaniques) ; en assemblage (soudage, brasage, friction stir welding) et techniques de rechargement ; en essais et contrôles non destructifs (ultrasons) ; en conception, transferts techniques, analyse laboratoire, formation, et fabrication dans le domaine des polymères chargés, des composites à fibres longues et matrices thermoplastiques et thermodurcissables. La plateforme d'essais mécaniques est accréditée COFRAC tierce partie [NF EN ISO/CEI 17025 : 2017] pour les analyses/essais/étalonnages en matériaux et matériaux métalliques. Sa plateforme dédiée aux composites est également certifiée AFAQ-AFNOR tierce partie [ISO 9100 : 2018] pour des prestations de services et de développement en contrôles non destructifs dans le domaine des matériaux composites, contrôles par méthodes ultrasonores et par thermographie de pièces pour l'aéronautique et pour des missions d'expertise sur des éléments composites. Le centre composite est également certifié NADCAP tierce partie sur des activités de contrôles non-destructifs. La filiale de services industriels de l'Institut de Soudure, dans sa mission au sein de l'ASAP, est certifiée COFRAC tierce partie [NF EN ISO/CEI 17020 : 2012] pour l'inspection des équipements sous pression-TMD-canalisation et soudage-autres assemblages permanents.

L'Institut de Soudure est membre fondateur de l'AFIAP (Association Française des Ingénieurs en appareils à pression) et de l'IIW (Institut International du Soudage). Au travers notamment de ses centres de formation répartis sur l'ensemble du territoire français, l'Institut de Soudure assure l'enseignement du soudage, des technologies d'assemblage, des contrôles non destructifs, des codes de fabrication, des réglementations et des certifications.

Les partenaires de HyCert :

- Définissent actuellement les moyens d'essais pertinents à mettre en place pour répondre aux besoins des acteurs de la filière hydrogène en construction ;
- Envisagent enfin d'intégrer la certification de personnels, d'entreprises et de produits industriels de la chaîne de valeur de l'hydrogène, via des entités notifiées comme IS Certification [NF EN ISO/CEI 17065 : 2012].

## L'ADEME EN BREF

À l'ADEME - l'Agence de la transition écologique -, nous sommes résolument engagés dans la lutte contre le réchauffement climatique et la dégradation des ressources.

Sur tous les fronts, nous mobilisons les citoyens, les acteurs économiques et les territoires, leur donnons les moyens de progresser vers une société économe en ressources, plus sobre en carbone, plus juste et harmonieuse.

Dans tous les domaines - énergie, économie circulaire, alimentation, mobilité, qualité de l'air, adaptation au changement climatique, sols... - nous conseillons, facilitons et aidons au financement de nombreux projets, de la recherche jusqu'au partage des solutions.

À tous les niveaux, nous mettons nos capacités d'expertise et de prospective au service des politiques publiques.

L'ADEME est un établissement public sous la tutelle du ministère de la Transition écologique et du ministère de l'Enseignement supérieur, de la Recherche et de l'Innovation.

### LES COLLECTIONS DE L'ADEME



#### FAITS ET CHIFFRES

L'ADEME référent : Elle fournit des analyses objectives à partir d'indicateurs chiffrés régulièrement mis à jour.



#### CLÉS POUR AGIR

L'ADEME facilitateur : Elle élabore des guides pratiques pour aider les acteurs à mettre en œuvre leurs projets de façon méthodique et/ou en conformité avec la réglementation.



#### ILS L'ONT FAIT

L'ADEME catalyseur : Les acteurs témoignent de leurs expériences et partagent leur savoir-faire.



#### EXPERTISES

L'ADEME expert : Elle rend compte des résultats de recherches, études et réalisations collectives menées sous son regard.



#### HORIZONS

L'ADEME tournée vers l'avenir : Elle propose une vision prospective et réaliste des enjeux de la transition énergétique et écologique, pour un futur désirable à construire ensemble.

## GUIDE POUR **L'ÉVALUATION DE LA CONFORMITÉ ET LA CERTIFICATION DES SYSTEMES A HYDROGENE**

Ce guide, rédigé par l'Ineris avec le soutien financier et technique de l'Ademe et de France Hydrogène, a pour objectif d'aider les acteurs de la filière hydrogène, qu'ils soient fabricants ou utilisateurs, à identifier les procédures d'évaluation de la conformité et de certification, relatives à la sécurité, qui s'appliquent aux composants et systèmes à hydrogène en vue de leur mise sur le marché. Ce guide présente les spécificités des systèmes à hydrogène et les risques associés et comment ces enjeux sont couverts dans le cadre réglementaire et normatif actuel. Il identifie aussi des difficultés pour la mise en œuvre de ces réglementations, qui sont notamment liées à la nouveauté de ces technologies pour lesquelles le cadre normatif est souvent incomplet ou en forte évolution.

Ce guide traite aussi de composants et systèmes destinés à être embarqués dans des véhicules, qui sont soumis à un processus d'homologation ou de certification. Il aborde de façon détaillée le cas des véhicules automobiles routiers.

*De la conception d'un système à hydrogène à son homologation ou son marquage CE. Les exigences à respecter, les procédures à appliquer.*

