

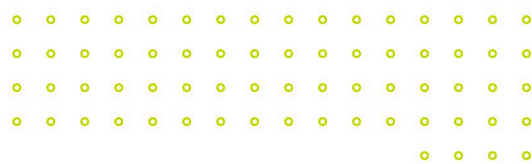
# Fiche pratique sur la réglementation applicable à la filière hydrogène

## Homologation des véhicules hydrogène en France et en Europe

### Table des matières

1.	Objet du document .....	2
2.	Réception UE.....	2
2.1.	Règlements applicables .....	2
2.2.	Autorité et service technique compétents en France.....	3
2.3.	Procédures d'homologation.....	3
2.4.	Dossier constructeur.....	3
2.5.	Fiche de réception.....	4
3.	Règlement n°134 CEE-ONU .....	4
3.1.	Champs d'application .....	4
3.2.	Homologation.....	4
3.3.	Marque d'homologation .....	5
3.4.	Etiquetage.....	5
3.5.	Réservoir .....	6
3.6.	Essais et Homologation des réservoirs .....	7
3.7.	Composants spécifiques du système de stockage d'hydrogène .....	14
3.8.	Système d'alimentation en carburant .....	21
3.9.	Contrôle de la conformité de la production.....	24
3.10.	Modification du type et extension de l'homologation.....	26
4.	Règlement d'exécution (UE) 2021/535 .....	27
4.1.	Double marquage .....	27
4.2.	Compatibilité des matériaux .....	27
4.3.	Etiquetage.....	28
4.4.	Embout de remplissage.....	28
4.5.	Compatibilité des matériaux en contact avec l'hydrogène .....	28
4.6.	Matériaux utilisés pour les réservoirs .....	29
5.	Arrêté du 2 juillet 1982 relatif au transport en commun de personne.....	30
6.	Homologation des deux roues.....	31
6.1.	Réservoir .....	31
6.2.	TPRD et autres dispositifs de décompression .....	32
6.3.	Conformité de la production .....	32





## 1. Objet du document

Ce document a pour objectif de donner une vision synthétique de la procédure d'homologation des véhicules. La fiche s'adresse aux utilisateurs et exploitants de véhicules hydrogène afin qu'ils puissent appréhender les spécificités techniques et réglementaires des véhicules hydrogène.

La fiche détaille principalement l'homologation des véhicules routiers de type voitures, bus et camions. Le dernier chapitre de la fiche présente [l'homologation des 2 roues](#), tricycle et quadricycles.

Ce document reprend les différents règlements internationaux de manière non exhaustive et ne se substitue donc pas aux règlements eux-mêmes.

## 2. Réception UE

### 2.1. Règlements applicables

Depuis le 1<sup>er</sup> septembre 2020 le [règlement 2018/858](#) fixe le cadre général pour la réception et la mise sur le marché des véhicules des catégories M (transport de passagers) et N (transport de marchandises) au sein de l'union, c'est-à-dire des véhicules motorisés à 4 roues minimum pour le transport de personnes (voitures, bus, autocars) et le transport de marchandises (utilitaires et camions).

En droit national [l'arrêté du 11 janvier 2021](#) relatif à la réception des véhicules à moteur, de leurs remorques et des systèmes et équipements destinés à ces véhicules en application du règlement UE/2018/858 précise les modalités d'application du règlement notamment pour ce qui est de la désignation de l'autorité compétente en matière de réception et du service technique chargé de procéder aux essais, inspections et contrôles de conformité exigée par le règlement 2018/858.

Le règlement 2018/858 a établi environ 80 domaines réglementés pour l'homologation des véhicules. En matière d'hydrogène c'est le domaine 62 « Système hydrogène » qui nous intéresse.

Afin de parvenir à une harmonisation mondiale des règles d'homologation des véhicules à hydrogène, l'Union a décidé d'abroger, à partir du 5 juillet 2022, le règlement 79/2009 et son règlement d'exécution qui avaient à peu près le même champ d'application que le [règlement ONU n°134](#) qui est maintenant le principal règlement pour l'homologation des systèmes hydrogène, qu'il s'agisse des réservoirs ou des composants (TPRD, soupape, vanne d'arrêts).

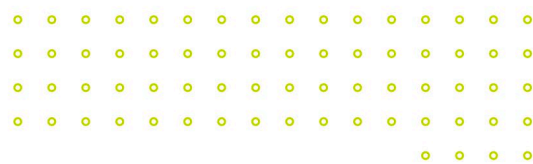
Cependant certains domaines qui étaient réglementés par le règlement 79/2009 ne le sont pas par le règlement n°134. Ainsi l'Union a publié un [règlement 2021/535](#) fixant des règles d'homologation pour les réservoirs à hydrogène liquide (qui ne seront pas présentés dans cette fiche) ainsi que des règles visant à l'harmonisation des embouts de remplissage et des règles visant à assurer la compatibilité des matériaux en contact avec de l'hydrogène.

**L'homologation des systèmes hydrogènes est donc une association de deux règlements nécessitant une double homologation par rapport au R134 et au 2021/535.**

Il est à noter que les véhicules ayant été admis à la circulation avant le 5/7/22 ne sont soumis qu'au règlement 79/2009.

Les véhicules destinés au transport en commun de personnes sont, de plus, spécifiquement soumis à [l'arrêté du 2 juillet 1982](#).

Enfin, la réception des véhicules à moteur à deux ou trois roues et des quadricycles est régie par le [règlement 168/2013](#). A la différence du règlement 2018/858 sur la réception des véhicules des catégories M, N et O, ce règlement n'envisage pas la réception des systèmes hydrogène.



Toutefois depuis le 2 janvier 2019 un [règlement UNECE n°146](#) fixe les prescriptions uniformes relatives à l'homologation des véhicules automobiles et de leurs composants en ce qui concerne la sécurité des véhicules des catégories L1, L2, L3, L4 et L5 fonctionnant à l'hydrogène.

Ce règlement reprend les prescriptions du règlement UNECE n°134 ainsi l'homologation des systèmes hydrogène pour les cycles à moteur de la catégorie L (véhicules à moteur à deux ou trois roues et quadricycles à moteur) se fait dans les mêmes conditions et avec les mêmes prescriptions que celle des véhicules des catégories M et N avec seulement les quelques exceptions vues au chapitre « [Homologation des deux roues](#) ».

## 2.2. Autorité et service technique compétents en France.

L'autorité compétente en matière de réception en France est le [Centre National de Réception des Véhicules \(CNRCV\)](#) qui dépend de [la sous-direction de la sécurité et des émissions des véhicules \(SD6\)](#) de la direction générale de l'énergie et du climat (DGEC) du ministère de la Transition Ecologique et de la Cohésion des territoires. Le service technique chargé de procéder aux essais est [l'UTAC CERAM](#).

## 2.3. Procédures d'homologation

La réception ou l'homologation d'un véhicule, d'un système ou de ses composants est l'acte par lequel une autorité administrative d'un État, atteste de la conformité du véhicule, du système ou des composants aux réglementations concernant les exigences techniques applicables pour la sécurité et les émissions de véhicules. La réception d'un véhicule constitue un préalable indispensable et révocable en cas de non-conformité à l'obtention du certificat d'immatriculation. Cette réception concerne également les modifications notables des véhicules déjà immatriculés.

Le règlement 2018/858 propose trois procédures de réception par type pour un véhicule complet (article 22) :

- Réception UE par type par étapes ;
- Réception UE par type en une seule étape ;
- Réception UE par type mixte.

Le constructeur peut opter pour la réception par type multi-étapes dans le cas d'un véhicule incomplet ou complété. Cette procédure s'applique également aux véhicules complets convertis ou modifiés par un autre constructeur après leur achèvement.

Pour un composant, seule la réception par type en une seule étape est permise. Le règlement propose également quatre typologies de réception par type en fonction du volume de véhicule à produire :

- Réception UE par type en série illimitée. : Il s'agit de la réception standard pour les véhicules produits en série sans limite de production valable dans tous les Etats membres de l'Union.
- Réception UE par type pour véhicule produit en petite série (article 41) : Il s'agit d'une réception pour les véhicules produit en petite série limité à 1 500 exemplaires pour les véhicules des catégories M1 et N1, N2 et N3, cette réception est valable dans tous les Etats membres.
- Réception nationale par type pour véhicule produit en petite série (article 42) : Il s'agit d'une réception valable uniquement dans l'Etat ou elle est demandée selon des règles propres à cet Etat, d'autres Etats peuvent reconnaître cette réception. Elle est limitée à 250 véhicules pour les catégories M, N, O3 et O4, à 500 pour les catégories O1 et O2.
- Réception UE ou nationale individuelle : Cette procédure permet l'homologation d'un véhicule transformé avant sa première mise sur le marché ou d'un véhicule importé d'un pays tiers n'ayant pas fait l'objet d'une réception par type.

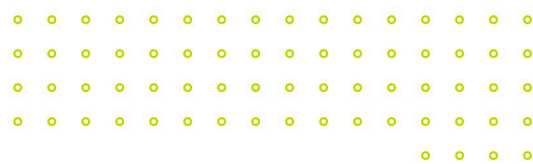
Toutefois pour la réception UE individuelle, les prescriptions techniques à vérifier pour l'homologation n'incluent pas les systèmes hydrogène.

## 2.4. Dossier constructeur

Le dossier constructeur est constitué des éléments suivants :

- une fiche de renseignements, conformément au modèle figurant dans les actes d'exécution visés au paragraphe 4 (modèle figurant dans des règlements publiés ultérieurement), pour la réception par type en une seule étape, pour la réception par type mixte ou pour la réception par type par étapes d'un véhicule entier ou dans le cas de la réception par type d'un système, d'un composant ou d'une entité technique distincte, conformément à l'acte réglementaire applicable énoncé à l'annexe II du règlement 2018/858 ;





- L'ensemble des données, dessins, photographies et autres informations pertinentes ;
- Pour les véhicules, une indication de la ou des procédures choisies ;
- Toute information complémentaire requise par l'autorité compétente en matière de réception dans le cadre de la procédure de réception UE par type.

La fiche de renseignements, relative à la réception par type d'un véhicule entier contient un ensemble complet d'informations sur les caractéristiques du type de véhicule dont l'autorité compétente en matière de réception a besoin pour identifier le type de véhicule et mener correctement la procédure de réception par type.

Le constructeur soumet le dossier constructeur à l'autorité compétente en matière de réception dans un format électronique qui est acceptable pour ladite autorité. L'autorité compétente en matière de réception peut également accepter que les dossiers constructeurs soient soumis sur support papier.

## 2.5. Fiche de réception.

Une fois l'ensemble des essais d'homologation réussis, l'autorité compétente remet au constructeur une fiche d'homologation avec un numéro d'homologation.

---

## 3. Règlement n°134 CEE-ONU

---

### 3.1. Champs d'application

Véhicule des classes M (véhicules à moteur conçus et construits pour le transport de personnes et ayant au moins 4 roues (voiture, bus)) et N (véhicule à moteur conçus et construits pour le transport de marchandises et ayant au moins 4 roues (utilitaires, camion)).

### 3.2. Homologation

Le règlement R134 s'applique :

- Aux systèmes de stockage d'hydrogène comprimé pour véhicules fonctionnant à l'hydrogène en ce qui concerne leurs prescriptions de sécurité.
- Aux composants spécifiques des systèmes de stockage d'hydrogène comprimé pour les véhicules fonctionnant à l'hydrogène en ce qui concerne leurs prescriptions de sécurité.
- Véhicules fonctionnant à l'hydrogène des catégories M et N (2) comportant un système de stockage d'hydrogène comprimé en ce qui concerne ses prescriptions de sécurité.

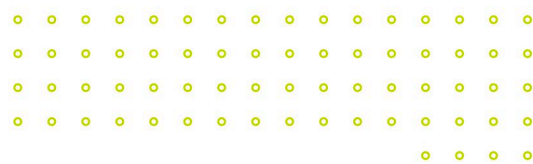
Pour les 3 systèmes soumis à homologation, la demande d'homologation doit être présentée par son constructeur ou son représentant dûment accrédité.

Les modèles de documents d'information sont disponibles en annexe 1 du règlement.

Un nombre suffisant des systèmes, composants ou véhicules représentatifs du type à homologuer doivent être mis à disposition par leur constructeur aux services chargés de l'homologation.

Si les systèmes, composants ou véhicules présentés à l'homologation satisfont aux dispositions relatives à leur homologation elle doit leur être accordée.

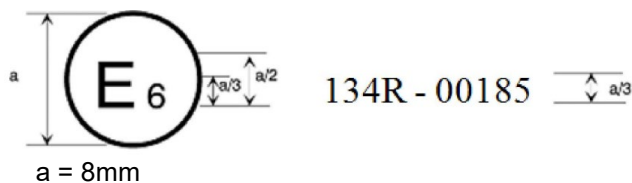
A l'issue de l'homologation un numéro d'homologation est remis.



### 3.3. Marque d'homologation

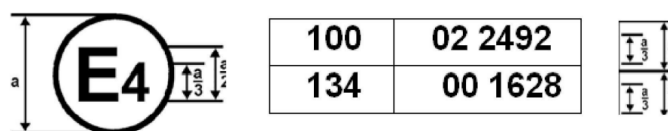
Une marque d'homologation lisible et indélébile doit être apposée sur les systèmes, composants ou véhicules conformes au type homologué.

Exemple 1



$a = 8\text{mm}$

Exemple 2



La marque est composée d'un symbole à gauche commun à tous les règlements UNECE sur l'homologation des véhicules, le numéro associé au symbole correspond au pays ayant délivré l'homologation (ici 4 pour les Pays-Bas et 6 pour la Belgique, 2 pour la France).

A gauche du symbole figure le numéro du règlement suivi de la lettre R, d'un tiret et du numéro d'homologation. Lorsque plusieurs homologations dans le même pays ont été réalisées sur la base de différents règlements, il n'est pas nécessaire de répéter le symbole, les règlements et numéros d'homologation devant être listés sur la droite du symbole (cf. Exemple 2).

Pour les véhicules, la marque doit être placée sur leur plaque signalétique ou juste à côté. Pour les réservoirs, elle est placée sur le réservoir et pour les composants sur le composant.

### 3.4. Etiquetage

Une étiquette doit être fixée de façon permanente sur chaque réservoir et contenir au moins les renseignements suivants :

- nom du constructeur,
- numéro de série,
- date de la fabrication,
- PMR, PSN,
- type de carburant (par exemple «CHG» pour l'hydrogène gazeux)
- date de retrait du service.
- le nombre de cycles effectués lors de l'essai de cycle de pression de référence (2) doit aussi figurer sur chaque réservoir.

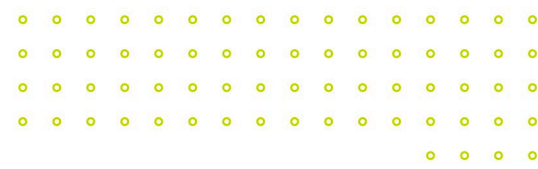
Les étiquettes apposées sur le réservoir doivent rester en place et être lisibles pendant la durée de service recommandée par le constructeur. La date de retrait du service ne doit pas être fixée au-delà de 15 ans (ou 20 ans) après la date de fabrication.

Pour les véhicules des catégories M2/M3 (bus) et N2/N3 (camion) équipés d'un système d'hydrogène comprimé, des étiquettes conformes au modèle ci-dessous doivent être placées à l'avant du véhicule, ainsi que sur les côtés gauche et droit de celui-ci; les étiquettes placées sur les côtés devraient l'être à proximité d'une porte avant, le cas échéant. En l'absence de porte avant, l'étiquette doit être placée sur le premier tiers de la longueur du véhicule. En outre, pour les véhicules des catégories M2 et M3, une étiquette doit être apposée à l'arrière du véhicule.

Cette étiquette présente les caractéristiques suivantes :

- elle doit résister aux intempéries ;
- sa zone centrale indique la source d'énergie première ;
- la zone supérieure indique la source d'énergie secondaire ;
- la zone gauche indique le comportement du gaz en raison de sa densité ;
- la zone de droite indique l'état d'agrégation du carburant gazeux présent dans le réservoir ;
- le schéma et les symboles doivent être conformes à la norme ISO 17840-4:2018
- longueur  $\geq 110$  mm, largeur  $\geq 80$  mm, fond bleu clair, bordures et lettres blanches réfléchissantes





Modèle d'étiquette pour bus et camion

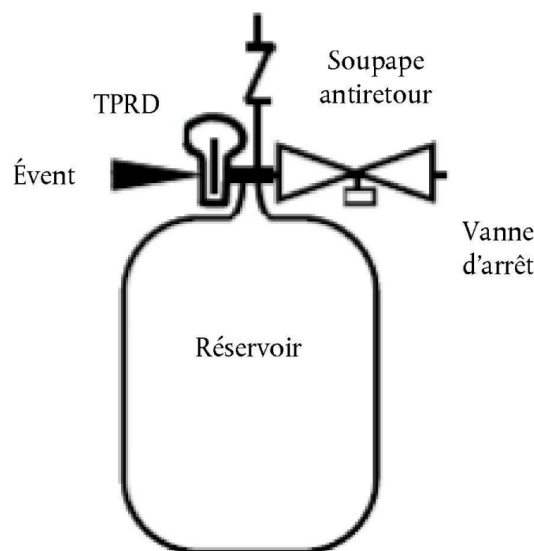
### 3.5. Réservoir

#### Définition

La figure 1 représente un système de stockage de réservoir tel que défini dans le règlement :

Figure 1

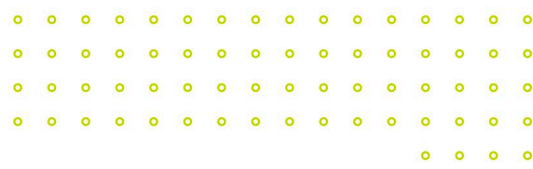
#### Système de stockage de l'hydrogène comprimé d'un modèle courant



Un système de stockage de stockage est composé :

- D'un réservoir à haute pression dont les orifices sont obturés par des dispositifs de fermeture primaire.
- De dispositifs de fermeture devant comporter les éléments suivants, qui peuvent être combinés :
  - a) Un TPRD;
  - b) Une soupape antiretour qui empêche l'hydrogène de remonter dans la conduite de remplissage ;
  - c) Une vanne d'arrêt qui se ferme automatiquement pour empêcher tout écoulement du réservoir vers la pile à combustible ou le moteur à combustion interne. La vanne d'arrêt ainsi que le dispositif de décompression qui constitue le dispositif de fermeture primaire du réservoir doivent être montés directement sur ou à l'intérieur de ce réservoir. En outre, au moins une soupape antiretour doit être montée directement sur ou à l'intérieur de chaque réservoir.





## Caractéristiques

La pression de service nominale (PSN), est la pression manométrique qui caractérise les conditions d'utilisation typiques d'un système. Pour les réservoirs à hydrogène gazeux comprimé, la PSN est la pression stabilisée du gaz comprimé dans le réservoir ou système de stockage complètement rempli à une température uniforme de 15 °C

La PSN du réservoir doit être inférieure ou égale à 700 bar.

La durée de vie en service maximale du réservoir est de 15 ans.

### 3.6. Essais et Homologation des réservoirs

La listes des essais auxquels sont soumis les réservoirs pour obtenir une homologation par type est indiquée ci-dessous :

Essai de vérification des caractéristiques mesurées de référence	
1	Pression d'éclatement initiale de référence
2	Nombre de cycles de pression initiale de référence
Essai de vérification de la durabilité des caractéristiques (essais hydrauliques en séquence)	
1	Essai de pression d'épreuve
2	Essai de chute (choc)
3	Dégâts en surface
4	Essais d'exposition aux agents chimiques et aux cycles de pression à température ambiante
5	Essai de pression statique à haute température
6	Cycles de pression aux températures extrêmes
7	Essai de pression résiduelle
8	Essai de résistance résiduelle à l'éclatement
Essai de vérification des caractéristiques attendues pour une utilisation sur route (essais pneumatiques en séquence)	
1	Essai de pression d'épreuve
2	Cycles de pression à température ambiante et aux températures extrêmes (essais pneumatiques)
3	Essais de fuite/perméation sous une pression statique, aux températures extrêmes (essais pneumatiques)
4	Essai de pression résiduelle
5	Essai de résistance résiduelle à l'éclatement (essai hydraulique)
Essai de vérification de la résistance au feu (conditions de retrait du service)	
Essai de vérification de la durabilité des dispositifs de fermeture	

#### I. Essai de vérification des caractéristiques mesurées de référence

##### 1. Pression d'éclatement initiale de référence

Nombre de réservoirs à tester : 3

Éléments à fournir : Le constructeur doit fournir les mesures et analyses statistiques permettant de déterminer la pression médiane d'éclatement des réservoirs neufs.

Conditions du test : température ambiante de 20(±5) °C, essai avec un liquide non corrosif.

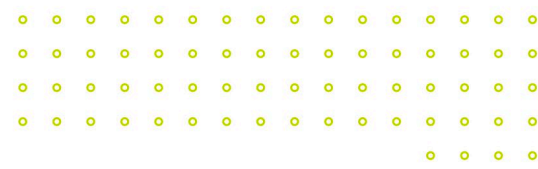
Objectif : Le réservoir ne doit pas céder en dessous d'une pression équivalente à 225% de la PSN (pression de service nominale) (350% si le constituant primaire du réservoir est un composite de fibre de verre) et la pression d'éclatement ne doit pas s'écarter de ± 10% de la pression médiane d'éclatement des réservoirs neufs.

##### 2. Nombre de cycles de pression initiale de référence

Nombre de réservoirs à tester : 3

Conditions du test : Cycles de pression hydraulique à 125% de la PSN (+2/-0 MPa) à température ambiante.





**Objectif :** Le réservoir doit résister à plus de 11 000 cycles de pression sans présenter de fuite, pour une durée de vie en service de 15 ans.

**Résumé du test :** Les réservoirs sont soumis à des pression allant de 2 MPa à 125% de la PSN (+2/-0 MPa) à un rythme n'excédant pas 10 cycles par minute pendant 22 000 cycles ou jusqu'à l'apparition d'une fuite.

## II. Essai de vérification de la durabilité des caractéristiques

**Nombre de réservoirs :** 1 en principe, 3 si au cours de l'essai de pression initiale de référence au moins l'un des réservoirs n'a pas effectué 11 000 cycles sans fuite.

**Objectif :** Le (ou les) réservoir(s) va (vont) subir une séquence de 8 essais, visant à simuler l'usure subie pendant la durée de vie en service, il(s) ne devra(ont) pas présenter de fuite pendant ces tests jusqu'à l'essai d'éclatement.

### 3. Essai de pression d'épreuve

**Conditions du test :** pression hydraulique équivalent à 150% PSN (+2/-0 MPa).

**Objectif :** le réservoir doit résister à une pression hydraulique de 150 % de la PSN pendant 30 secondes.

**Résumé du test :** la pression dans le réservoir est augmentée graduellement et maintenu pendant 30 secondes à 150% de la PSN.

### 4. Essai de chute

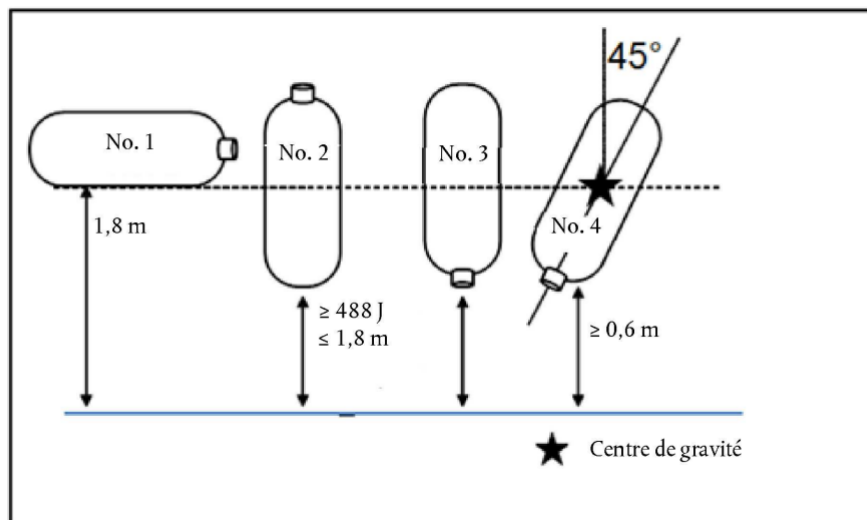
**Nombre de réservoirs :** 1 ou 5

**Conditions du test :** test à température ambiante sans mise sous pression des réservoirs et sans soupapes montées, les chutes s'effectuent sur une surface en béton

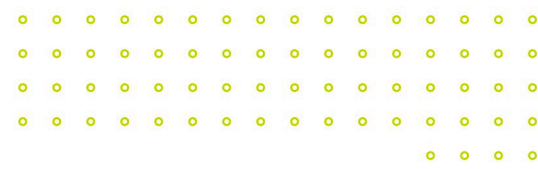
**Objectif :** Simuler les chocs que pourrait subir un réservoir pendant son temps de service.

**Résumé du test :** L'essai consiste en la réalisation des quatre chutes décrites dans le dessin ci dessous

Orientations de chute



Si 4 réservoirs sont utilisés, à l'issue de leur chute ils devront subir un essai de cycles de pression et ne pas présenter de fuite sur les 11 000 premiers cycles. Si tous réussissent les 22 000 cycles sans présenter de fuite un nouveau réservoir subissant la chute n°4 réalisera les autres essais de durabilité, si un ou plusieurs réservoirs présente des fuites avant le 22 000<sup>ème</sup> cycles la chute que devra subir le réservoir réalisant la suite des essais est celle qui aura abouti au plus faible nombre de cycles avant fuite.



## 5. Dégâts en surface

**Objectif :** Le réservoir doit résister à des entailles ou des impacts.

**Conditions du test :** Pré conditionnement du réservoir à -40°C pendant 12h pour les chocs au pendule.

**Résumé du test :** Le test consiste en la réalisation de deux entailles (L = 25mm p = 1,25mm et L = 200mm p = 0,75mm) sur la paroi externe inférieure du réservoir placé à l'horizontale et de cinq chocs au pendule avec 30 joules d'énergie au moment de l'impact sur la partie supérieure du réservoir placé à l'horizontale, les chocs sont espacés de 100mm.

## 6. Essais d'expositions aux agents chimiques et aux cycles de pression à température ambiante

**Objectif :** Le réservoir doit résister à une exposition aux agents chimiques courants de l'environnement routier auxquels il pourra être confronté pendant son temps de service.

**Conditions du test :** Exposition sur une durée de 48h, pression du réservoir 125% de la PSN (+2/-0 MPa) pendant l'exposition ; température de 20° C (±5)

**Résumé du test :** Chacune des zones ayant subi le choc du pendule est exposée à une des cinq solutions suivantes :

- Acide sulfurique (acide de batterie), solution à 19% en volume dans l'eau ;
- Hydroxyde de sodium, solution à 25% en poids dans l'eau ;
- Mélange méthanol/essence (disponible dans les stations de ravitaillement) en concentration respectives de 5/95% ;
- Nitrate d'ammonium, solution à 28% en poids dans l'eau (urée) ;
- Liquide lave-glace solution à 50% en volume d'alcool méthylique et d'eau.

L'exposition prend la forme d'un tampon de laine de verre de 0,5mm et de 100mm de diamètre imbibé de la solution et posé sur chacune des zones.

A l'issue des 48h, le réservoir est soumis à un essai de cycles de pression limité à 60% des cycles, la pression oscille entre 2 MPa et 125%PSN (+2/-0 MPa) et pour les 10 derniers cycles le réservoir est nettoyé et la pression de l'essai passe à 150% PSN.

## 7. Essai de pression statique à haute température

**Conditions du test :** Pression du réservoir 125% PSN (+2/-0 MPa) ; température  $\geq 85^{\circ}\text{C}$  ( $\pm 5^{\circ}\text{C}$ ) durée  $\geq 1000\text{h}$  ; pression hydraulique.

**Résumé du test :** Pendant au moins 1000h le réservoir est soumis à une pression de 125% de la PSN(+2/-0 MPa) à une température supérieure ou égale à 85°C

## 8. Cycles de pression aux températures extrêmes

**Conditions du test :** Température  $\leq -40^{\circ}\text{C}$  ou  $\geq 85^{\circ}\text{C}$  avec humidité relative de 95% pression du réservoir à 125%PSN, pression hydraulique.

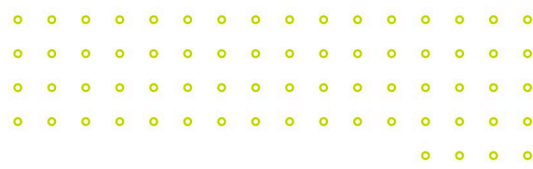
**Résumé du test :** Le réservoir est soumis à un essai de cycles de pression en deux temps. Le test commence par 20% des cycles de remplissage à une température  $\leq -40^{\circ}\text{C}$  ou la pression oscille entre 2 MPa et 80% PSN (+2/-0 MPa) et se poursuit avec 20% de cycles prévu pour un essai de pression avec cette fois une température  $\geq 85^{\circ}\text{C}$  et une humidité relative de 95% ( $\pm 2$ ) et une pression de remplissage oscillant entre 2MPa et 125% de la PSN (+2/-0 MPa)

## 9. Essai de pression résiduelle

**Conditions du test :** Température ambiante 20 ( $\pm 5$ )°C ; pression 180% PSN (+2/-0MPa) ; durée 4 minutes ; pression hydraulique.

**Résumé du test :** Le réservoir est soumis à une pression de 180% de la PSN pendant 4 minutes.





## 10. Essai de résistance résiduelle à l'éclatement

**Objectif :** la pression d'éclatement du réservoir après les essais de cette phase doit être au moins égale à 80% de la pression initiale d'éclatement.

**Conditions du test :** température ambiante 20(±5) °C.

**Résumé du test :** Le réservoir est soumis à une pression hydraulique jusqu'à éclatement.

## III. Essai de vérification des caractéristiques attendues pour une utilisation sur route

**Nombre de réservoirs :** 1

**Objectif :** Le réservoir va subir une séquence de 5 essais au cours desquels il ne devra pas présenter de fuite jusqu'à son éclatement lors du dernier essai.

### 1. Essai de pression d'épreuve

**Conditions du test :** Pression hydraulique équivalent à 150% de la PSN (+2/-0 MPa) ; durée ≥ 30 s.

**Résumé du test :** La pression dans le réservoir est augmentée graduellement et maintenue pendant 30 secondes à 150% de la PSN.

**Exemption :** Si le réservoir a déjà subi un essai de pression d'épreuve en usine il peut être exempté de cet essai.

### 2. Cycles de pression à température ambiante et aux températures extrêmes

**Conditions du test :** la pression lors de ce test est pneumatique, le réservoir n'étant pas rempli d'un liquide non corrosif mais d'hydrogène comprimé.

L'hydrogène comprimé utilisé pour les tests est à une température ≤ -40°C.

La vitesse de remplissage du réservoir est contrôlée de façon à obtenir un taux constant de remplissage sur 3 minutes ; le débit d'hydrogène ne doit toutefois pas dépasser 60 g/s.

Le réservoir est soumis à des cycles de pression entre 2 (+0/-1) MPa et la pression maximale (+2/-0 MPa)

La température et l'humidité relative prescrites sont maintenues dans l'environnement d'essai pendant toute la durée de l'essai.

**Résumé du test :** 500 cycles de remplissage avec de l'hydrogène comprimé vont être réalisés en deux séquences de 250 cycles entre lesquelles un essai de fuite/perméation sera réalisé

**Déroulé du premier cycle :**

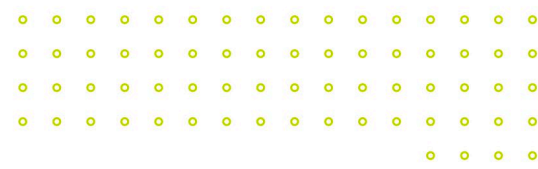
Nombre de cycles	Température du système	Température du carburant	Pression maximale	Hygrométrie
5	≤ - 40 °C	+20°C	80% PSN	-
5		≤-35°C ou ≤-40°C		
15		-		
5	≥ +50 °C	≤-40°C	à 125 % PSN	95 (± 2) %
20		-		
150	20 (± 5) °C	-	125 % PSN	-
50*		-		

\*La vitesse de vidange du réservoir est en principe supérieure ou égale à la demande de carburant instantanée maximale du véhicule sauf pour 50 cycles ou elle est supérieure ou égale à la vitesse de vidange lors de l'entretien.

**Déroulé second cycle :**

Nombre de cycles	Température du système	Pression maximale	Hygrométrie
25	≥ + 50 °C	125 % PSN	95 (± 2) %
25	≤ - 40 °C	80 % PSN	-
200	20 (± 5) °C	125 % PSN	-





### 3. Essai de fuite / perméation sous une pression statique, aux températures extrêmes

#### Essai de perméation

Conditions du test : le réservoir est rempli d'hydrogène gazeux à une pression de 115% de la PSN (+2/-0 MPa) ; température  $\geq 55^{\circ}\text{C}$  ; durée minimum 30h.

Objectif : La quantité maximale admissible d'hydrogène s'échappant du réservoir d'hydrogène comprimé est de 46 mL/h/L de contenance en eau du système.

Résumé du test : ce test s'effectue après chacune des deux séries de 250 cycles de l'essai de pression pneumatique.

Le réservoir est maintenu à la pression spécifiée dans une enceinte hermétique jusqu'à perméation en conditions stabilisées mais au minimum pendant 30h. On peut ainsi mesurer le taux de perte total par fuite et perméation en conditions stabilisées pour le réservoir.

#### Essai de fuite localisé

Objectif : si le taux de perméation mesuré est supérieur à 0,005 mg/s (3,6 NmL/min), un essai de fuite localisé est effectué afin de s'assurer qu'en aucun point la fuite ne dépasse 0,005 mg/sec (3,6 NmL/min).

Résumé du test : Le règlement propose pour l'essai de fuite localisé de le réaliser par détection de bulles. Le réservoir sera soit immergé dans un liquide servant à détecter les bulles soit le liquide sera appliqué sur le réservoir. L'estimation de l'ampleur de la fuite s'effectue en fonction de la taille des bulles et du débit.

Pour un débit de 0,005 mg/s (3,6 NmL/min) le taux admissible de production de bulles est d'environ 2 030 bulles de 1,5 mm de diamètre (bulles typiques) par minutes 32 bulles par minutes si le diamètre des bulles est de 6mm (grandes bulles).

### 4. Essai de pression résiduelle

Objectif : à l'issue des essais de cette phase, le réservoir doit résister à une pression de 180% de la PSN.

Conditions du test : pression hydraulique de 180% de la PSN

Résumé du test : le réservoir est progressivement mis sous pression, une fois qu'elle atteint 180 % de la PSN elle est maintenue pendant 4 minutes.

### 5. Essai de résistance à l'éclatement

Objectif : la pression d'éclatement du réservoir après les essais de cette phase doit être au moins égale à 80% de la pression initiale d'éclatement.

Conditions du test : température ambiante  $20(\pm 5)^{\circ}\text{C}$ .

Résumé du test : le réservoir est soumis à une pression hydraulique jusqu'à éclatement.

## IV. Essai de vérification de la résistance au feu

Nombre de réservoirs : 2

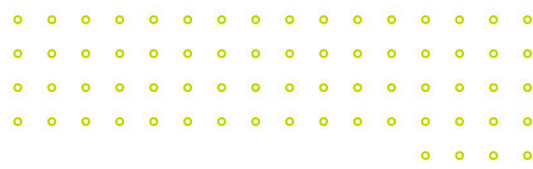
Objectif : Le réservoir va être exposé à un feu localisé ou à un feu enveloppant à une température maximale de  $1\ 100^{\circ}\text{C}$ . Pour valider l'essai l'hydrogène contenu dans le réservoir devra être évacué de manière contrôlée par le dispositif de décompression actionné par la chaleur et le réservoir ne devra pas subir de rupture.

Deux essais sont réalisés : un essai d'exposition au feu en deux temps (feu localisé puis enveloppant) et un essai d'exposition au feu enveloppant, présentés ci-dessous

#### 1. Essai d'exposition au feu : feu localisé

Pour ce test le réservoir comprend le système de stockage de l'hydrogène comprimé, ainsi que d'autres éléments appropriés, notamment le système d'évacuation (le tuyau d'évacuation et son capot, par exemple) et toutes les protections placées directement sur le(s) réservoir(s) [isolants thermiques enroulés sur le réservoir et/ou couvercles ou protections sur le(s) dispositif(s) de décompression actionné(s) par la chaleur (TPRD)].





Conditions du test : la pression du réservoir est de 100% de la PSN.

Résumé du test : pour une installation générique (si l'homologation type n'est pas limitée à une installation spécifique sur un véhicule), la zone d'exposition au feu est la zone la plus éloignée du ou des TPRD.

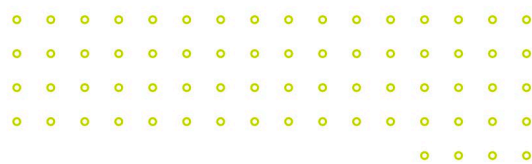
Pour une installation spécifique sur un véhicule (si l'homologation type est limitée à cette installation) on peut introduire d'autres éléments en plus du réservoir tel que des écrans de protection ou des couvercles qui sont fixés de façon permanente à la structure du véhicule et non pas au système de stockage. La zone d'exposition localisée au feu est celle correspondant à l'hypothèse la plus défavorable en fonction des 4 orientations possibles du feu, à savoir un feu provenant de l'habitacle, du compartiment de chargement ou à bagages, des passages de roues ou d'une flaque d'essence au sol, la zone retenue est la zone la plus vulnérable la plus éloignée du ou des TPRD.

L'essai se poursuit jusqu'à ce que la pression dans le réservoir soit tombée à 1 MPa.

**Tableau de synthèse de la procédure d'exposition à un feu localisé :**

	<b>Exposition à un feu localisé</b>	<b>Durée</b>	<b>Exposition à un feu enveloppant (indépendant du feu localisé)</b>
À faire Température minium Température maximum	Allumer les brûleurs Non précisé < 900 °C	0-1 min	Sans brûleur Non précisé Non précisé
À faire Température minium Température maximum	Augmenter la température et stabiliser le feu pour une exposition localisée > 300 °C < 900 °C	1-3 min	Sans brûleur Non précisé Non précisé
À faire Température minium Température maximum	Poursuite de l'exposition à un feu localisé Moyenne mobile sur 1 min > 600°C Moyenne mobile sur 1 min < 900 °C	3-10 min	Sans brûleur Non précisé Non précisé
À faire Température minium Température maximum	Augmenter la température Moyenne mobile sur 1 min > 600 °C Moyenne mobile sur 1 min < 900 °C	10-11 min	Allumage du brûleur principal à la 10 <sup>e</sup> minute Non précisé < 1 100 °C
À faire Température minium Température maximum	Augmenter la température Moyenne mobile sur 1 min > 600 °C Moyenne mobile sur 1 min < 1 100 °C	11-12 min	Augmenter la température et stabiliser le feu afin d'obtenir une exposition à un feu enveloppant > 300 °C < 1 100 °C
À faire Température minium Température maximum	Augmenter la température et stabiliser le feu pour une exposition à un feu enveloppant Moyenne mobile sur 1 min > 800 °C Moyenne mobile sur 1 min < 1 100 °C	12 min - fin de l'essai	Poursuite de l'exposition à un feu enveloppant Moyenne mobile sur 1 min > 800 °C Moyenne mobile sur 1 min < 1 100 °C





## 2. Essai d'exposition au feu – feu enveloppant

Conditions du test : la pression du réservoir est de 100% de la PSN ; dans les 5 minutes suivant l'allumage du feu ; une température moyenne des flammes d'au moins 590°C doit être atteinte et maintenue pour le reste du test.

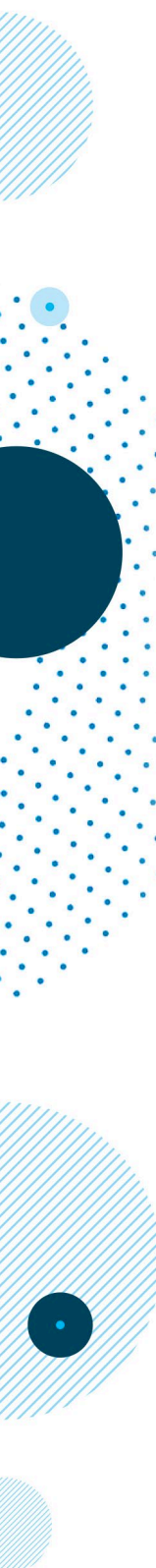
Résumé du test : l'objet soumis à l'essai est le système de stockage d'hydrogène comprimé sans aucune protection. Il est exposé à des flammes uniformément réparties sur 1,65 m qui doivent atteindre toute sa largeur. Des protections en métal empêchent les flammes de toucher directement les vannes, les raccords ou les dispositifs de décompression du réservoir mais elles ne doivent pas être en contact direct avec ces éléments.

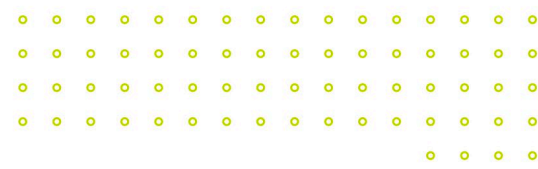
L'essai se poursuit jusqu'à ce que la pression dans le réservoir soit tombée à 0,7 MPa.

## V. Essai de vérification de la durabilité des dispositifs de fermeture (prescriptions applicables aux dispositifs de fermeture primaire) (les deux titres coexistent au sein du règlement)

Les dispositifs de fermeture des réservoirs d'hydrogène à haute pression (les dispositifs de décompression actionnés par la chaleur, les soupapes antiretours et les vannes d'arrêt) doivent être éprouvés et homologués (voir la partie suivante sur les composants spécifiques du système de stockage d'hydrogène)

Il n'est pas nécessaire de soumettre le système de stockage à un nouvel essai s'il comporte d'autres dispositifs de fermeture dont les fonctions, les raccords, le matériau, la résistance et les dimensions sont comparables et qui remplissent la condition ci-dessus. Cependant, toute modification physique d'un dispositif de décompression actionné par la chaleur, de son emplacement ou de ses conduits d'évacuation nécessite une requalification par essai de vérification de la résistance au feu.





### 3.7. Composants spécifiques du système de stockage d'hydrogène

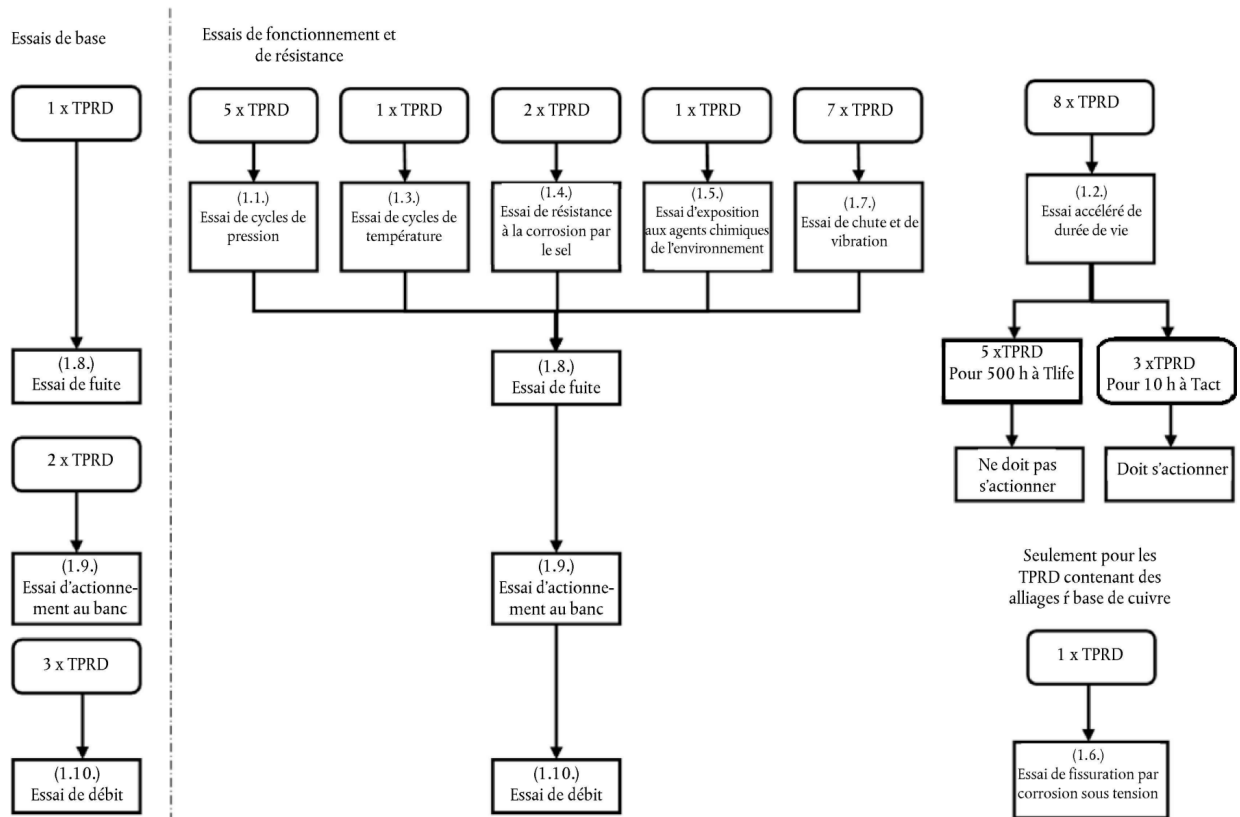
#### I. Dispositif de décompression actionné par la chaleur (TPRD)

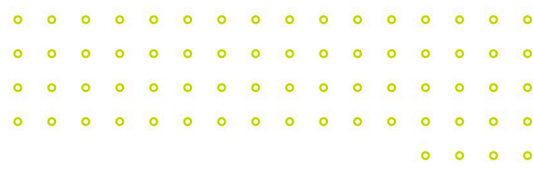
##### Liste de essais

1.1	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 fissuration par corrosion sous tension
1.7	Essai de chute et de vibration
1.8	Essai d'étanchéité
1.9	Essai d'actionnement au banc
1.10	Essai de débit

##### Chronologie des essais

VUE D'ENSEMBLE DES ESSAIS APPLICABLES AUX TPRD





### 1. Essai de cycles de pression (1.1)

**Objectif :** les dispositifs doivent résister à 11 000 cycles de pression interne avec de l'hydrogène gazeux pour une durée de vie en service de 15 ans 15 000 cycles pour une durée de vie en service de 20 ans et valider ensuite les essais de fuite (8), d'actionnement au banc (9) et de débit (10)

**Résumé du test :**

Cycles de pression	Intervalle de pression	Température du dispositif
1-5	2 ( $\pm$ 1) MPa et 150 % de la PSN ( $\pm$ 1) MPa	> 85 °C
6-1500	2 ( $\pm$ 1) MPa et 125 % de la PSN ( $\pm$ 1) MPa	
1501-11000		55 ( $\pm$ 5) °C

\*Rythme maximal des cycles : 10 par minute

### 2. Essai accéléré de durée de vie (1.2)

**Objectif :** les dispositifs de décompression doivent s'actionner dans un délai de 10 h lorsqu'ils sont placés dans un environnement à leur température d'actionnement mais ne doivent pas s'actionner dans un délai de 500 h lorsqu'ils sont à une température élevée mais inférieure à la température d'actionnement déterminée par calcul.

**Conditions du test :** les dispositifs sont dans un four ou un bain de liquide dont la température est constante ; la pression est de 125% de la PSN ( $\pm$ 1 MPa).

**Résumé du test :** les dispositifs sont exposés à une chaleur constante correspondant pour 3 d'entre eux à la température d'actionnement définie par le constructeur  $T_{act}$  et pour les 5 autres à une température  $T_{life} = 9,1 \times T_{act}^{0,503}$ .

### 3. Essai de cycles de température (1.3)

**Objectif :** le dispositif doit résister à de nombreuses variations de températures extrêmes et valider ensuite un essai d'étanchéité (8) lui aussi à température extrême ainsi qu'un essai d'actionnement au banc (9) et un essai de débit (10).

**Conditions du test :** dispositif non pressurisé pendant les bains.

**Résumé du test :** Pendant 15 cycles le dispositif alterne des bains de liquide à une température  $\leq -40$  ° C et  $\geq 85$  ° C dans lesquels il reste pendant 2 h un cycle correspondant à la réalisation des deux bains et le transfert entre les bains devant prendre moins de 5 min.

Une fois les 15 cycles effectués il est maintenu dans un bain à une température  $\leq -40$  ° pendant 2 h puis soumis à 100 cycles de pression interne d'hydrogène variant de 2 MPa (+1/-0 MPa) à 80% de la PSN (+2/-0 MPa), le bain est maintenu à une température  $\leq -40$  ° C.

Après les cycles de variation de température le dispositif doit satisfaire aux prescriptions de l'essai d'étanchéité mais cet essai doit être exécuté à une température à  $-40$  ° C (+5/-0 ° C)

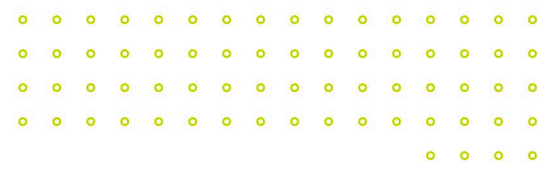
### 4. Essai de résistance à la corrosion par le sel (1.4)

**Objectif :** Les dispositifs doivent résister à une exposition au sel et valider les essais d'étanchéité (8), de débit (10) et d'actionnement au banc (9).

**Conditions du test :** les éventuels bouchons non permanents placés à la sortie des dispositifs sont enlevés, l'exposition doit être comparable aux conditions réelles ; température de la chambre de brumisation 30-35 ° C ; durée 500h

**Résumé du test :** le test consiste en une exposition à un brouillard salin conformément à la norme ASTM B117) pendant 500h. Pour l'un des dispositifs le pH de la solution saline est ajusté à  $4,0 \pm 0,2$  par addition d'acide sulfurique et d'acide nitrique dans la proportion 2 :1 et pour l'autre à  $10,0 \pm 0,2$  par addition d'acide et d'hydroxyde de sodium.





## 5. Essai d'exposition aux agents chimiques de l'environnement automobile (1.5)

**Objectif :** Le dispositif doit résister à une exposition aux agents chimiques courants de l'environnement routier auxquels il pourra être confronté pendant son temps de service, le ou les dispositifs ne doivent pas présenter à l'issue de l'essai de signe de dégradation physique qui pourrait nuire à son bon fonctionnement comme des fissures, un ramollissement ou des boursoufflures mais peut présenter des altérations superficielles telles que des piqûres ou des tâches.

A l'issue du test le ou les dispositifs doivent valider les essais d'étanchéité (8), de débit (10) et d'actionnement au banc (9).

**Conditions du test :** Exposition pendant 24h à chaque liquide ; température ambiante de  $20 \pm 5$  °C.

**Résumé du test :** quatre liquides sont testés :

- Acide sulfurique – solution à 19% en volume d'eau ;
- Hydroxyde de sodium – solution à 25% en poids dans l'eau ;
- Nitrate d'ammonium – solution à 28% en poids dans l'eau ;
- Liquide lave-glace ( solution à 50% en volume d'alcool méthylique et d'eau.

Un seul dispositif peut être exposé successivement aux quatre mélanges ou un dispositif peut être exposé par mélange. Après avoir été exposé le dispositif est essuyé et rincé à l'eau avant une autre exposition ou un essai.

## 6. Essai de fissuration (rupture) par corrosion sous tension (1.6)

**Objectif :** cet essai est destiné aux dispositifs contenant des organes constitués d'alliage à base de cuivre. Les éléments en alliage de cuivre ne doivent présenter ni fissure ni décollement pendant l'essai.

**Conditions du test :** tous les éléments en alliage de cuivre en contact avec l'atmosphère sont dégraissés ; exposition sur une durée de 10 jours ; température  $35 (\pm 5)$  °C ; pression atmosphérique.

**Résumé du test :** le dispositif est exposé à un brouillard d'ammoniac (densité 0,94 concentration 20ml/l du récipient) dans une chambre en verre fermée.

## 7. Essai de chute et de vibration (1.7)

**Objectif :** à l'issue de l'essai de chute aucun dispositif ne doit présenter de signe extérieur visible de détérioration qui le rendrait impropre à l'usage. A l'issue de l'essai de vibration aucun dispositif ne doit présenter de signe extérieur visible qui le rendrait impropre à l'usage. Les dispositifs doivent ensuite valider un essai d'étanchéité (8), de débit (10) et d'actionnement au banc (9).

**Conditions du test :** dispositifs lâchés d'une hauteur de 2 m ; température ambiante de  $20 \pm 5$  °C ;

**Résumé du test :** Six dispositifs sont lâchés, chacun, dans 6 directions différentes (selon les 3 axes orthogonaux : vertical, latéral et longitudinal, et dans les 2 sens)

Les six dispositifs qui ont subi l'essai de chute plus un nouveau dispositif sont soumis à des vibrations pendant 30 minutes le long de chacun des 3 axes orthogonaux : vertical, latéral et longitudinal, à la fréquence de résonance la plus forte sur chaque axe. Cette fréquence est obtenue par une accélération de 1,5 g et un balayage sur une plage de fréquences sinusoïdales comprises entre 10 et 500 Hz, pendant 10 min. La fréquence de résonance se reconnaît à une augmentation marquée de l'amplitude des vibrations. Si la fréquence de résonance n'est pas obtenue dans cette gamme, l'essai est effectué à une fréquence de 40 Hz.

## 8. Essai d'étanchéité/fuite (1.8)

Concerne un dispositif n'ayant pas subi d'essai ainsi que les dispositifs ayant subi les essais 1,3,4,5,7.

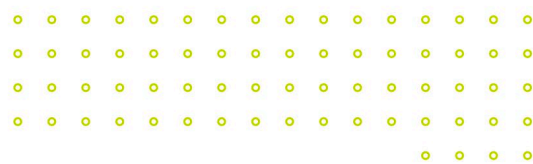
**Objectif :** la fuite totale d'hydrogène doit être inférieure à 10 Nm/h.

**Résumé du test :** Un dispositif de décompression n'ayant pas encore subi d'essai est soumis à des essais à température ambiante, à haute température et à basse température.

L'échantillon est maintenu pendant 1 h à chacune des températures et pressions d'essai avant l'essai.

Les essais se déroulent comme suit :





- Essai à température ambiante : conditionner l'échantillon à 20 ( $\pm$  5) °C, puis le soumettre à une pression égale à 5 % (+0/- 2 MPa) et 150 % de la PSN (+ 2/- 0 MPa);
- Essai à haute température : conditionner l'échantillon à une température minimum de 85 °C, puis le soumettre à une pression égale à 5 % (+ 0/- 2 MPa) et 150 % de la PSN (+ 2/- 0 MPa);
- Essai à basse température : conditionner l'échantillon à une température minimum de - 40 °C, puis le soumettre à une pression égale à 5 % (+ 0/- 2 MPa) et 100 % de la PSN (+ 2/- 0 MPa).

Les échantillons ayant subi d'autres tests sont soumis à des essais de fuite sans interruption à la température fixée dans les essais en question. À toutes les températures fixées pour les essais, l'échantillon est conditionné pendant 1 min par immersion dans un fluide dont la température est contrôlée (ou par une méthode équivalente). Si aucune bulle n'apparaît pendant le délai prévu, l'essai est considéré comme réussi. En revanche, si des bulles apparaissent, le taux de fuite est mesuré selon une méthode appropriée.

### 9. Essai d'actionnement au banc (1.9)

Objectif : le délai d'actionnement des dispositifs n'ayant pas subi d'essai ne doit pas différer de plus de 2 minutes, les dispositifs ayant subi d'autres essais doivent s'actionner dans un laps de temps qui ne dépasse pas de plus de 2 minutes le délai d'actionnement du dispositif référence pressurisée à 25% de la PSN.

Conditions du test : température de 600 ( $\pm$  10) °C dans l'air entourant le dispositif de décompression.

Résumé du test : Deux autres dispositifs de décompression sont soumis à cet essai sans avoir été soumis à d'autres essais de qualification afin d'établir un délai d'actionnement de référence.

Les dispositifs de décompression ayant subi les essais 1,3,5,5,7 sont soumis aux essais d'actionnement au banc.

L'échantillon n'est pas exposé directement à la flamme. Il est placé dans un montage d'essai conformément aux instructions de pose du constructeur et la configuration d'essai doit être indiquée.

Le dispositif de décompression pressurisé est placé dans le four ou la cheminée et le temps qu'il met à s'actionner est enregistré.

Avant d'être placé dans le four ou la cheminée, un nouvel échantillon (n'ayant pas subi d'essai préalable) est soumis à une pression ne dépassant pas 25 % de la PSN et un autre encore (n'ayant pas subi d'essai préalable) est soumis à une pression égale à la PSN

### 10. Essai de débit (1.10)

Objectif : la valeur de débit la plus basse enregistrée pour les huit dispositifs de décompression ne doit pas être inférieure à 90% de la valeur la plus haute.

Conditions du test : L'essai de débit est effectué à une pression d'entrée de 2 ( $\pm$  0,5) MPa, à température et pression ambiante.

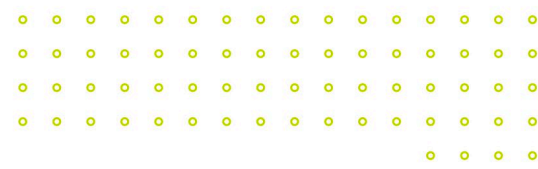
Résumé du test : Huit dispositifs de décompression actionnés par la chaleur sont soumis à des essais de débit, dont 3 nouveaux échantillons plus 5 échantillons ayant déjà été soumis respectivement aux essais des paragraphes 1,3,4,5,7

Chaque échantillon est actionné conformément aux prescriptions de l'essai d'actionnement au banc.

Après avoir été actionné, chaque échantillon, sans aucun nettoyage, démontage ni reconditionnement, est soumis à l'essai de débit, à l'aide d'hydrogène, d'air ou d'un gaz inerte.

La température et la pression d'entrée sont enregistrées.

Le débit est mesuré avec une exactitude de  $\pm$ 2 %.

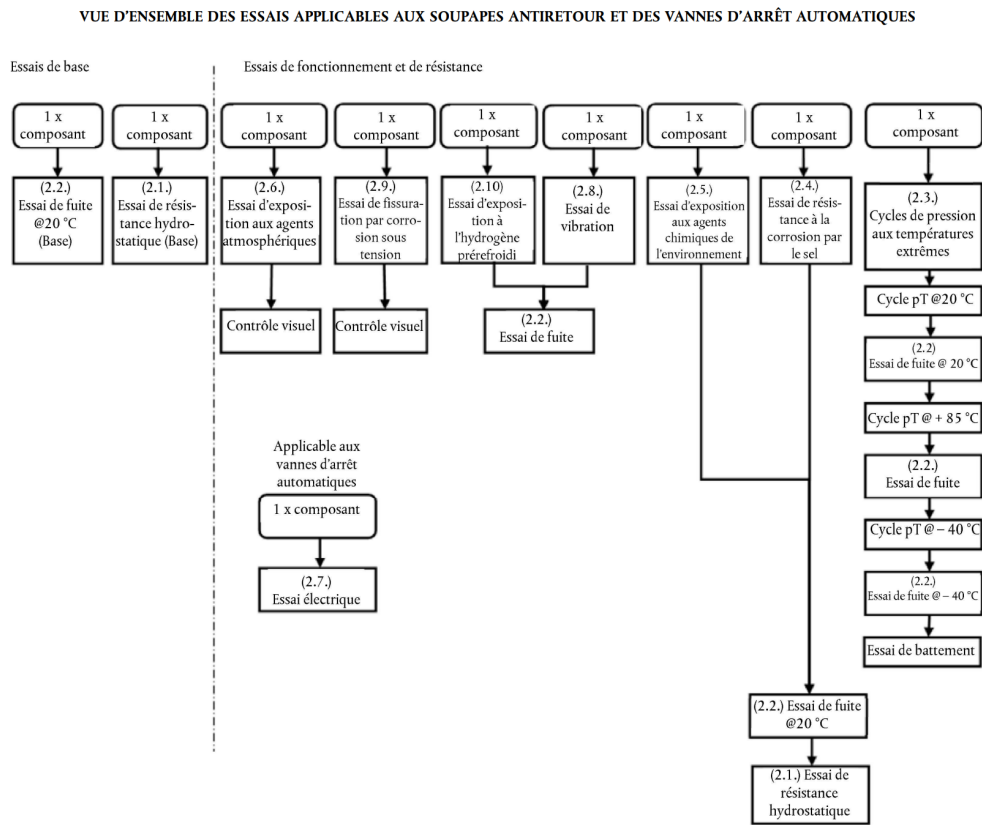


## II. Soupapes anti-retour et vannes d'arrêt automatiques

### Listes des essais

2.1	Essai de résistance hydrostatique
2.2	Essai d'étanchéité
2.3	Cycles de pression aux 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 pré refroidi

### Chronologie des essais



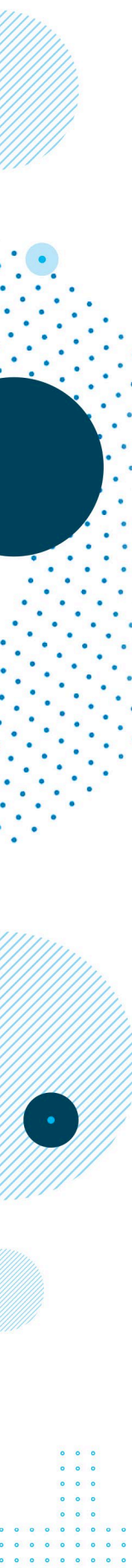
### 1. Essai de résistance hydrostatique (2.1)

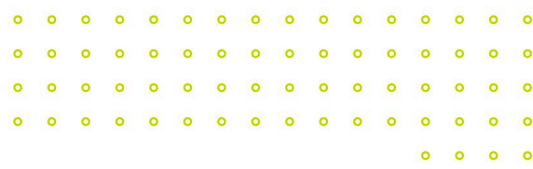
**Objectif :** La pression de défaillance des échantillons ayant précédemment été soumis aux essais représente au moins 80 % de la pression de défaillance de référence, sauf si la pression hydrostatique mesurée est supérieure à 400 % de la PSN.

**Conditions du test :** La sortie de la soupape est obturée et ses organes internes sont bloqués en position ouverte.

**Résumé du test :** Un échantillon est soumis à l'essai sans avoir été soumis à d'autres essais de qualification pour définir une pression d'éclatement de référence

Une pression hydrostatique égale à 250 % de la PSN (+ 2/- 0 MPa) est appliquée à l'entrée de la soupape pendant 3 min. Après quoi le composant est examiné pour s'assurer qu'aucune rupture ne s'est produite.





La pression hydrostatique est ensuite accrue au rythme maximum de 1,4 MPa/s jusqu'à défaillance du composant.

On enregistre la pression hydrostatique à cet instant précis.

## 2. Essai d'étanchéité (2.2)

Idem que l'essai d'étanchéité 1.2. présenté plus haut

### Cycles de pression aux températures extrêmes (2.3)

**Objectif :** les soupapes anti-retours doivent effectuer 11 000 cycles pour une durée de vie en service de 15 ans, 15 000 cycles pour une durée de vie en service de 20 ans et les vannes d'arrêt 50 000 cycles pour une durée de vie en service de 15 ans, 67 500 pour une durée de vie en service de 20 ans et doivent valider les essais de fuites à chaque température.

**Résumé du test :**

Pourcentage de cycles	Température	Pression
95%	20 (±5) °C	125% de la PSN (+2/-0 MPa)
5%	≥ 85 °C	
5%	≤ -40 °C	100% de la PSN (+2/-0 MPa)

A l'issue de chaque cycle l'échantillon doit subir un essai de fuite à la température correspondant au cycle.

La soupape anti-retour doit subir un essai de battement à l'issue des 11 000 ou 15 000 cycles et des essais de fuites.

La soupape est soumise pendant 24h au débit causant l'effet de battement maximum. A l'issue la soupape doit subir un essai de fuite à température ambiante.

## 3. Essai de résistance à la corrosion par le sel (2.4)

**Objectif :** les dispositifs doivent résister à une exposition au sel en ne présentant pas de dégradation physique qui pourraient nuire à son bon fonctionnement (fissures, ramollissements, boursoufflures...). A l'issue de l'essai, l'échantillon doit valider un essai de fuite à température ambiante (2) et un essai de résistance hydrostatique (1).

**Conditions du test :** l'exposition doit être comparable aux conditions réelles ; température de la chambre de brumisation 30-35 °C ; durée 500h ; la solution est composée de 5% de chlorure de sodium et 95% d'eau.

## 4. Essai d'exposition aux agents chimiques de l'environnement automobile (2.5)

Cf. I.5.

Ici un seul et même échantillon doit être exposé aux agents chimiques.

Les essais suivants sont l'essai de fuite à température ambiante (2) et l'essai de résistance hydrostatique (1).

## 5. Essai d'exposition aux agents atmosphériques (2.6)

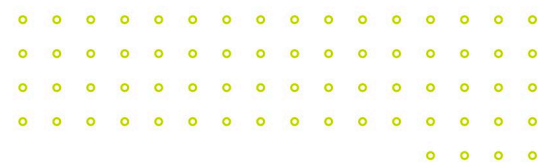
**Résumé du test :** L'essai d'exposition aux agents atmosphériques s'applique à la qualification des soupapes antiretour et des vannes d'arrêt automatique si l'échantillon contient des matériaux non métalliques en contact avec l'atmosphère dans des conditions normales de fonctionnement.

Les matériaux non métalliques constituant les joints d'étanchéité qui sont exposés aux agents atmosphériques, pour lesquels une déclaration satisfaisante de propriétés n'a pas été déposée par le demandeur, ne doivent ni se fissurer ni présenter de signe visible de détérioration après avoir été exposés à de l'oxygène pendant 96 h, à une température de 70 °C, sous une pression de 2 MPa, conformément à la norme ASTM D572 (détérioration du caoutchouc due à la chaleur et à l'oxygène)

La résistance à l'ozone de tous les élastomères doit être prouvée au moyen de l'une des 2 méthodes ci-après ou des 2 à la fois :

- Détermination de la résistance à l'ozone de chacun de leurs composés





- Essai des composants conformément à la [norme ISO 1431/1](#), la [norme ASTM D1149](#) ou une méthode d'essai équivalente.

#### 6. Essais électriques (2.7)

**Résumé du test :** Les essais électriques s'appliquent à la qualification des vannes d'arrêt automatique mais ne s'appliquent pas à la qualification des soupapes antiretour

#### 7. Essai sous tension anormale

L'électrovanne est raccordée à une source de courant continu à tension variable, selon les modalités suivantes :

- L'électrovanne est maintenue à température constante pendant 1 h, à une tension égale à 1,5 fois la tension nominale ;
- La tension est portée à 2 fois la tension nominale ou à 60 V, si cette dernière valeur est inférieure, et cette tension est maintenue pendant 1 min ;
- Aucune défaillance ne doit causer une fuite vers l'extérieur, une ouverture non voulue de la soupape ou une situation d'insécurité comme de la fumée, des flammes ou un début de fusion;
- La tension minimale d'ouverture à la PSN et à la température ambiante ne doit pas dépasser 9 V pour un système 12 V et ou 18 V pour un système 24 V ;

#### 8. Essai de résistance à l'isolement

Un courant continu d'une tension de 1 000 V est appliqué entre la borne d'alimentation et le boîtier de la soupape pendant au moins 2 s. La résistance minimale admissible est de 240 kΩ.

#### 9. Essai de vibration (2.8)

Concerne uniquement les soupapes.

**Objectif :** À la suite de cet essai, aucun échantillon ne doit présenter de détérioration extérieure visible susceptible de compromettre ses caractéristiques fonctionnelles. Une fois l'essai achevé, l'échantillon doit valider l'essai de fuite à température ambiante (2).

**Conditions du test :** pression 100% de la PSN (+ 2/- 0 MPa) avec de l'hydrogène ; soupape obturée à ses 2 extrémités

**Résumé du test :** La soupape est soumise à des vibrations pendant 30 min le long de chacun des 3 axes orthogonaux (vertical, latéral et longitudinal), aux fréquences de résonance les plus fortes.

La fréquence de résonance la plus forte est obtenue par une accélération de 1,5 g avec un balayage d'une plage de fréquences sinusoïdales comprises entre 10 et 40 Hz pendant 10 min.

Si la fréquence de résonance n'est pas comprise dans cette gamme, l'essai est effectué à la fréquence de 40 Hz.

#### 10. Essai de fissuration par corrosion sous tension (2.9)

Concerne uniquement les soupapes

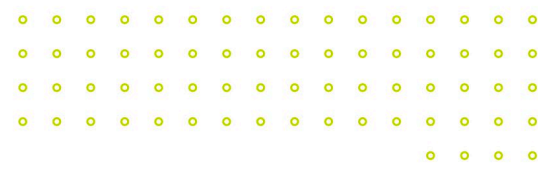
Cf. Essai 1.6. présenté précédemment

#### 11. Essai d'exposition à l'hydrogène pré refroidi (2.10)

Concerne uniquement les vannes.

**Objectif :** A l'issue de l'essai la vanne doit valider un essai de fuite à température ambiante (2).

**Résumé du test :** La vanne est exposée à de l'hydrogène gazeux pré-refroidi à - 40 °C ou moins sous un débit de 30 g/s à une température externe de 20 (± 5) °C pendant une durée minimale de 3 min. La vanne est alternativement dépressurisée et re-pressurisée après une période de maintien en pression de 2 min. Ce cycle est répété 10 fois. Puis il est répété 10 fois de plus, mais avec une période de maintien en pression de 15 min.



### 3.8. Système d'alimentation en carburant

Le système d'alimentation en carburant du véhicule inclus au sens du règlement :

- Le système de stockage d'hydrogène comprimé ;
- Les canalisations ;
- Les joints ;
- Tous les autres composants en contact avec l'hydrogène.

Listes des essais du systèmes d'alimentation en carburant :

Prescriptions applicables en utilisation normale	
1	Contrôle visuel de l'embout de remplissage
2	Contrôle visuel de la protection contre la surpression
3	Contrôle visuel du dispositif de décompression
4	Essai de conformité pour le système d'échappement
5	Essai de conformité pour la tuyauterie
6	Essai de conformité en cas de défaillance simples / protection incendie
Prescriptions applicables après choc	
1	Essai d'étanchéité du système d'hydrogène comprimé après choc
2	Essai de mesure des concentrations de gaz dans les espaces fermés après choc

#### I. Prescription applicable en utilisation normale

##### 1. Contrôle visuel de l'embout de remplissage

Un embout de remplissage de l'hydrogène comprimé empêche qu'il ne s'échappe dans l'atmosphère.

Une étiquette doit être apposée à proximité de l'embout de remplissage, par exemple au revers d'une trappe, et donner les renseignements suivants : nature du carburant (par exemple « CHG » pour l'hydrogène gazeux), MFP (pour Maximum fuelling pressure), PSN (pour Pression de service nominale) et date de retrait du service des réservoirs.

L'embout de remplissage doit être monté sur le véhicule de façon à assurer un verrouillage par enclenchement de la buse de ravitaillement. L'embout doit être protégé contre toute manipulation non autorisée et toute entrée de poussières ou d'eau (il doit par exemple être placé dans un compartiment qui peut être verrouillé).

L'embout de remplissage ne doit pas être monté sur des éléments destinés à absorber l'énergie extérieure d'un choc (par exemple, les pare-chocs), et ne doit pas être installé dans l'habitacle ou le coffre à bagages ou tout autre compartiment non ventilé où l'hydrogène gazeux pourrait s'accumuler. La vérification se fait par contrôle visuel.

##### 2. Contrôle visuel de la protection contre la surpression du système à basse pression

La partie basse pression du système en aval d'un détendeur doit être protégée contre toute surpression due à une défaillance éventuelle de ce détendeur. La pression à laquelle le dispositif de protection contre la surpression s'actionne doit être inférieure ou égale à la pression de travail maximale admissible de la partie concernée du système.

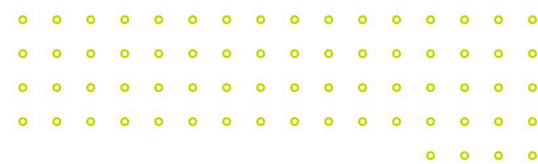
##### 3. Contrôle visuel du dispositif de décompression

S'il existe un événement pour l'évacuation de l'hydrogène libéré par un dispositif de décompression actionné par la chaleur (TPRD), son orifice de sortie doit être protégé par un couvercle.

Si de l'hydrogène gazeux s'échappe d'un ou plusieurs TPRD monté sur le réservoir le flux ne doit pas être envoyé :

- Dans des espaces fermés ou semi-fermés ;
- Dans ou en direction d'un passage de roue ;
- Vers des réservoirs d'hydrogène gazeux ;
- En avant du véhicule, ou à l'horizontale (parallèlement au sol) depuis l'arrière ou les côtés du véhicule.





D'autres dispositifs de décompression (par exemple un disque de rupture) peuvent être montés en dehors du système de stockage d'hydrogène. L'hydrogène gazeux libéré par ces autres dispositifs ne doit pas être envoyé :

- Vers des bornes électriques de raccordement exposées ou des interrupteurs électriques exposés ou encore toute autre source d'inflammation ;
- Dans ou en direction de l'habitacle du véhicule ou du compartiment de chargement ;
- Dans ou en direction d'un passage de roue ;
- Vers des réservoirs d'hydrogène gazeux.

#### 4. Contrôle visuel du système d'échappement du véhicule

**Objectif :** l'essai a pour objet de contrôler la teneur en hydrogène des gaz d'échappement qui ne doivent pas dépasser :

- 4 % (en volume) en moyenne mobile sur une fenêtre de 3 s en fonctionnement normal, y compris les phases de démarrage et d'arrêt du moteur
- 8 % à aucun moment ;

**Conditions du test :** le moteur ou la pile à combustible sont chauffés jusqu'à leur température normale de fonctionnement.

**Résumé du test :** Un appareil de mesure est placé au centre du flux de gaz d'échappement à 100m maximum de l'orifice de sortie du tuyau d'échappement. Il est chauffé à sa température nominale de fonctionnement.

La concentration d'hydrogène est mesurée au cours de trois étapes :

- À l'arrêt du système moteur
- À la fin de l'arrêt, redémarrage immédiat du système moteur
- Après un délai d'une minute, nouvel arrêt du système moteur et poursuite des mesures jusqu'à la fin de la procédure d'arrêt.

L'appareil de mesure doit avoir un temps de réaction inférieur à 300 ms.

#### 5. Essai de conformité en cas de défaillance simple / Protection contre le risque d'incendie

En cas de fuite/perméation du système de stockage, l'hydrogène ne doit pas s'échapper directement ni dans l'habitacle, ni dans le compartiment à bagages, ni dans aucun espace fermé ou semi-fermé à l'intérieur du véhicule contenant une source d'inflammation non protégée.

En cas de défaillance simple survenant en aval de la vanne d'arrêt principale la concentration d'hydrogène dans l'habitacle ne doit pas dépasser 1%.

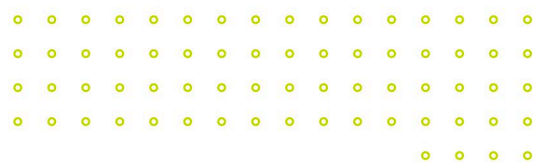
Si, pendant le fonctionnement, une défaillance simple se traduit par une concentration d'hydrogène dans l'air dépassant 3,0 % en volume dans les espaces fermés ou semi-fermés du véhicule, un signal d'alarme doit s'actionner.

Il s'agit de prévenir le conducteur soit au moyen d'un signal visuel ou par l'affichage d'un texte remplissant les conditions suivantes :

- Il doit être visible pour le conducteur assis en position de conduite et ceinture de sécurité attachée;
- Il doit être de couleur jaune en cas de défaillance du système de détection (déconnexion du circuit, court-circuit, défaillance des capteurs) et de couleur rouge si la concentration d'hydrogène dans l'air dépasse 3,0% ;
- Lorsqu'il est allumé, il doit être visible pour le conducteur de jour comme de nuit ;
- Il doit rester allumé lorsque la concentration d'hydrogène atteint 3,0 % ou en cas de défaillance du système de détection et si la commande de contact est en position «marche» ou si le système de propulsion est activé.

Si la concentration d'hydrogène dans l'air dépasse 4,0 %, la vanne d'arrêt principale doit se fermer pour isoler le réservoir

Ces prescriptions font l'objet d'un essai qui est soit un essai pour un véhicule équipé de détecteurs de fuites d'hydrogène soit un essai pour vérifier le respect des prescriptions en ce qui concerne les espaces fermés et les systèmes de détection au choix.



L'essai pour un véhicule équipé de détecteurs de fuites d'hydrogène permet de vérifier le fonctionnement des détecteurs d'hydrogène et la fermeture de la vanne principale d'arrêt quant à l'autre essai il permet de vérifier si la concentration d'hydrogène dans l'habitacle ne dépasse pas 1% en cas de fuite ainsi que le fonctionnement du signal d'alarme et de la vanne principale d'arrêt.

Si l'essai est un échec le système n'est pas qualifié pour être mis en service sur le véhicule.

## 6. Essai de conformité pour la tuyauterie

Objectif : s'assurer qu'en fonctionnement normal la tuyauterie d'alimentation en hydrogène et les autres parties du circuit situées en aval de la ou des vanne(s) d'arrêt principale(s) vers le système de pile à combustible ou le moteur ne présente pas de fuite.

Conditions du test : On fait chauffer le système moteur jusqu'à sa température normale de fonctionnement, la tuyauterie d'alimentation en carburant étant sous pression.

Résumé du test : Pour rechercher les fuites on peut utiliser un liquide de détection des fuites ou un détecteur de fuites de gaz. Le contrôle s'effectue sur les parties accessibles de la tuyauterie d'alimentation en carburant mais ce sont les joints qui font l'objet de l'essentiel de l'attention.

## II. Prescriptions relatives à l'intégrité du système après un choc

### 1. Essais de choc avant et de choc latéral

Conditions : le test réalisé avec de l'hydrogène ou de l'hélium dans le réservoir, la pression est déterminée par calcul.

La procédure d'essai pour l'essai de choc avant est celle du règlement ONU N°12 pour les véhicules des catégories M1 (voiture) et N1 (utilitaire) ou du règlement ONU N°94 pour les véhicules de la catégorie M1 ayant une masse maximale autorisée  $\leq 2.5T$ .

La procédure d'essai pour l'essai de choc latéral est celle du règlement ONU N°95 pour les véhicules des catégories M1 et N1 si le point de référence de la place assise du siège le plus bas n'est pas située à plus de 700mm au-dessus du niveau du sol.

Si ces procédures de choc avant ou latérales ne sont pas applicables au véhicule il faut soumettre le réservoir aux accélérations suivantes :

Catégorie du véhicule	Accélération choc avant	Accélération choc latéral
<b>M1+N1</b>	20 g	8 g
<b>M2+N2</b>	10 g	5 g
<b>M3+N3</b>	6.6 g	5 g

Si les procédures des règlements 12, 94 et 95 ne sont pas applicables, le positionnement du réservoir pour les essais doit suivre les prescriptions suivantes :

#### Essai de choc avant

Le réservoir doit être monté en arrière d'un plan vertical perpendiculaire à l'axe médian du véhicule et placé à 420 mm en arrière du bord avant du véhicule.

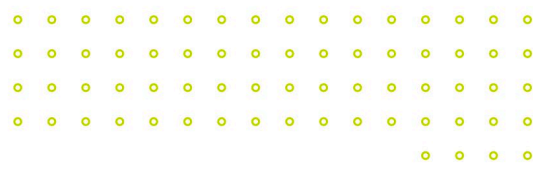
#### Essai de choc latéral

Le constructeur à deux options pour cet essai

Soit le réservoir doit être monté dans une position située entre les deux plans verticaux parallèles à l'axe médian du véhicule, 200 mm à l'intérieur du bord le plus externe du véhicule au voisinage de son (ses) réservoirs(s) et subir un choc latéral avec une accélération telle que définie dans le tableau ci-dessus.

Soit l'essai est effectué avec le réservoir dans la position prévue pour son installation dans le véhicule le réservoir subit un choc avec un butoir déformable ayant une vitesse de  $50 \pm 1$  km/h au moment du choc.





## 2. Essai d'étanchéité après choc

**Objectif :** Le débit volumétrique d'hydrogène gazeux de la fuite ne doit pas dépasser une valeur moyenne de 118 NL/min au cours de l'intervalle  $\Delta t$ .

**Résumé du test :** un essai d'étanchéité après choc est réalisé à l'issue de chaque essai.

On mesure la pression d'hydrogène et la température immédiatement avant le choc puis au terme d'un intervalle de temps  $\Delta t$  déterminé par calcul mais étant au moins de 60 minutes à partir du moment où le véhicule s'est immobilisé après le choc.

## 3. Essai de mesure de concentration de gaz dans les espaces fermés après choc

**Objectif :** contrôler qu'en cas de fuite d'hydrogène gazeux celle-ci n'entraîne pas une concentration d'hydrogène dans l'air  $> 4\%$  en volume dans l'habitacle et le compartiment à bagage (si de l'hélium a été utilisé la concentration maximale est de  $3\%$ ).

**Résumé du test :** des capteurs permettant de mesurer l'accumulation d'hydrogène ou d'hélium ou la diminution de la teneur en oxygène sont placés au-dessus du siège conducteur, au niveau du plancher du siège le plus à l'arrière et en haut du compartiment à bagage qui n'est pas directement impacté par l'essai de choc à réaliser. Les capteurs sont positionnés :

- À 250 mm au maximum du garnissage de pavillon au-dessus du siège conducteur ou près du sommet de l'habitacle en sa partie centrale
- À 250 mm au maximum du plancher en avant du siège arrière (ou le plus en arrière) dans l'habitacle
- À 100 mm au maximum du sommet du compartiment à bagages du véhicule qui n'est pas directement affecté par l'essai de choc à réaliser

La collecte des données des capteurs débute lorsque le véhicule s'est immobilisé et se fait toutes les 5 secondes pendant 60 minutes après le choc.

## 4. Contrôle à l'issue du choc

**Objectif :** Le ou les réservoirs doivent rester fixés au véhicule par un point au moins.

### 3.9. Contrôle de la conformité de la production

Les véhicules, équipements ou pièces homologués doivent être :

- Fabriqués de manière à être conformes au type homologué ;
- Contrôlés conformément aux prescriptions du règlement.

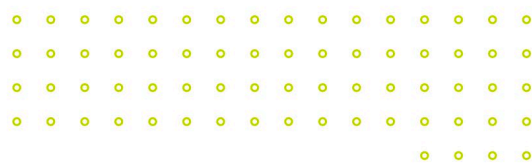
Le non-respect des prescriptions peut entraîner le retrait de l'homologation.

Le contrôle de la conformité est assuré à la fois par le détenteur de l'homologation et par l'autorité en charge de l'homologation.

Le détenteur de l'homologation doit mettre en place des procédures de contrôle de la conformité des produits, enregistrer les données des essais et les tenir à la disposition de l'autorité d'homologation pour une durée maximale de 10 ans. Il doit s'assurer lors des essais de la stabilité des caractéristiques des produits et dans le cas où un essai mettrait en évidence une non-conformité, il doit réaliser un nouvel essai et prendre toutes les dispositions nécessaires pour rétablir la conformité de la production.

L'autorité qui a délivré l'homologation peut à tout moment vérifier les méthodes de contrôle de la conformité appliquées dans chaque unité de production. La fréquence normale de ces vérifications est d'une fois tous les deux ans. Lors des contrôles, l'autorité peut prélever au hasard des échantillons qui seront essayés dans le laboratoire du fabricant ou du service technique chargé des essais d'homologation. Si l'autorité d'homologation ne juge pas les résultats satisfaisants, elle veille à ce que toutes les dispositions nécessaires soient prises pour rétablir aussi rapidement que possible la conformité de la production.





## Essais des réservoirs.

Le règlement fixe des prescriptions spécifiques pour les essais des réservoirs.

### Essais génériques

Pour tous les réservoirs, un essai de pression d'épreuve doit être réalisé.

L'essai se fait à une pression hydraulique égale ou supérieure à 150% de la PSN atteinte progressivement et maintenue pendant au moins 30 secondes.

### Essai par lots.

Un lot correspond au plus grand des deux nombres entre :

- un maximum de 200 bouteilles finies ou liners (bouteilles et liners pour essais destructifs exclus) ;
- et le nombre de bouteilles ou liners produits pendant une période de production.

En principe, pour chaque lot, au moins un réservoir doit subir un essai de rupture et un autre doit subir un essai de cycles de pression.

### Essai de rupture

La pression de rupture exigée doit être au moins égale à 225% de la PSN (350% pour les réservoirs en composite de fibre de verre) et la pression de rupture moyenne relevée lors des dix derniers essais doit être égale ou supérieure à la pression médiane d'éclatement -10%.

### Essai de cycles de pression à la température ambiante

Le réservoir doit être soumis à des cycles de pression hydrostatiques à une pression oscillant entre 2 ( $\pm 1$ ) MPa et  $\geq 125\%$  de la PSN, à une cadence ne dépassant pas 10 cycles par minute, jusqu'à 22 000 cycles s'il ne se produit pas de fuite ou jusqu'à ce qu'une fuite se produise.

Pour une durée en service de 15 ans, la bouteille ne doit pas fuir ou se briser au cours des 11 000 premiers cycles.

Pour une durée en service de 20 ans, la bouteille ne doit pas fuir ou se briser au cours des 15 000 premiers cycles.

Si, sur 10 lots de fabrication consécutifs de la même conception, aucune des bouteilles soumises à l'essai de cycles de pression ne fuit ou n'éclate avant le 16 500<sup>ème</sup> cycle, pour une durée en service de 15 ans, ou le 22 500<sup>ème</sup> cycle, pour une durée en service de 20 ans, l'essai peut être limité à une bouteille tous les 5 lots. Si aucune ne fuit ou n'éclate avant le 22 000<sup>ème</sup> cycle, pour une durée en service de 15 ans, ou le 30 000<sup>ème</sup> cycle, pour une durée en service de 20 ans, l'essai peut être limité à une bouteille tous les 10 lots de fabrication.

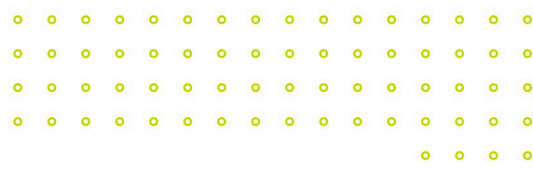
Si une bouteille ne satisfait pas au nombre de cycles de pression requis (22 000 ou 16 500), les essais se font à nouveau à raison d'une bouteille par lot pendant 10 lots au moins.

Si une bouteille ne réalise pas 11 000 cycles sans fuite, 2 hypothèses doivent être envisagées :

- s'il est prouvé qu'une erreur a été commise lors de l'exécution d'un essai, ou lors d'un mesurage, un nouvel essai doit être effectué. Si le résultat de cet essai est satisfaisant, le premier essai ne doit pas être pris en compte ;
- si l'essai a été réalisé de manière satisfaisante, la cause de la non-conformité doit être déterminée.

Toutes les bouteilles qui ne répondent pas aux prescriptions doivent être rejetées ou réparées au moyen d'une méthode approuvée. Les bouteilles qui n'ont pas été rejetées sont alors considérées comme un nouveau lot. Le nouveau lot doit alors être soumis à un nouvel essai. Tous les essais de prototype ou par lot nécessaires pour démontrer la validité du nouveau lot doivent être de nouveau effectués. Si une bouteille d'un lot n'est pas jugée satisfaisante lors d'un ou de plusieurs essai(s), l'ensemble des bouteilles du lot doit être rejeté.

L'essai de cycles de pression doit être reproduit sur trois nouvelles bouteilles du lot. Si l'une des trois ne réalise pas au moins 11 000 cycles sans fuite, toutes les bouteilles du lot doivent être rejetées.



### 3.10. Modification du type et extension de l'homologation.

En cas de modification apportée à un type de véhicule, de système de stockage d'hydrogène ou de composant spécifique de ce système, le constructeur doit en informer l'autorité d'homologation de type qui a accordé l'homologation. Cette autorité décide en concertation avec le constructeur s'il est nécessaire de procéder à une nouvelle homologation de type ou si une révision ou une extension peut suffire.

#### Révision de l'homologation

Lorsque des renseignements consignés dans le dossier d'information de l'annexe 1 ont changé et que l'autorité d'homologation de type considère que les modifications apportées ne risquent pas d'avoir de conséquences négatives notables, et qu'en tout cas le véhicule/système de stockage d'hydrogène/composant spécifique continue de satisfaire aux prescriptions, la modification est considérée comme une « révision ».

En pareil cas, l'autorité d'homologation de type doit publier, s'il y a lieu, les pages révisées du dossier d'information de l'annexe 1, en faisant clairement apparaître sur chacune des pages révisées la nature des modifications et la date de republication. Une version récapitulative et actualisée du dossier d'information de l'annexe 1, accompagnée d'une description détaillée de la modification, est réputée satisfaire à cette exigence.

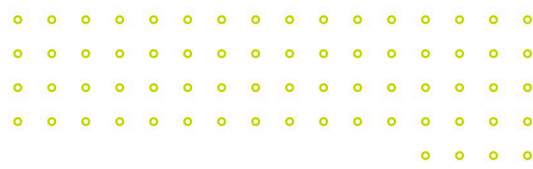
#### Extension de l'homologation

Lorsque des renseignements consignés dans le dossier d'information de l'annexe 1 ont été changé et que l'autorité considère qu'il est nécessaire de procéder à des contrôles ou essais, ou qu'une information figurant dans la fiche de communication a été modifiée, ou que des amendements ultérieurs à l'homologation initiale demandent l'homologations de la modification ; cette modification est considérée comme une extension

Les essais à réaliser en fonction des modifications sont les suivants :

Élément modifié		Essais requis
Réservoir ou matériau du liner en métal		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Éclatement initial, nombre de cycles de pression initiale</li> <li>- Essais de pression hydraulique séquentiels</li> <li>- Essai d'exposition au feu</li> </ul>
Liner en plastique		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nombre de cycles de pression initiale</li> <li>- Essais de pression hydraulique séquentiels</li> <li>- Essais pneumatiques séquentiels</li> <li>- Essai d'exposition au feu</li> </ul>
Fibre <sup>1</sup>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Éclatement initial, nombre de cycles de pression initiale</li> <li>- Essais de pression hydraulique séquentiels</li> <li>- Essai d'exposition au feu</li> </ul>
Résine		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Éclatement initial, nombre de cycles de pression initiale</li> <li>- Essais de pression hydraulique séquentiels</li> <li>- Essai d'exposition au feu</li> </ul>
Diamètre <sup>2</sup>	≤20 %	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Éclatement initial, nombre de cycles de pression initiale</li> </ul>
	>20 %	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Éclatement initial, nombre de cycles de pression initiale</li> <li>- Essais de pression hydraulique séquentiels</li> </ul>





Élément modifié		Essais requis
		- Essai d'exposition au feu
Longueur	≤50 %	- Éclatement initial, nombre de cycles de pression initiale - Essai d'exposition au feu <sup>3</sup>
	>50 %	- Éclatement initial, nombre de cycles de pression initiale - Essais de pression hydraulique séquentiels - Essai d'exposition au feu <sup>3</sup>
Revêtement		- Essais de pression hydraulique séquentiels - Essai d'exposition au feu <sup>4</sup>
Ogive <sup>5</sup>	Matériau, géométrie, taille de l'ouverture	- Éclatement initial, nombre de cycles de pression initiale
	Étanchéité (interface liner et/ou soupape)	- Essais pneumatiques séquentiels
Système de protection contre le feu		- Essai d'exposition au feu
Changement de soupape <sup>6</sup>		- Essais pneumatiques séquentiels - Essai d'exposition au feu <sup>7</sup>

Notes :

1. Le changement de type de fibre, par exemple du verre au carbone, n'est pas applicable. La modification de conception ne s'applique qu'aux changements de propriétés des matériaux ou de fabricant d'un un type de fibre.
2. Essais requis uniquement en cas de changement d'épaisseur proportionnel au changement de diamètre.
3. L'essai d'exposition au feu n'est pas requis à condition que les dispositifs de sécurité ou la configuration des dispositifs aient réussi l'essai d'exposition au feu requis sur un réservoir ayant un volume d'eau interne égal ou supérieur.
4. Un essai d'exposition au feu est requis si le revêtement a une incidence sur la résistance au feu.
5. Les essais ne sont pas nécessaires si les contraintes dans le col sont égales aux contraintes d'origine ou réduites par la modification de la conception (par exemple, réduction du diamètre des filets intérieurs ou modification de la longueur de l'ogive), si l'interface entre le liner et l'ogive n'est pas affectée et si les matériaux d'origine sont utilisés pour l'ogive, le liner et les joints.
6. La soupape de remplacement doit être approuvée conformément à la partie II.
7. L'essai d'exposition au feu n'est pas nécessaire si la conception du dispositif de décompression n'a pas été modifiée et si la masse de la soupape modifiée est de +/-30 % de celle de la soupape d'origine. ».

## 4. Règlement d'exécution (UE) 2021/535

### 4.1. Double marquage

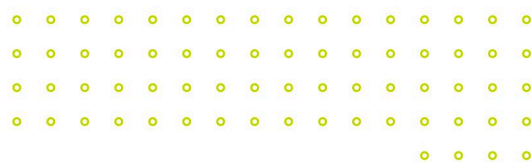
Le réservoir et ses dispositifs de fermeture primaires comprenant TPRD, soupape antiretour et vanne d'arrêt automatique, sont réceptionnés par type et marqués conformément au règlement 2021/535 ainsi qu'au règlement ONU n°134 nécessitant dès lors un double marquage.

### 4.2. Compatibilité des matériaux

Le constructeur veille à ce que les matériaux utilisés dans les systèmes de stockage d'hydrogène soient compatibles avec l'hydrogène et les additifs et contaminants de production attendus, ainsi qu'avec les températures et pressions attendues.

Les matériaux n'entrant pas en contact avec l'hydrogène dans des conditions normales ne sont pas concernés par cette obligation.





### 4.3. Etiquetage

Pour les voitures et utilitaires (catégories M1 et N1) une étiquette est apposée à l'intérieur du compartiment moteur (ou équivalent) du véhicule et une autre à proximité de l'embout de remplissage.

Pour les bus (catégories M2 et M3) des étiquettes doivent être apposées à l'avant et à l'arrière du véhicule, à proximité du raccord ou embout de remplissage et à côté de chaque accès.

Pour les camions (catégories N2 et N3) des étiquettes doivent être apposées à l'avant et à l'arrière du véhicule et à proximité du raccord ou embout de remplissage.

Les étiquettes doivent être conformes aux sections 4 à 4.7 de la norme internationale [ISO 17840-4:2018](#)

### 4.4. Embout de remplissage

#### Etiquetage

Une étiquette doit être apposée à proximité de l'embout de remplissage, par exemple au revers d'une trappe, et donner les renseignements suivants : nature du carburant (par exemple « CHG » pour l'hydrogène gazeux), MFP, PSN et date de retrait du service des réservoirs.

#### Emplacement

L'embout de remplissage doit être monté sur le véhicule de façon à assurer un verrouillage par enclenchement de la buse de ravitaillement. L'embout doit être protégé contre toute manipulation non autorisée et toute entrée de poussières ou d'eau (il doit par exemple être placé dans un compartiment qui peut être verrouillé).

L'embout de remplissage ne doit pas être monté sur des éléments destinés à absorber l'énergie extérieure d'un choc (par exemple les pare-chocs), ni dans l'habitacle ou le coffre à bagages ou tout autre endroit où la ventilation est insuffisante et où l'hydrogène gazeux pourrait s'accumuler.

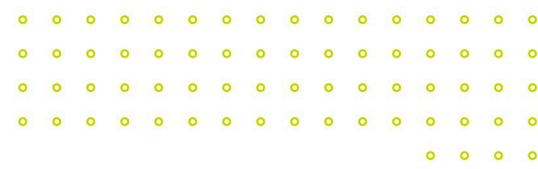
#### Normes de conception

La géométrie de l'embout de remplissage des véhicules à hydrogène gazeux comprimé est conforme à la norme internationale [ISO 17268:2012](#) (ou révisions ultérieures) et compatible avec les spécifications H35, H35HF, H70 ou H70HF en fonction de sa pression de service nominale et de son application spécifique.

### 4.5. Compatibilité des matériaux en contact avec l'hydrogène

Les matériaux doivent être compatibles avec l'hydrogène.

Il ne doit pas y avoir de contact direct entre deux matériaux incompatibles.



## 4.6. Matériaux utilisés pour les réservoirs

Acier si $R_{ma}^* < 1100$ MPa	<a href="#">ISO 9809-1</a> (sections 6.1 à 6.3)
Acier si $R_{ma}^* \geq 1100$ MPa	<a href="#">ISO 9809-2</a> (sections 6.1 à 6.3)
Acier inoxydable	<a href="#">EN 1964-3:2000</a> (sections 4.1 à 4.4)
Alliage d'aluminium	<a href="#">ISO 7866:2012</a> (sections 6.1 et 6.2)

\* $R_{ma}$  = résistance maximale à la traction.

### Fibres

Le fabricant du réservoir doit conserver, pendant la durée de vie prévue du modèle de réservoir, les spécifications publiées des matériaux composites, y compris les résultats des principaux essais, notamment l'épreuve de traction, ainsi que les recommandations du fabricant concernant le stockage, les conditions d'utilisation et la durée de conservation avant l'utilisation.

Le fabricant doit communiquer ces informations immédiatement à la demande d'une autorité nationale responsable de la surveillance du marché ou de la Commission.

### Résines

Le matériau polymère utilisé pour l'imprégnation des fibres peut être une résine thermodurcissable ou thermoplastique.

Matériaux utilisés pour les chemises des réservoirs :

Acier inoxydables soudés	<a href="#">EN 13322-2 :2006</a> (sections 6.1/6.2/6.4)
Alliage d'aluminium soudés	<a href="#">EN 12862 :2000</a> (sections (4.2/4.3/4.1.2/6.1)

### Plastiques

Les matériaux utilisés pour les chemises en plastique peuvent être thermodurcissables ou thermoplastiques.

### Epreuves de compatibilité avec l'hydrogène

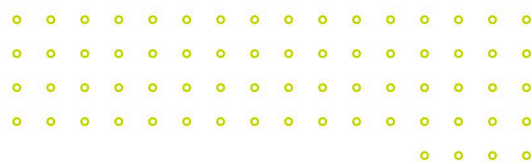
La compatibilité des matériaux métalliques, y compris les soudures doit être démontrée conformément aux normes [ISO 11114-1:2017](#) et [ISO11114-4:2017](#) ou à la norme [SAE J2579:2018](#) avec l'accord du service technique et de l'autorité compétente en matière de réception par type.

Les essais doivent être réalisés dans les environnements d'hydrogène attendus en service.

Démonstration non requise pour :

- les aciers qui sont conformes aux paragraphes 6.3. et 7.2.2 de la norme [EN 9809-1:2018](#);
- les alliages d'aluminium qui sont conformes au paragraphe 6.1 de la norme internationale [ISO 7866:2012](#);
- dans le cas de réservoirs entièrement bobinés avec une chemise non métallique.





## 5. Arrêté du 2 juillet 1982 relatif au transport en commun de personne.

Les véhicules de transport en commun doivent faire l'objet d'une attestation d'aménagement dans les conditions fixées à [l'arrêté du 2 juillet 1982](#) et en application des articles [R317-24](#) et [R323-23](#) du code de la route.

Certaines prescriptions de l'arrêté portent sur le système de propulsion et le carburant du véhicule, l'arrêté n'envisage pas l'hydrogène en tant que carburant mais il s'applique à tous les carburants et types de propulsions et les dispositions applicables aux autres carburants gazeux peuvent être considérées comme applicables par analogie.

Cette attestation est délivrée par le constructeur pour les véhicules ayant fait l'objet d'une réception par type ou par les DREAL pour les véhicules n'ayant pas fait l'objet d'une réception par type (notamment les véhicules usagés ayant fait l'objet de modification).

### 5.1. Compartiment moteur

On doit veiller à éviter, autant que possible, que du carburant ou des fluides inflammables puissent s'accumuler dans une partie quelconque du compartiment moteur, soit en donnant au compartiment moteur la conformation appropriée, soit en aménageant des orifices d'évacuation.

### 5.2. Ligne d'échappement

L'évacuation des gaz doit être effectuée et le tuyau d'échappement disposé de manière à éviter que les gaz d'échappement ne pénètrent à l'intérieur du véhicule, soit en s'infiltrant à travers les parois, soit en entrant par les issues.

Le nécessaire sera fait pour que les gaz, vapeurs et fumées provenant du compartiment moteur ne puissent s'infiltrer à l'intérieur de la caisse.

### 5.3. Réservoirs à carburant.

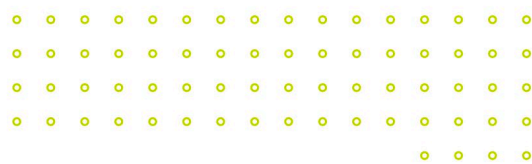
Les réservoirs à carburant doivent être situés à l'extérieur des compartiments réservés aux passagers, aux bagages, aux marchandises ou au moteur. Ils doivent être séparés de ces compartiments par une paroi résistante continue et résistante au feu.

Ils doivent être disposés de façon telle qu'aucune fuite ne puisse atteindre l'un de ces compartiments.

Ils doivent être solidement fixés à des ferrures solidaires de la structure du véhicule.

Tous les réservoirs à carburant du véhicule doivent être disposés de manière à être protégés par la structure en cas de collision. Aucune partie d'un réservoir à carburant, à l'exclusion des tubulures de remplissage, ne doit se trouver à moins de 60 cm de l'avant et à moins de 30 cm de l'arrière du véhicule. Il ne devra pas y avoir d'éléments faisant saillie, d'arêtes vives, etc., à proximité des réservoirs.

Aucune partie d'un réservoir à carburant ne doit faire saillie au-delà de la largeur hors tout de la carrosserie.



## 6. Homologation des deux roues

La réception des véhicules à moteur à deux ou trois roues et des quadricycles est régie par le [règlement 168/2013](#). A la différence du règlement 2018/858 sur la réception des véhicules des catégories M, N et O, ce règlement n'envisage pas la réception des systèmes hydrogène. Toutefois depuis le 2 janvier 2019, un [règlement UNECE n°146](#) fixe les prescriptions uniformes relatives à l'homologation des véhicules automobiles et de leurs composants en ce qui concerne la sécurité des véhicules des catégories L1, L2, L3, L4 et L5 fonctionnant à l'hydrogène.

Ce règlement reprend les prescriptions du règlement UNECE n°134. Ainsi, l'homologation des systèmes hydrogène pour les cycles à moteur de la catégorie L se fait dans les mêmes conditions et avec les mêmes prescriptions que celle des véhicules des catégories M et N avec seulement les quelques exceptions vues ci-après.

### 6.1. Réservoir

Le réservoir doit être composé d'une enveloppe métallique intérieure renforcée par un filament continu imprégné de résine (entièrement bobiné) et avoir une contenance en eau  $\leq 23$  L.

#### Essai de pression d'éclatement initiale

Les conditions de cet essai sont plus détaillées pour les véhicules de la catégorie L.

Ainsi la température du test est toujours de  $20 \pm 5^\circ\text{C}$  et le test conduit avec un liquide non corrosif mais en plus la vitesse de montée en pression doit être  $\leq 1,4\text{MPa/s}$  pour les pressions supérieures à 150% de la PSN.

Si elle dépasse  $0,35\text{MPa/s}$  aux pressions supérieures à 150 % de la PSN, il faut soit que le réservoir soit placé en série entre la source de pression et le dispositif de mesure de la pression, soit que la durée pendant laquelle la pression est supérieure à la pression d'éclatement visée dépasse 5 s. La pression d'éclatement du réservoir doit être consignée.

#### Installation du réservoir et test de choc.

##### Installation du réservoir

Le réservoir et les dispositifs de fermeture primaires obturant les orifices du réservoir à haute pression ne doivent pas entrer en contact direct avec le revêtement routier en cas, par exemple, de renversement du véhicule.

Le réservoir et les dispositifs de fermeture primaires obturant les orifices du réservoir à haute pression ne doivent pas être en contact direct avec d'autres pièces (à l'exception des éléments de protection en cas, par exemple, de collision ou d'écrasement du véhicule).

Le réservoir ne doit pas être exposé à la lumière directe du soleil.

##### Essai de choc

Le réservoir doit être soumis à des tests de chocs avant et latéraux.

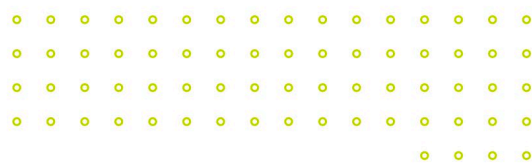
L'accélération que doit subir le véhicule est de :

- $45,5\text{g}$  dans le sens de la marche (vers l'avant et vers l'arrière) ;
- $63\text{g}$  pour les chocs latéraux à gauche et à droite.

Le réservoir doit être monté et fixé sur une partie représentative du véhicule.

A l'issue du test de choc, le ou les réservoirs doivent rester fixés en un point au minimum et demeurer à l'emplacement où ils ont été installés.

A l'issue du choc, il n'est pas procédé à des essais d'étanchéité ni de mesure de concentration en espace fermé.



## 6.2. TPRD et autres dispositifs de décompression

En cas de dégagement d'hydrogène gazeux par un TPRD le flux ne doit pas être envoyé

- Dans des espaces fermés ou semi-fermés ;
- Dans ou en direction d'un passage de roue ou de tout composant de frein soumis à des températures élevées lors d'une utilisation normale ;
- Vers des réservoirs d'hydrogène gazeux ;
- Dans une direction autre que vers l'extérieur, perpendiculairement au-dessous du véhicule.

D'autres dispositifs de décompression (par exemple un disque de rupture) peuvent être montés en dehors du système de stockage d'hydrogène. L'hydrogène gazeux libéré par ces autres dispositifs ne doit pas être envoyé :

- Vers des bornes électriques de raccordement exposées ou des interrupteurs électriques exposés ou encore toute autre source d'inflammation ;
- Dans ou vers l'habitacle du véhicule ou le compartiment à bagages, ou vers le conducteur ou les passagers du véhicule ;
- Dans ou en direction d'un passage de roue ou de tout composant de frein soumis à des températures élevées lors d'une utilisation normale ;
- Vers des réservoirs d'hydrogène gazeux.

## 6.3. Conformité de la production

Les essais de conformité de la production se font dans les mêmes conditions que pour les véhicules des catégories M et N. Cependant le nombre de cycles des essais cyclage est de 11 000 au lieu de 16 500.