

**C.N.I.D.E.C.A**

**COMPAGNIE NATIONALE DES INGENIEURS DIPLOMES EXPERTS  
PRES LES COURS D'APPEL ET LES JURIDICTIONS ADMINISTRATIVES**

**Adresse Postale : Alain MARTIN - 101 rue de Prony - 75017 PARIS**

**COLLOQUE DU 17 AVRIL 2023**

**Le lundi 17 avril 2023 à 18h00 (accueil à partir de 17h30)  
à La Maison des Polytechniciens 12 rue de Poitiers Paris (7°)**

**Thème du colloque :« l'hydrogène, promesses et risques »**

**Les promesses**

L'hydrogène électrolytique, pivot de la transition énergétique ?

Monsieur Pierre LE ROMANCER Responsable des programmes H2 et stockage d'énergie EDF R&D.

**Les risques**

Monsieur Aurélien THIRY, DA du Laboratoire central de la Préfecture de Police, Expert agréé par la Cour de cassation.

**Les garanties tant contractuelles que légales**

Maitre Christophe ADRIEN, avocat.

# L'hydrogène électrolytique, pivot de la transition énergétique ?

Avril 2023



## Une très brève histoire de l'hydrogène

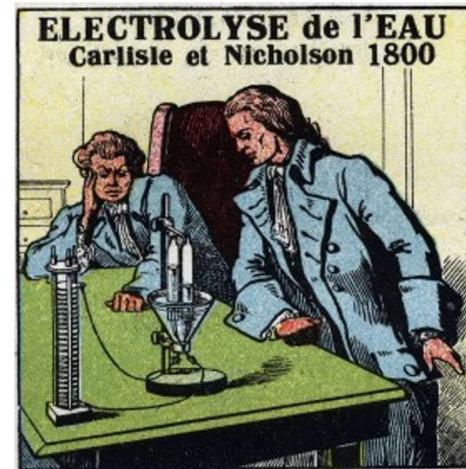


**1766** Découverte de « l'air inflammable » par Henry Cavendish  
Lavoisier à l'origine du mot «hydrogène »

**1783** Noël Robert et Jacques Charles réalisent le premier vol en ballon H<sub>2</sub>

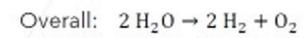
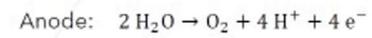
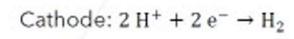
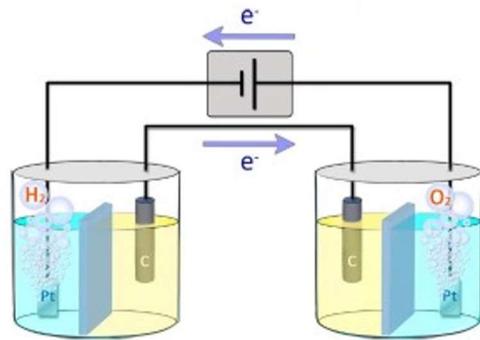
**1800** Découverte de l'électrolyse de l'eau

**1839** Première pile à combustible



source :  

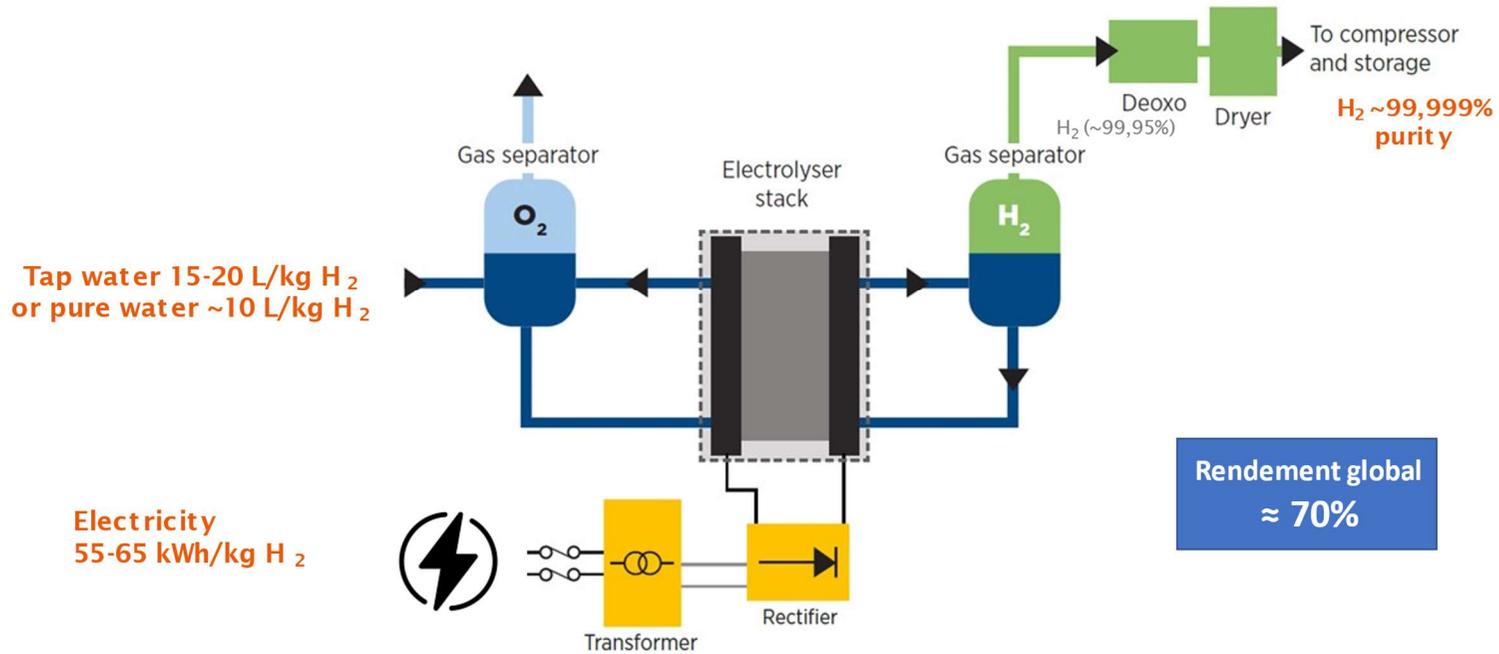
## Production d'H<sub>2</sub> par électrolyse de l'eau



3 types d'électrolyseurs :

- Alcalin
- PEM (Proton Exchange Membrane)
- Haute température

## Fonctionnement d'un système de production d'H2 électrolytique



## Exemples d'installations d'électrolyseurs

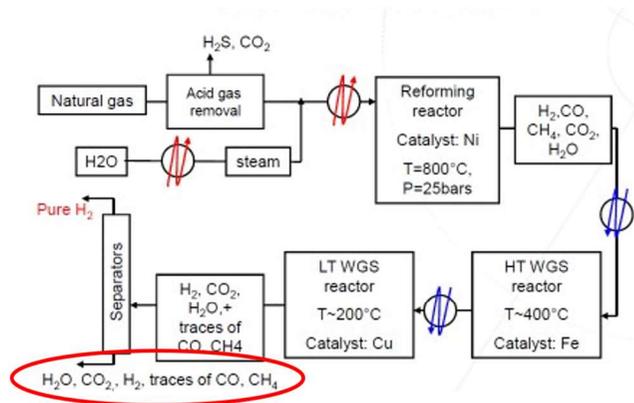


- China, region of Ningxia
- 150 MW alkaline electrolyser
- Put in operation in 2022
- Largest in the world as of Q1 2023

- Wunsiedler Energiepark in Bavaria, Germany
- 8.75 MW electrolyser from Siemens
- Operational since Sept. 2022

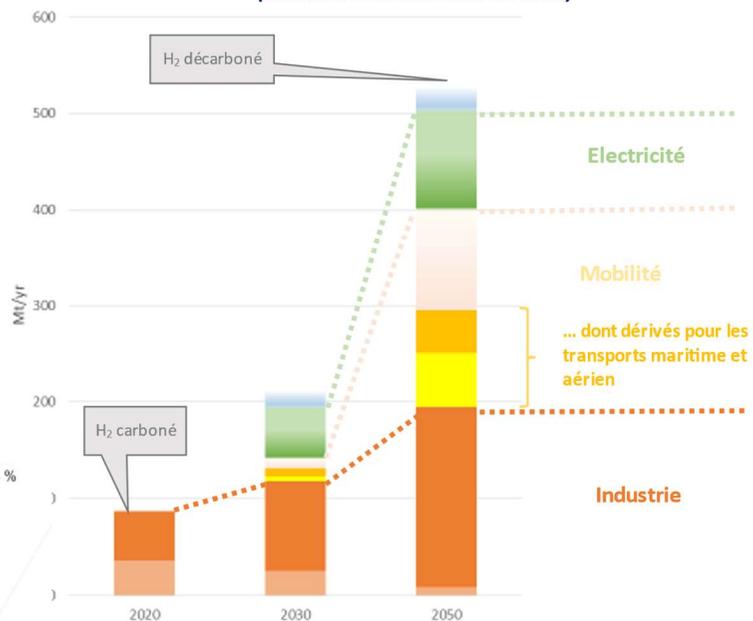


## Production d'H<sub>2</sub> à partir de méthane ( steam methane reforming )



# Un contexte inédit qui ouvre des perspectives d'essor massif de l'H<sub>2</sub> bas carbone

Consommations mondiales d'H<sub>2</sub> et dérivés  
(scénario NetZero 2050 de l'AIE)



### Main current utilizations of hydrogen

- Oil refining (hydrocracking and desulfurization): 44 %
- Ammonia for fertilizers: 38 %
- Methanol, other chemicals: 8 %
- Food industry and other applications: 9 %
- Space propulsion: 1 %
- Other energy applications... ε ?

### Quelques ordres de grandeur

1 Mt/an H<sub>2</sub> ⇔ 33 TWh<sub>PCI</sub>H<sub>2</sub>

Si produit par électrolyse :

⇒ 54 TWh/an électricité

⇒ 7 GW électrolyse

(si taux de charge 85%)

⇒ ou 11 GW électrolyse

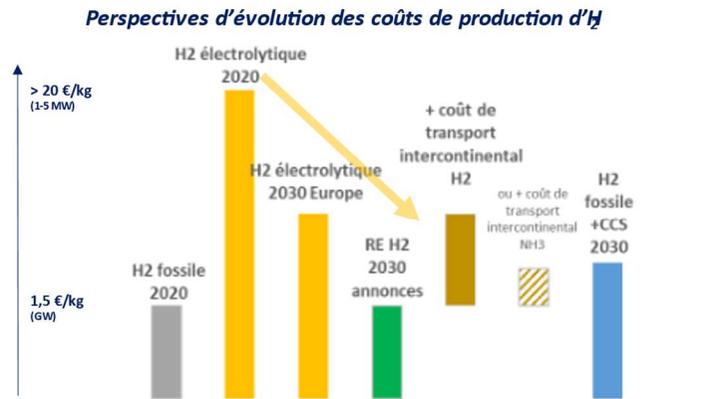
(si taux de charge 55%)



Source: Net Zero by 2050 : A Roadmap for the Global Energy Sector (AIE, 2021)

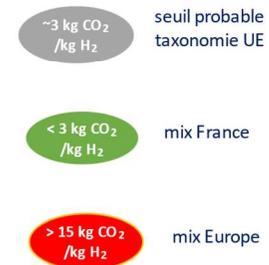


## Hydrogène bas carbone VS Hydrogène fossile



Les coûts de production de l'H<sub>2</sub> électrolytique baisseront significativement (→ son essor supposera qu'il soit durablement soutenu)

Contenu CO<sub>2</sub> de l'H<sub>2</sub> en fonction de la technologie de production et du contenu carbone du mix électrique



## Un soutien sans précédent des pays européens à l'hydrogène bas carbone

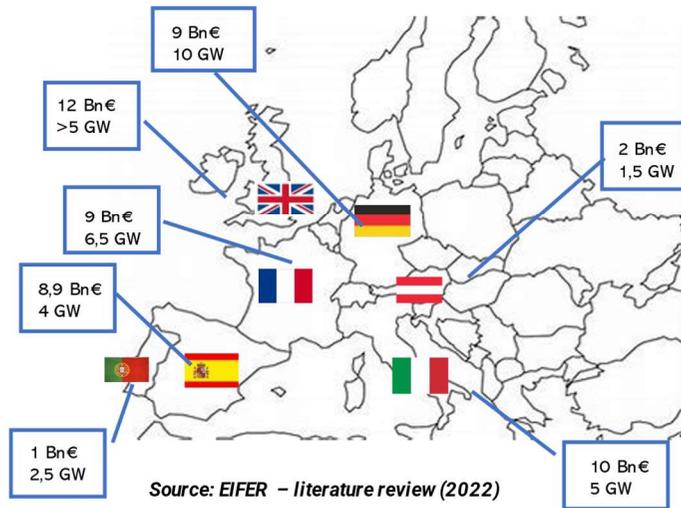


Exhibit 11 - Hydrogen project announcements



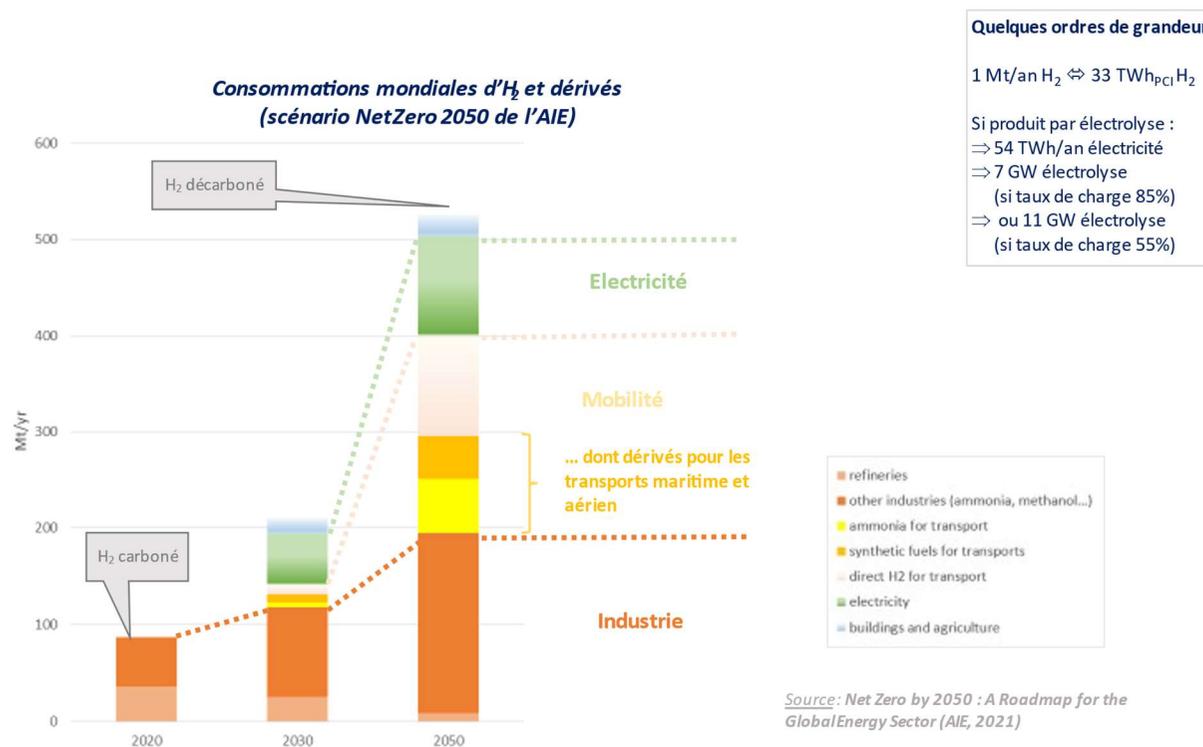
1. Focus on large-scale projects including commissioning after 2030. >1000 small scale projects and project proposals not

## Worldwide Hydrogen market - prospects

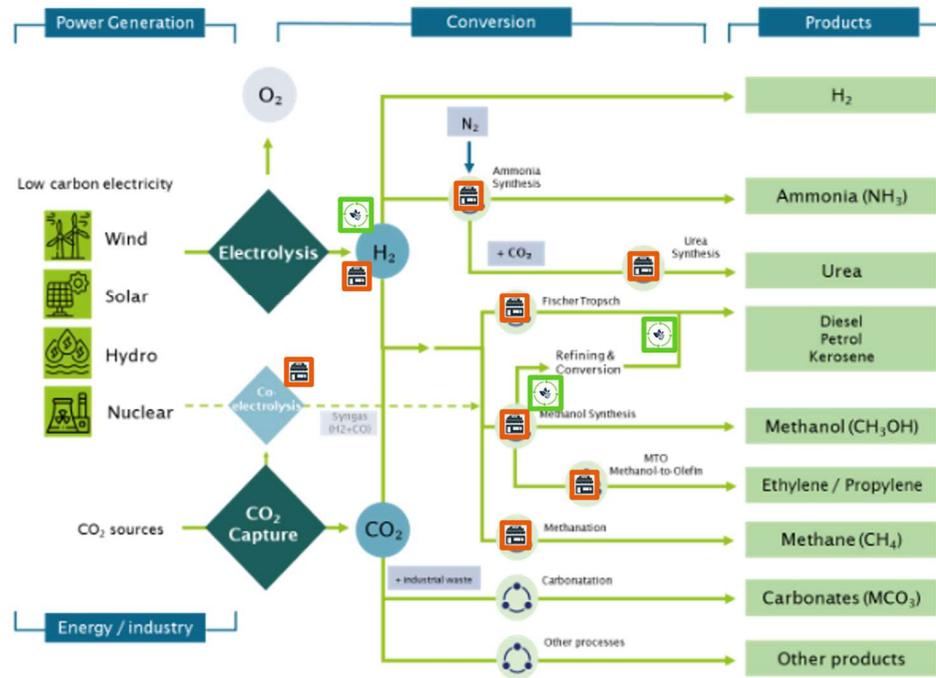
Extensive and deep trade links will connect the globe...



## Un contexte inédit qui ouvre des perspectives d'essor massif de l'H<sub>2</sub> bas carbone



## H2 et CO2 aux sources de l'économie des e-fuels



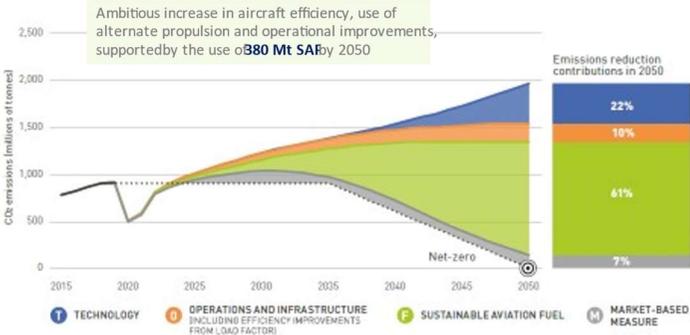
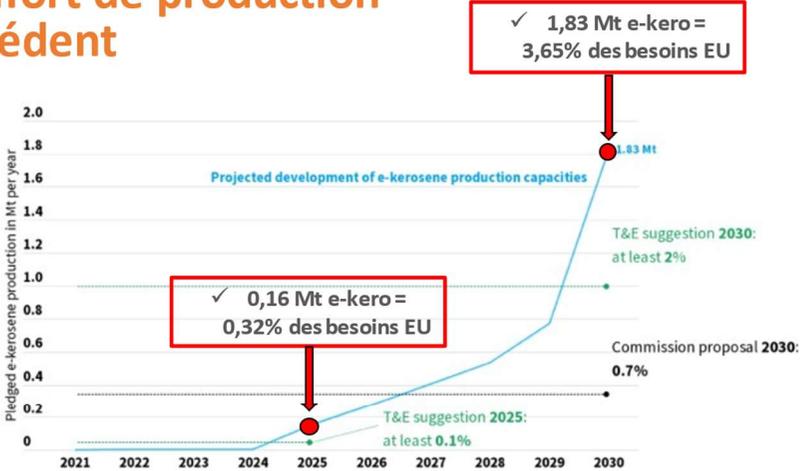
12

12

# L'essor des e-fuels va susciter un effort de production d'électricité bas carbone sans précédent



Analysis of Green Jet Fuel Production in Europe (June 2022). Transport & Environment



Ambitious increase in aircraft efficiency, use of alternate propulsion and operational improvements, supported by the use of 80 Mt SAF by 2050



190 Mt e-kero (50% du besoin en SAF en 2050) = 6 900 TWh !



**PRÉFECTURE  
DE POLICE**

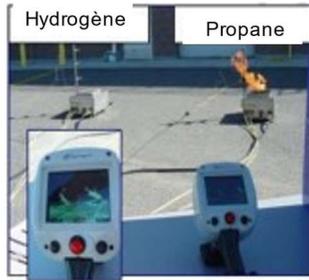
*Liberté  
Égalité  
Fraternité*



**Risque H2**



# L'hydrogène- généralités



## L'hydrogène- généralités

Laboratoire central de la préfecture de Police

- **Faible densité**

- H<sub>2</sub> monte et se disperse rapidement
- En champ libre, moins de risques après avoir stoppé la fuite
- En milieu confiné, accumulation en points hauts
- Haute pression nécessaire pour le stockage – sous forme gazeuse

- **Diffusivité élevée**

- Homogénéisation importante du nuage gazeux

- **Viscosité faible**

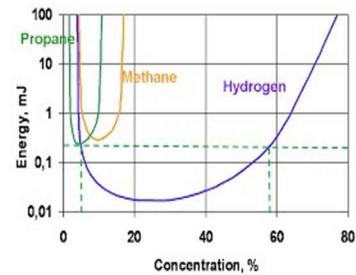
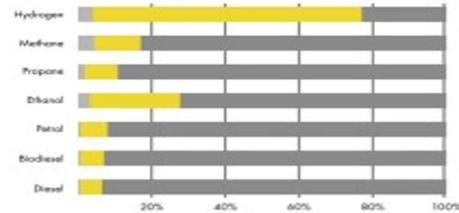
- Fuites accrues

- **Large domaine d'inflammabilité et faible énergie d'inflammation**

- Haut potentiel de flamme et d'explosion (déflagration pour la majorité des cas)

- **Propriétés radiatives**

- Moins radiatif que le méthane ou autres combustibles



### Propriétés générales de combustion

Propriétés de Combustion	H <sub>2</sub> /air	CH <sub>4</sub> /air
Limite Inférieure d'Inflammabilité (LII)	4.1 %	5.6 %
<b>Limite Supérieure d'Inflammabilité (LSI)</b>	<b>75 %</b>	<b>15 %</b>
<b>Energie minimale d'inflammation (mJ)</b>	<b>0.02</b>	<b>0.33</b>
Délai d'autoinflammation(μs) @1500 K	<b>11</b>	<b>634</b>
Cellule de détonation(mm)	8	300
<b>Energie minimale pour une détonation (kJ)</b>	<b>10</b>	<b>10<sup>5</sup></b>

---

En cas de fuite d'hydrogène ou d'incendie, le sinistre peut rapidement s'orienter vers une explosion.

**Table 2. Buoyancy and Diffusivity Properties of Gaseous Fuels in Air at Standard Temperature and Pressure**

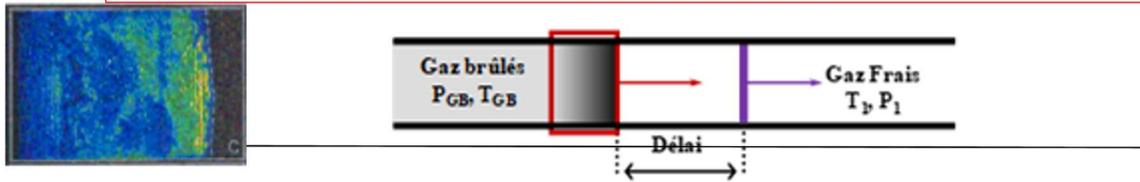
Fuel	Buoyancy (density as a percent of air)	Diffusion Coefficient (cm/sec <sup>2</sup> )
Hydrogen	7%	.61
Methane	55%	.16
Propane	152%	.10
Gasoline vapor	~400%	~.05

Tous les combustibles gazeux peuvent mener à une détonation, les vitesses de combustion de l'hydrogène sont nettement supérieures : jusqu'à 346 cm/s contre 35 et 50 cm/s pour des vapeurs d'essence, du méthane et du propane

Déflagration : zone de combustion, propagation par transfert de chaleur et de masse



Détonation : Couplage entre une onde de choc (|) et une zone réactionnelle (|)





## Quelques accidents

Laboratoire central de la préfecture de Police



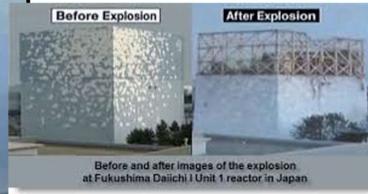
*June 2019, Fueling station in Norway*



*May 6, 1937, in Manchester Township, New Jersey, United States*



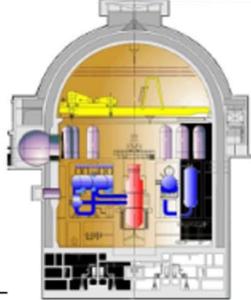
*Fukushima Daichii 2011*



Before and after images of the explosion at Fukushima Daiichi Unit 1 reactor in Japan

*Gangwon Corée du Sud, 2019*

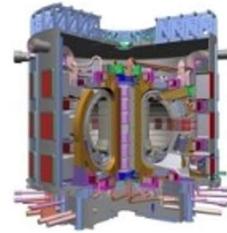
# Le risque H<sub>2</sub> dans l'industrie nucléaire

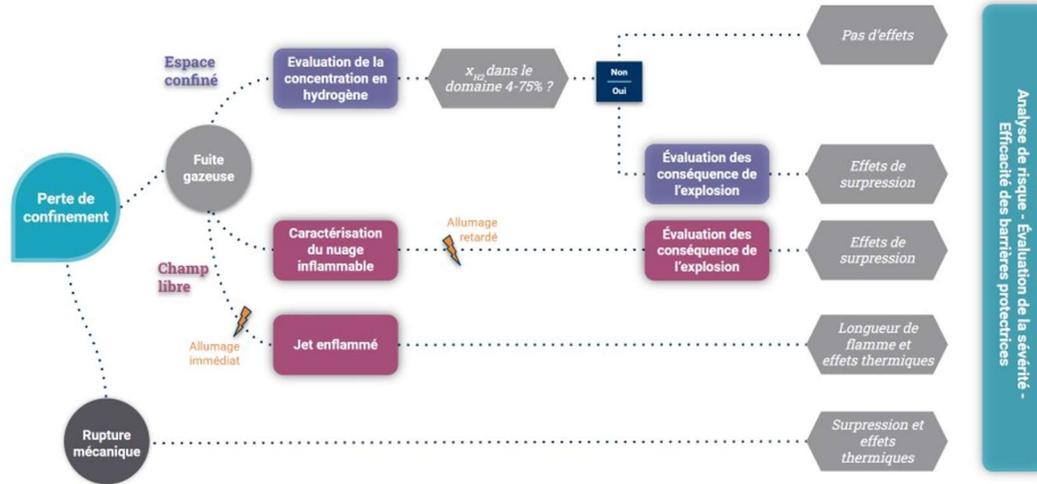


Colis métallique contenant plusieurs gallettes de déchets MA-VL



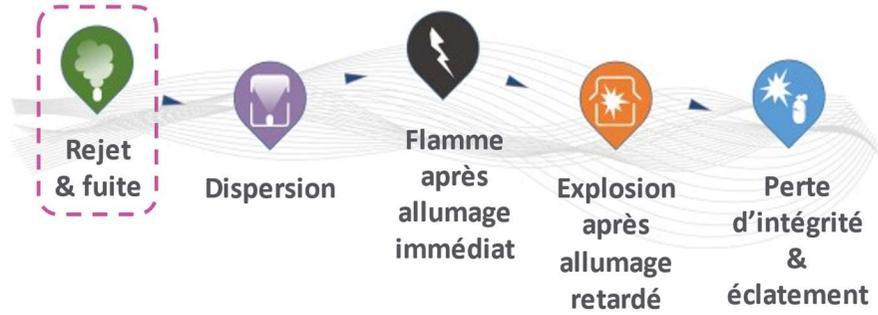
Conteneur de stockage MA-VL





Sources :  France Hydrogène  
Engagée pour la transition écologique





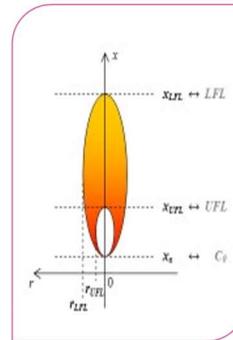
## L'hydrogène : le rejet

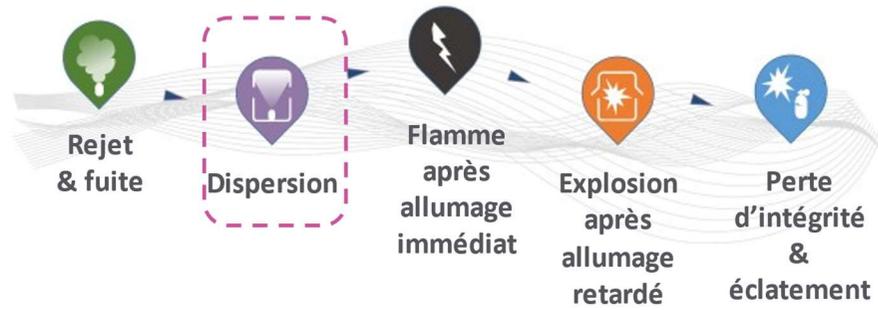
- **Rejet en champ libre**

- Caractérisation du **nuage inflammable**, dépendant de la pression et de la taille de la « brèche »
  - Distances 4% - 8% - 10%
  - Volume et masse inflammable

- **En champ libre**

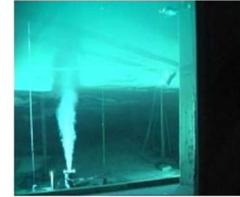
- Si le rejet est **arrêté**, le nuage se **disperse rapidement**
- Les **obstacles** peuvent induire des **zones de rétention de l'H<sub>2</sub>**





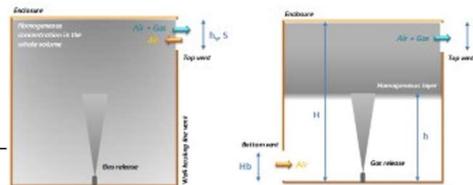
## • Rejet en milieu confiné

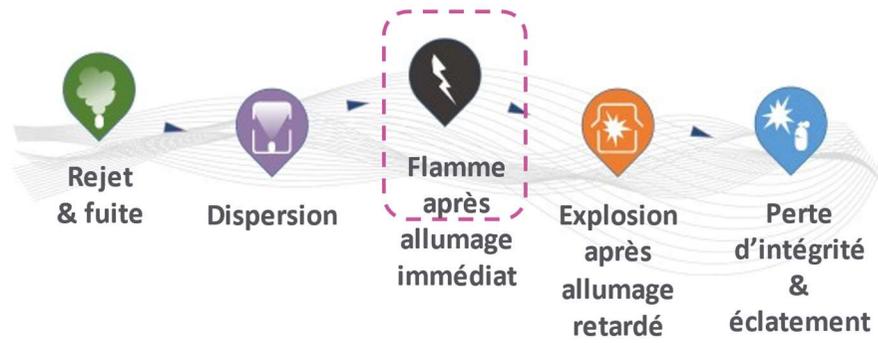
- L'hydrogène se concentre durant la phase de rejet et sa concentration peut atteindre des **valeurs critiques [4 – 75%]**
- L'hydrogène monte - car plus léger que l'air - et va se concentrer en **point haut**



## • Cas de la ventilation

- La **ventilation** des espaces confinés est **recommandée**  
C'est un **moyen efficace de mitigation** du risque
- Elle peut être **naturelle** ou **mécanique**
- Selon le mode de ventilation, la concentration en hydrogène peut être **homogène** ou **stratifiée**





200 bar



Diamètre de fuite : 3.1 mm  
Longueur de flamme  $H_2$  : **5.5 m**  
T(°C) max flamme = 2130°C

200 bar



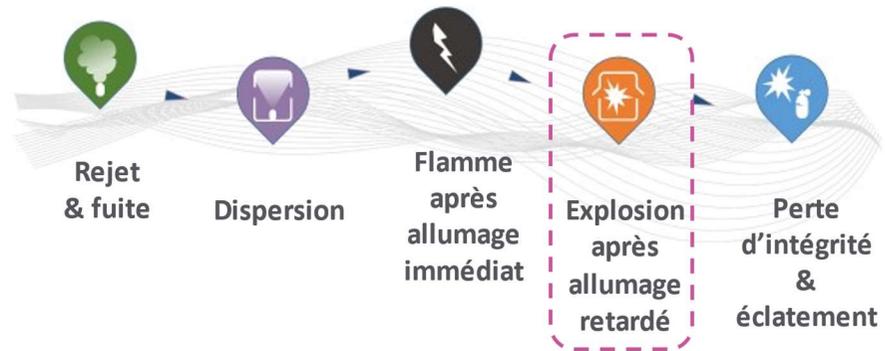
Diamètre de fuite : 3.1 mm  
Longueur de flamme  $CH_4$  : **8 m**  
T(°C) max flamme = 1961°C

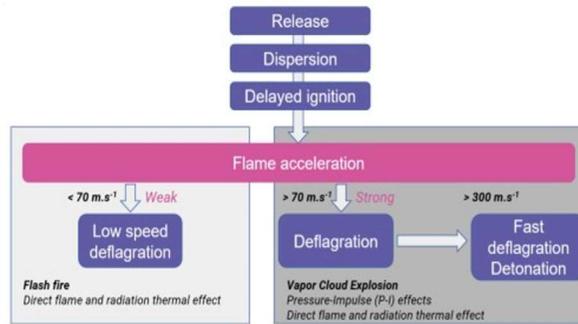
10 bar (liquide)



Diamètre de fuite : 3.1 mm  
Longueur de flamme **LPG** : **>> 8 m**

---





DDT : Deflagration to Detonation Transition

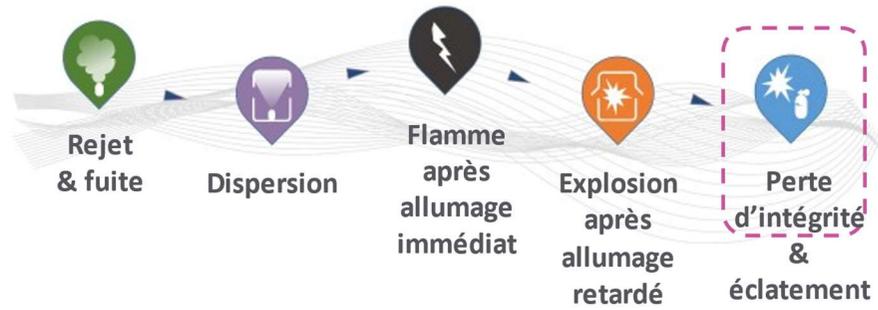
## • Ne pas confondre Déflagration et Détonation

- Déflagration dans la plupart des cas
- Détonation dans des conditions bien spécifiques (a minima 1459%-H<sub>2</sub>, volume important, obstacles...)

## • En milieu confiné

- Les niveaux de surpression peuvent être limités par des événements d'explosion, évitant ainsi la destruction de la structure

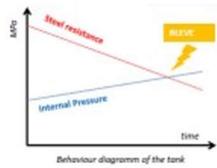




## L'hydrogène- éclatement

- **Eclatement = explosion physique**

- Due à une augmentation de pression
- Perte d'intégrité structurelle



# Focus sur les véhicules

## Les véhicules hydrogène



## Les véhicules hydrogène éléments communs de sécurité



- **Bouteilles dites de type IV : fibres de carbone imprégnées de résine thermodurcissable bobinées sur un liner polymère**
    - Excellente résistance aux impacts
  - **Vanne de fermeture intégrée à la tête de bouteille (type polyvanne)**
  - **Accéléromètre (tilt) ⇒ Fermeture automatique de la vanne en cas de choc**
  - **Détecteurs H<sub>2</sub> dans le véhicule (2 à 4)**
  - **Bouteille équipée d'un thermofusible (nommé aussi TPRD - Thermally activated Pressure Relief Device ou fusible thermique)**
    - Rejet sous le véhicule orienté vers le bas
-

## La station hydrogène : éléments communs de sécurité

### • Côté « Process »

- Accès restreint
- Détecteurs gaz
- Détecteurs flamme
- Peu de matières combustibles
  - Pneustrailers H<sub>2</sub>, huile compresseurs
- Container ventilé naturellement ou mécaniquement
- Surveillance du process avec procédures d'urgence et vannes de fermeture automatique
- Extincteurs
- (Pas de sprinklage automatique)
- ...

### • Côté « Distributrice »

- Détecteurs gaz
- Détecteurs flamme
- Coup de poing d'arrêt d'urgence
- Caméra de surveillance
- Protection antichocs (bollard)
- Ventilation interne de la distributrice + détecteur
- Test de fuite automatique avant remplissage
- Système antiarrachement du flexible de distribution + fermeture auto
- Mise à la terre
- Extincteurs
- ...

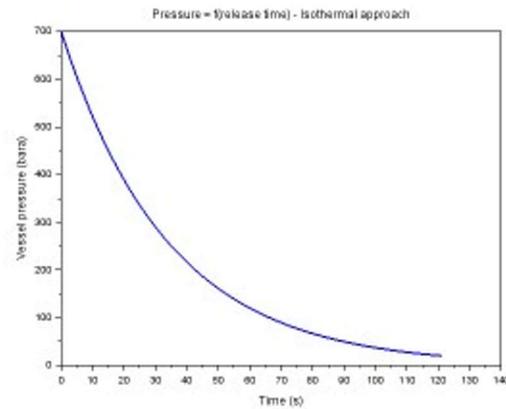


- **Comparaison énergétique**

Hydrogène	Essence	GNV	Petite voiture	Voiture familiale
6 kg @ 120 MJ/kg	60 L d'essence 32 MJ/L essence	20 kg @ 50 MJ/kg		
⇒ 720 MJ	⇒ 1 940 MJ	⇒ 1 000 MJ	⇒ 6 000 MJ	⇒ 12 000 MJ

- ⇒ **Energie calorifique de l'H<sub>2</sub> plus faible que pour les carburants plus conventionnels à autonomie équivalente**
  - ⇒ **Energie calorifique de l'H<sub>2</sub> très faible (10%) en comparaison à l'énergie calorifique du véhicule lui-même**
-

- **Ouverture du fusible thermique** → 110° C
  - 2 types : bille de verre (casse) et eutectique (fond)
  - Ouverture complète
  - Pas de re-fermeture possible
- **Temps de vidange**
  - Pour un réservoir 70 -80 L à une pression initiale de 700 bar → 120 s



# Focus sur les véhicules : les essais



## HRR - NRCC

Generic vehicle designation	Specific vehicle designation	Vehicle type	Model year	Gas tank	Battery capacity	State of charge
A	A-ICEV	ICEV	2015	full	--	--
A	A-EV-100	EV	2014	--	large	100%
A	A-EV-85	EV	2013	--	large	85%
B	B-ICEV	ICEV	2013	full	--	--
B	B-EV	EV	2013	--	large	100%
C	C	PHEV	2013	full	small	85%
D	D	PHEV	2014	full	medium	100%

---

# HRR - NRCC

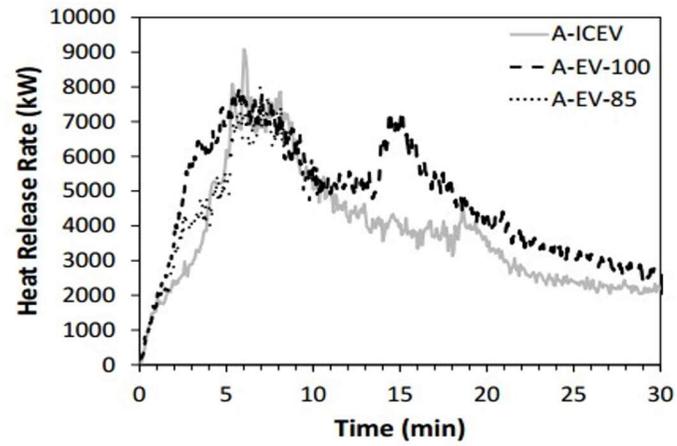


Figure 3 HRRs for Vehicle A (including 2 MW burner contribution).

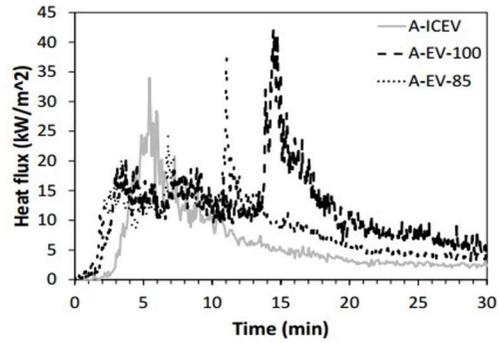


Figure 4 Radiation from rear of Vehicle A.

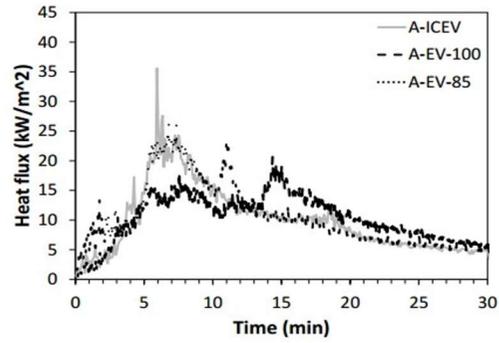


Figure 5 Radiation from passenger side of Vehicle A.

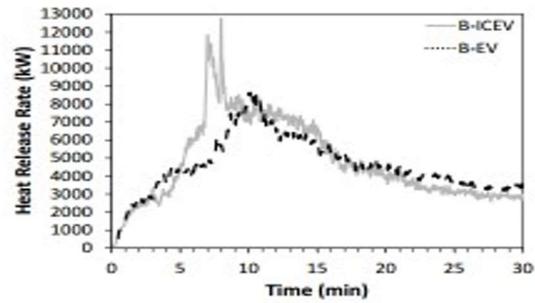


Figure 8 HRRs for Vehicle B (including 2 MW burner contribution).

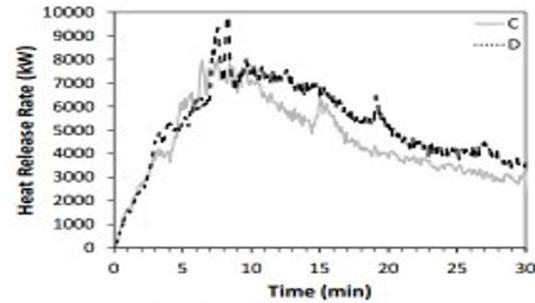


Figure 14 HRRs for Vehicles C and D (including 2 MW burner).

1. Brulage en extérieur d'un véhicule électrique avec prolongateur d'autonomie  $H_2$  (LCPP/SDIS 86/SDIS 44)
  2. Brulage en infrastructure d'un véhicule électrique avec prolongateur d'autonomie  $H_2$  (LCPP/SDIS 86/SDIS 44), couplé à un véhicule thermique
  3. Brulage en infrastructure d'un véhicule hydrogène (BSPP/LCPP/CSTB/CTICM/BfB), couplé à un véhicule thermique
-

Brulage en extérieur d'un véhicule électrique avec prolongateur d'autonomie  
H<sub>2</sub> (LCPP / SDIS 86 / SDIS 44 / Mouthon formation)

Avant activation du TPRD



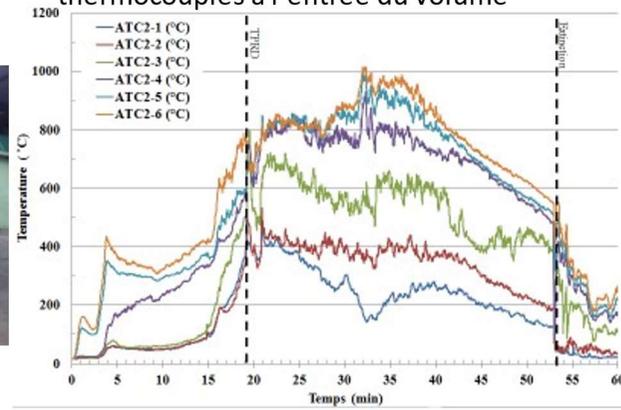
Après activation du TPRD



Brulage en infrastructure d'un véhicule électrique avec prolongateur d'autonomie  $H_2$  (LCPP/SDIS 86/SDIS 44/Mouthon Formation), couplé à un véhicule thermique



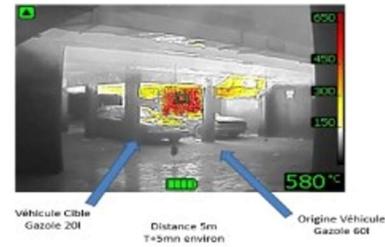
Températures mesurées verticalement sur un arbre à thermocouples à l'entrée du volume

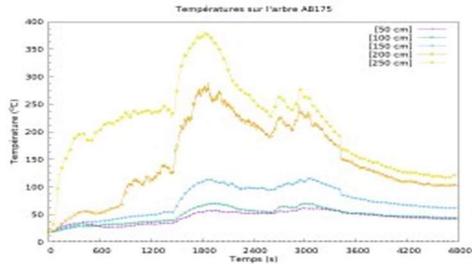


Brulage en infrastructure d'un véhicule hydrogène (BSPP/LCPP/CSTB/CTICN/B/B),  
couplé à un véhicule thermique

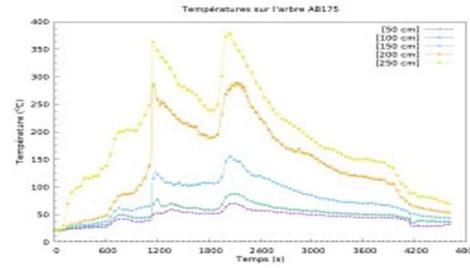
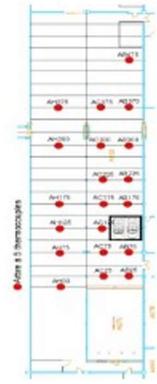
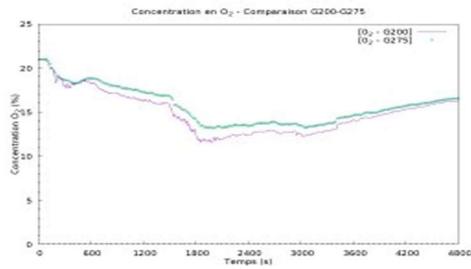
Technologies :

- Batterie LMP
- Batterie Li-ion
- **Hydrogène**
- GNV
- GPL
- **Moteur diesel**

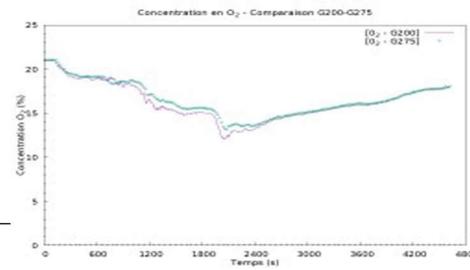




Thermique (total de 60L de gazole)



H<sub>2</sub> (total de 5kg à 700bars + 20L de gazole)





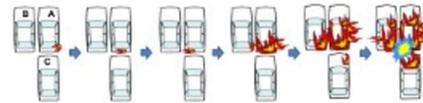
## Cas particulier : les parkings souterrains

Laboratoire central de la préfecture de Police



## Les parkings souterrains

- Pas de propagation du feu dans un PS spécifique à l'hydrogène
- En cas de propagation du feu, l'activation du TPRD n'est pas mise en cause
- Mais l'ouverture d'un TPRD peut engendrer l'ouverture d'un TPRD sur une voiture garée à côté
- Pour minimiser les effets, il est important d'avoir une détection précoce du feu et de l'éteindre avant l'activation des TPRDs
- Compte-tenu de la température d'ouverture des TPRDs, il est peu probable qu'un TPRD s'ouvre sur un Sapeur-Pompier en approche ; la température est stratifiée et déjà trop élevée pour être supportable



Réf : The Spread of Fire from Adjoining Vehicles to a Hydrogen Fuel Cell Vehicle Yohsuke Tamura, Masaru Takabayashi, Masayuki Takeuchi and Mitsuiishi Hiroyuki 2011



## Cas particulier : les tunnels

Laboratoire central de la préfecture de Police



## Les tunnels

### • Les carburants conventionnels

- Essais GPL - BSPP - Mouthon Formation : Bonne protection du mannequin par son équipement lors de l'exposition directe au feu torche GPL (2 sec)
- Vidéo Youtube ⇒ Rupture d'un réservoir d'essence d'un véhicule Toyota RAV4 CNG (4'15) sur le pompier en cours d'intervention ⇒ Le pompier est directement exposé à la flamme et est protégé par son équipement !!  
[https://www.youtube.com/watch?time\\_continue=3&v=0qisRbbnx5o](https://www.youtube.com/watch?time_continue=3&v=0qisRbbnx5o)

### • Pas de données d'essais spécifiques en hydrogène mais :

- Tunnels très ventilés, diminuant significativement l'accumulation d' $H_2$  donc minimisant le risque d'explosion
- Température d'une flamme de diffusion d'essence équivalente à celle d'un feu torche  $H_2$  (1400° C) ou GNV (1300° C) (Essais INERIS projet Hydromel 2007)
- Fraction radiative inférieure en  $H_2$  ( $X_{rad} < 0,1$ ) comparé à l'essence ( $X_{rad} < 0,3$ ) ou GNV (0,2)
- En cas d'ouverture d'un TPRD, la flamme est de courte durée (temps de vidange du réservoir : moins de 5 min)  
→ impact limité sur la structure

⇒ Exposition thermique moindre ou équivalente en  $H_2$  vs essence ou GNV)

⇒ En attente de la publication officielle des conclusions du projet européen Tunnel-CS



# Les risques liés à l'hydrogène

**CNIDECA**  
*Paris, 17 avril 2023*

Adrien & associés

*Christophe ADRIEN*  
*Avocat Associé*

I.

**RETOUR D'EXPERIENCE**

A.

*Utilisation depuis de nombreuses années dans les industries pétrolière et chimique.*

*Indétectable pour l'Homme (invisible et inodore) et non toxique ;  
Mais hautement inflammable et explosif (très faible énergie d'activation)*

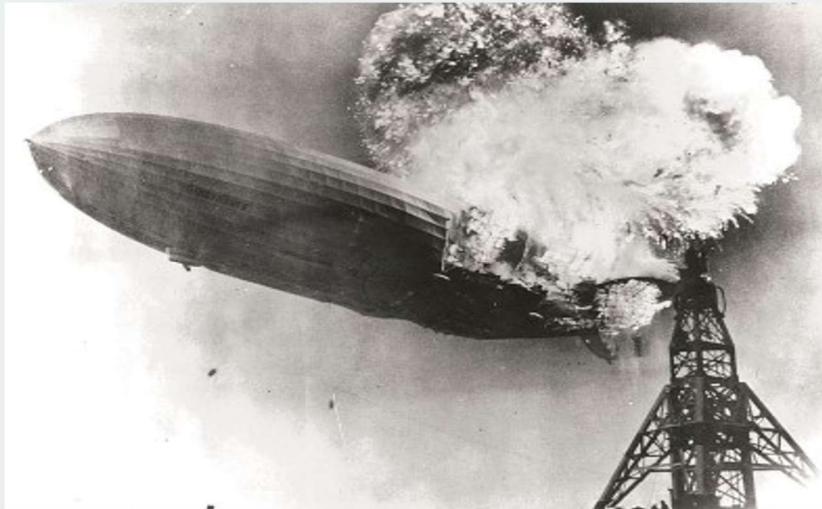
*Accidents ayant pour cause :*

- *Fabrication : vice ou détérioration de l'équipement (étanchéité défectueuse, matériaux incompatibles ...)*
- *Conception de l'équipement, du bâtiment, des systèmes de sécurité*
- *Défaut de maintenance*
- *Formation du personnel*
- *Erreurs humaines*

A.

***1937 Hidenburg***

<https://www.youtube.com/watch?v=nSsFS4fp8Q>



**A.**

***215 accidents répertoriés sur le site de l'ARIA (Ministère de la Transition Ecologique), impliquant de l'hydrogène et survenus avant le 1/7/2007***

***25 accidents mortels, dont 5 survenus en France***

***84 % : incendies et/ou explosions.***

***16 % restants : fuites d'H<sub>2</sub> non enflammées, des emballements de réaction sans explosion ou des phénomènes de corrosion détectés avant accident***

A.

*l'assureur FM Global a répertorié, sur une décennie (2009-2018),  
11 sinistres liés à l'hydrogène, parmi ses assurés.*

*99% des dommages: incendies ou explosions suite à une fuite d'hydrogène  
causée par un défaut d'équipement/tuyauteries ou une erreur humaine.*

*1% des dommages: casse mécanique (fragilisation de l'acier due au gaz à  
haute pression)*

*dommages matériels 40%  
pertes d'exploitation 60%  
du montant total des dommages.*

A.

**AUZOUER EN TOURAINE 1988**



Source : SDIS

A.

*PASADENA, TEXAS, USA 1989*



B.

***Cette molécule devient aujourd'hui un levier pour la transition énergétique (objectif de neutralité carbone à l'horizon 2050).***

*« Plan de déploiement de l'hydrogène pour la transition énergétique » (2018)*

*« Stratégie nationale pour le développement de l'hydrogène » (2020)*

B.

*L'énergie contenue dans l'hydrogène peut être récupérée de 2 manières :*

*- En le brûlant*

*- Par une pile à combustible : l'hydrogène est couplé à un apport d'air; permet de produire de l'électricité en ne rejetant que de l'eau.*

B.

***Applications :***

***Outre les industries pétrolière et chimique, secteurs de l'énergie et de la mobilité :***

- ***réseaux de gaz (mélangé au méthane, pour produire de la chaleur) ou électriques (pour produire de l'électricité)***
- ***véhicules à motorisation électrique, il est un carburant (électricité produite par une pile à combustible)***

**II.**

**CADRE JURIDIQUE**

## A. CADRE JURIDIQUE

**loi n° 2019-1147 énergie climat du 8 novembre 2019** définit un cadre applicable à l'hydrogène

⇒ ordonnance relative à l'hydrogène adoptée le **17 février 2021**

***But poursuivi par l'ordonnance : mécanisme de soutien à l'hydrogène renouvelable et bas carbone (et non à l'hydrogène carboné)***

## A. CADRE JURIDIQUE

*Trois catégories d'hydrogène ont été créées :*

- ***l'hydrogène renouvelable***

(produit à partir d'énergies renouvelables en émettant très peu de CO2

Ex : électrolyse eau électricité renouvelable)

- ***l'hydrogène bas carbone***

(sa production émet très peu de CO2 mais n'est pas issue d'énergie renouvelable;

Ex : électrolyse eau électricité issue du nucléaire)

- ***l'hydrogène carboné***

(produit à partir d'énergies fossiles, ou d'énergies renouvelables dont la production dépasse le seuil de CO2 défini par l'ordonnance)

## A. CADRE JURIDIQUE

*les avantages de l'hydrogène dépendent de la source d'énergie primaire et du mode de production utilisés*

*Problème :*

*aujourd'hui l'hydrogène est produit principalement (94%) à partir d'énergies fossiles (pétrole, charbon, gaz naturel);*

*Mais grâce aux progrès de l'électrolyse, l'objectif bas carbone peut être atteint*

## B. NATURE JURIDIQUE

### Qualification de l'hydrogène :

**L'HYDROGENE** n'est pas une source d'énergie, mais un **VECTEUR ENERGETIQUE**

*Un élément chimique qui doit être produit et stocké, avant d'être utilisé*

### Définition légale :

*« un gaz composé [...] de molécules de dihydrogène, obtenu après mise en œuvre d'un procédé industriel » (Article L.811 du Code de l'énergie)*

## B. NATURE JURIDIQUE

**Il dispose d'une matérialité, il est appropriable et a une valeur économique c'est un bien meuble corporel**

**En tant que bien, il peut faire l'objet d'un commerce juridique :  
contrats de vente ou d'entreprise ?**



*(Pour l'électricité, certains avaient estimé que l'électricité ne pouvait faire l'objet que de contrats de prestations, dans la mesure où ces contrats comprennent une part très importante de prestations (production, transport ou distribution de l'énergie))*

***Aujourd'hui, il existe des marchés de l'énergie et la vente d'hydrogène bénéficie d'une législation particulière : Code de l'énergie, articles L. 85-1 et suivants  
=> Contrats de vente d'hydrogène***

**III.**

**REGLEMENTATION**

**A.**

**L'usage de l'hydrogène est réglementé dans l'industrie afin de limiter les risques d'inflammation et d'explosion,**

**à chaque étape :**

- **production,**
- **stockage,**
- **transport,**
- **utilisation**

## A.

### Panorama de la Réglementation

- **Étiquetage et marquage** des contenants de l'hydrogène (divers textes européens et nationaux)
- **Transport en canalisation** (code de l'environnement)
- **Transport routier, ferroviaire, fluvial** Cf Réglementation transport marchandises dangereuses
- **Chariots élévateurs à hydrogène gazeux** (Arrêté du 26/11/15)
- **Stockage** (Arrêté du 12 février 1998 – ICPE)
- **Production** (Directive européenne, code de l'environnement, ICPE)
- **Combustion** (Directive européenne, code de l'environnement, ICPE)
- **Distribution** (Arrêté du 22 octobre 2018 – ICPE- station de distribution d'hydrogène gazeux)
- **Homologation des véhicules hydrogène** (règlements européens, arrêté du 11 janvier 2021 ...)
- **Équipements sous pression** (directive 2014/68/UE, Code de l'Environnement, Décret n°2015-799 et arrêté du 20 novembre 2017)
- **ATEX** (Directives européennes et arrêtés français)
- **Code de l'environnement et Code de l'urbanisme** (dont ICPE)

Source : France Hydrogène <https://vigny.francehydrogene.org/ressources/documentaires/>

Ce travail réglementaire relatif à la sécurité et à la prévention des risques se poursuit.

B.

Notamment, l'industriel doit :



Evaluation des risques sécurité et bonnes pratiques :

- mesures de précaution,
- Quantifier les risques et les ramener à un niveau acceptable.



Maîtrise des risques dispositifs de mesure des gaz, d'alarme : la détection de gaz est considérée comme le premier instrument de protection contre explosions

Formation du personnel

A noter : plus de 70 % des accidents impliquant de l'hydrogène ont une origine organisationnelle ou humaine

**B.**

**Les points faibles des installations à surveiller sont en particulier :**

**- les vannes d'isolement,**

**- Les organes de raccordement et les joints associés  
(mode de serrage de ces équipements)**

**En effet, à l'état liquide ou gazeux, l'H<sub>2</sub> est très sujet aux fuites**  
(basse viscosité, faible masse moléculaire ; le taux de fuite de l'hydrogène liquide est notamment 50 fois supérieur à l'eau, et 10 fois supérieur à l'azote liquide)

C.

**CADRE RÉGLEMENTAIRE QUASI INEXISTANT EN FRANCE POUR LES APPLICATIONS GRAND PUBLIC (transports, habitations)**



**En Allemagne, des réglementations existent pour :**

- stockage et recharge des batteries de véhicules à pile à combustible
- exploitants de parc tramways ou de bus à hydrogène

**En France:**

**Le nombre de véhicules à hydrogène en circulation se limite aujourd'hui à 500**

**Le nombre de stations service est de l'ordre d'une cinquantaine.**



**Réflexions en cours notamment pour le secteur des transports :**

- Fuites en espaces confinés (Tunnels, parkings ...)
- Stations de recharge en hydrogène

C.

**Accident Station de recharge en hydrogène : NORVEGE 2019**



**IV.**

**RESPONSABILITES**

## A. Responsabilité administrative



**ICPE, Seveso**

**Ecarts, non-conformités à la réglementation, ou à l'arrêté d'exploitation**

**=> Sanctions administratives et pénales**

**(La DREAL peut constater les contraventions ou délits)**

## B. Responsabilité pénale



**Infractions au code pénal, code du travail, code de l'environnement**

**notamment en cas dommage corporel**

**Procureur peut ouvrir une information judiciaire**

**Juge d'instruction peut être saisi et instruire**

**Ex: destruction involontaire par incendie ; mise en danger de la vie d'autrui ; exploitation nonconforme d'une installation classée**

## C. Responsabilité civile

La RC peut être d'origine contractuelle ~~o~~ extra-contractuelle

### 1/ Contractuelle:

Contrats mis en place pour la réalisation d'installations utilisant l'hydrog

=> études, conception, réalisation, maintenance, exploitation

## C. Responsabilité civile

### 2/ Extra-contractuelle:



#### Vis-à-vis des tiers

RC du fait des choses ce n'est pas le gaz lui-même qui sera en cause, mais plutôt les conditions de sa mise en œuvre (capacité utilisée, dispositifs de sécurité, fuites, erreurs humaines ...)

jp en matière d'explosion de gaz est transposable *instrument du dommage* (Cass. 2e civ., 11 juin 1975 : JurisData n°1975-099173), « *dynamisme propre* » : rôle joué par l'énergie



le dégagement d'hydrogène à l'origine de l'explosion d'une bombe aérosol a conduit à l'application du régime de la responsabilité du fait des choses (Cass. Paris, ch. 1, 29 janv. 1982 : JurisData n°1982-023747)

Attention à la distinction explosion ou incendie : pas même régime 1384 al1 ou al2

## C. Responsabilité civile

### RC Produits défectueux

le produit concerne *«tout bien meuble»* art12452 cciv ; l'hydrogène est un bien meuble corporel, même si issu d'une source énergie renouvelable (à eau, soleil)

Mais le produit défectueux sera souvent l'élément contenant le gaz et non le gaz lui-même

Ex: défectuosité d'une batterie en raison de fissures ayant conduit à l'accumulation d'hydrogène et à son explosion (CA Aix-Provence, 10e ch 21 avr. 2016, n° 14/2314)

## C. Responsabilité civile

### Transports

**Loi de 1985 sur accidents circulation : régime très large**

**Tout accident dans lequel est impliqué un VTM**

**Si incendie provient de la fonction déplacement du véhicule, la loi est applicable à l'exclusion de tout autre régime de RC**

V.

**ASSURANCES**

A.



**Les projets énergétiques qui impliquent l'hydrogène sont souvent complexes**

**Plusieurs intervenants, plusieurs contrats (*us-traitance, ingénierie, approvisionnement, construction, stockage, exploitation ...*)**

A.

**Risques :**

- **Dommmages matériels**
- **pertes d'exploitation,**
- **responsabilité civile,**
- **risques politiques**
- **terrorisme**
- **risques technologiques**

B.

*Des cabinets de courtage (Marsh ..) proposent des solutions en faisant appel à des spécialistes en gestion des risques et assurances liés à l'hydrogène*



*Objectif : réduire les risques et obtenir une couverture d'assurance appropriée (type de garanties, montants à souscrire)– Prévention, gestion des risques, choix de conception initiaux dans un projet industriel*

*Assureurs accent sur la prévention, avec diverses recommandations*

*(FMGlobal - Property Loss Prevention Data Sheets 7-91 sur l'hydrogène)*

