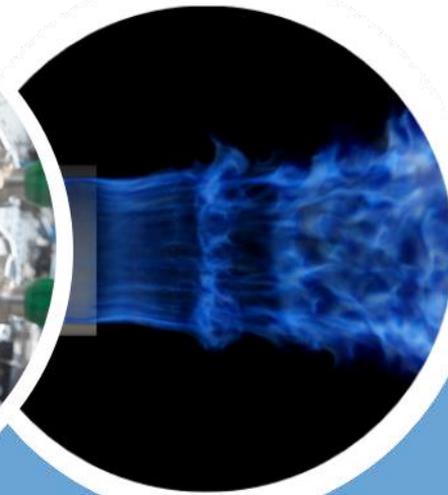
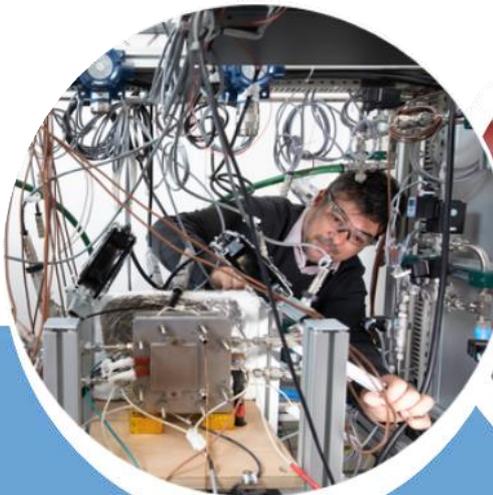
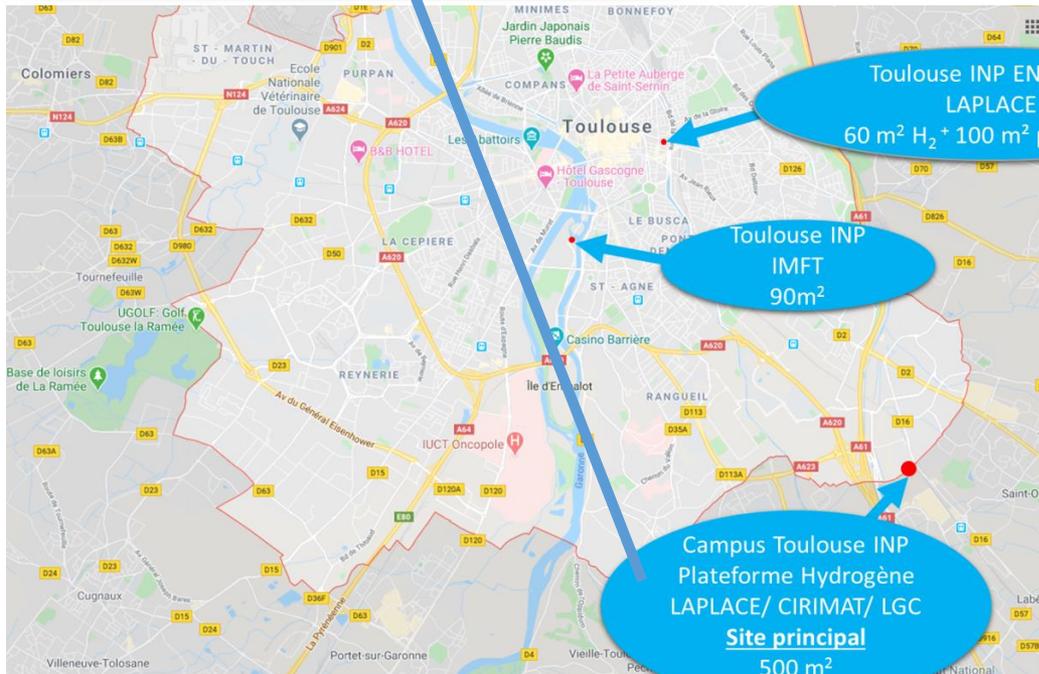


Projets Hydrogène : maîtriser la sécurité de la conception à l'usage Retour d'expérience de la Plateforme Hydrogène de Toulouse



Christophe TURPIN (turpin@laplace.univ-tlse.fr)
Olivier RALLIERES (rallieres@laplace.univ-tlse.fr)

La plateforme Hydrogène



Toulouse INP ENSEIHT
LAPLACE
60 m² H₂ + 100 m² μ-réseaux

Toulouse INP
IMFT
90m²

Campus Toulouse INP
Plateforme Hydrogène
LAPLACE/ CIRIMAT/ LGC
Site principal
500 m²

Sécurité Hydrogène

- **La combustion est une réaction chimique qui nécessite la mise en présence d'un combustible, d'un comburant et d'une source d'inflammation.**



Combustible : matière susceptible de brûler (hydrogène)

Comburant : permet la combustion en se combinant avec le combustible (oxygène de l'air)

Energie d'activation : énergie minimum nécessaire au démarrage de la réaction

- **Pour éviter la combustion, il suffit de supprimer une des trois conditions**

Sécurité Hydrogène

➤ Rappel sur les gaz :

- Les gaz inflammables sont susceptibles de s'enflammer à condition de présenter un mélange de comburant et de combustible en proportions spécifiques à chaque matière.

Propriétés	Unités	Hydrogène	Méthane	Propane
Limites d'inflammabilité dans l'air (LIE-LSE)	Vol%	4 - 75	5.3 - 15	2.1 – 9.5
Limites de détonation dans l'air (LID-LSD)	Vol%	18.3 - 59	6.3 – 13.5	3.1 - 7
Energie minimale	mJ	0.02	0.29	0.26

➤ Température d'auto inflammation de l'hydrogène : 540 °C

Sécurité Hydrogène

- **Prévention des explosions / Protection contre les explosions :**
 - L'employeur prend les mesures techniques et organisationnelles par ordre de priorité suivant :
 - Empêcher la formation d'atmosphères explosives
 - Si la nature ne le permet pas, éviter l'inflammation d'atmosphères explosives
 - Atténuer les effets nuisibles d'une explosion dans l'intérêt de la santé et de la sécurité des travailleurs

Sécurité Hydrogène

- Deux niveaux pour la protection : le banc d'essais et la salle de manipulation.



- Il faut commencer à déterminer le classement de la zone en tenant compte de la stratégie de sécurité envisagée :
 - **On peut mettre tous les équipements ATEX IIC mais est-ce suffisant ?**
 - **La pile à combustible n'est pas ATEX de par sa conception. Elle met en jeu des gaz, de l'eau, de l'énergie électrique et de la chaleur.**
- **Il faut aussi penser à faire une analyse de risque : ne pas oublier le risque d'anoxie par exemple.**

Sécurité Hydrogène

➤ Sécurité du banc d'essais – détection gaz ou fumée

- Si détection hydrogène niveau 1 (>30% LIE) : buzzer sur centrale pour avertir d'une détection d'hydrogène dans le banc.
- Si détection hydrogène niveau 2 (>50% LIE) : Arrêt électrique du banc -> Mise en sécurité du banc d'essais
- Que signifie « Mise en sécurité du banc d'essais »
 - Coupure électrique des organes se trouvant dans l'environnement de la fuite.
 - Cette coupure entraîne automatiquement l'arrêt des gaz actifs (hydrogène et air) et lance un balayage d'azote sur les compartiments anodiques et cathodiques du composant. Dans le même temps le circuit de puissance de la pile est ouvert (contacteur, arrêt de charge électrique). L'arrêt du système de régulation en température du composant est lui aussi effectué.

Sécurité Hydrogène

➤ Sécurité de la salle de test :

- Choisir un système de détection de gaz :
 - Nombre de capteurs et positionnements
 - Liaisons analogiques ou numériques
 - Asservissements pour la sécurité

- Si manque d'oxygène (<19% O₂) : ventilation de la salle, enclenchement sirène pour évacuation des personnes. Pas d'autres actions nécessaires.
- Si détection hydrogène niveau 1 (>30% LIE) : ventilation de la salle, enclenchement sirène pour évacuation des personnes et appels responsables plateforme.



Sécurité Hydrogène

➤ Sécurité de la salle de test :

- Si détection hydrogène niveau 2 (>50% LIE) : ventilation de la salle, enclenchement sirène pour évacuation des personnes, mise en sécurité plateforme et appel responsables.
- Que signifie « Mise en sécurité plateforme »
 - Coupure électrique depuis le local TGBT, coupure et dépressurisation de la ligne d'hydrogène.
 - Resteront alimentés électriquement les extracteurs ATEX IIC, les capteurs de gaz et la centrale gaz ATEX IIC. Les BAES, à cause de leurs batteries seront encapsulés dans un boîtier ATEX IIC.



- L'ensemble des systèmes non ATEX IIC doivent être non alimentés : Détecteurs incendie, alarme intrusion, éclairage, informatique, climatisations.

Sécurité Hydrogène

➤ Particularité des essais de systèmes (prototypes industriels):

- Le système a ses propres sécurités
- La salle a ses propres sécurités
- Ajout d'une couche de sécurité intermédiaire :
 - Hotte + autres détections (H2, Feu)
 - Asservissements associés : Coupure des gaz, mise en route ventilation



Sécurité Hydrogène

➤ Les vérifications :

- Contrôle du système de détection de gaz et des asservissements tous les six mois (nécessite un arrêt complet des installations car on déclenche l'ensemble des sécurités : coupures électriques, fluidiques, alarmes sonores et lumineuses, appels téléphoniques)
- Contrôle des ventilations tous les ans (10 fois le volume par heure) : vitesse du flux d'air. **Attention au sens de rotation des extracteurs** : ce type de composant aspire dans les deux sens de rotation mais pas avec les mêmes débits.
- Contrôle des lignes de gaz tous les ans

Sécurité Hydrogène

➤ Stockage

- Fonctionnement vanne pneumatique trois voies (coupure et dépressurisation des lignes d'hydrogène)
- Vérification du fonctionnement de l'électrovanne de conversion électro-pneumatique.
- Changement des flexibles de gaz entre le stockage et la centrale de distribution.



Sécurité Hydrogène

➤ Réglementation pour le stockage d'hydrogène

Dépôt	Equivalent en bouteille B50	Législation
$Q < 100\text{kg}$	$Q < 134$	Pas de législation Implantation du dépôt : se rapprocher le plus possible de l'implantation de l'installation soumise à DECLARATION
$100\text{kg} \leq Q < 1\text{t}$	$134 \leq Q < 1334$	Législation des installations classées Installation soumise à DECLARATION Arrêté du 12 février 1998 (rubrique 4715 I.C.P.E)
$Q \geq 1\text{t}$	$Q \geq 1334$	Législation des installations classées Installation soumise à AUTORISATION

1 bouteille B50 à 200 bars contient environ 750 grammes d'hydrogène



Sécurité Hydrogène

➤ Réglementation pour le stockage d'hydrogène

REGLES POUR L'IMPLANTATION DES STOCKAGES SOUMIS A DECLARATION

Dénomination	Rubrique I.C.P.E.	Arrêté	Quantité soumise à déclaration	Règles d'implantation			Stockage d'autres produits * * sauf indications + contraignantes d'un arrêté type applicable pour les gaz concernés						Moyens de secours contre l'incendie	
				(sol 1) limite de propriété	(sol 2) mur		Compatibilité de stockage	Incompatibilité de stockage	(sol. 1) distance	(sol. 2) mur				
					CF	hauteur				avancée	CF	hauteur		Avan-cée
Acétylène	4719	10 mars 1997	$250\text{kg} \leq Q < 1\text{t}$	8 m	2 h	3 m ou hauteur toiture	5 m de contournement	Gaz non inflammable et non comburants	Gaz inflammable et comburants	8 m	2 h	3 m	1 m	2 poudres 9 kg + 1 poste d'eau équipé pour arrosage éventuel des bouteilles d'acétylène
Hydrogène	4715	12 février 1998	$100\text{kg} \leq Q < 1\text{t}$	8 m	2 h	3 m ou hauteur toiture + prolongé par un auvent (MO, PF 1h, l = 3 m)	2 m	Gaz non inflammable et non comburants	Gaz inflammable et comburants	8 m	2 h	3 m	1 m	1 poudre 50 kg sur roues + 1 RIA 40mm
Oxygène	4725	10 mars 1997	$2\text{t} \leq Q < 200\text{t}$	5 m	2 h	3 m ou hauteur toiture	5 m de contournement	Gaz non inflammable	Gaz inflammable	5 m	2 h	3 m	1 m	$Q \leq 15\text{t}$: 1 poudre 9 kg $15\text{t} < Q \leq 30\text{t}$: 1 pdre + 1 eau pulv. 9 kg $30\text{t} < Q \leq 75\text{t}$: 1 pdre 9 kg + 1 RIA $Q > 75\text{t}$: 2 pdres 9 kg + 2 RIA + 1 BI 100 mm (ou rés. d'eau 125 m3) à - de 100 m

Sécurité Hydrogène

- **Vers le technocampus dédié à l'hydrogène vert sur le site de Francazal pour 2024**
 - Utilisation du retour d'expérience de la plateforme actuelle qui déménagera sur le site
 - Augmentation des quantités d'hydrogène
 - Stratégie de sécurité hydrogène sur les bâtiments et le stockage
 - Production d'hydrogène par électrolyse de l'eau

Questions ?

