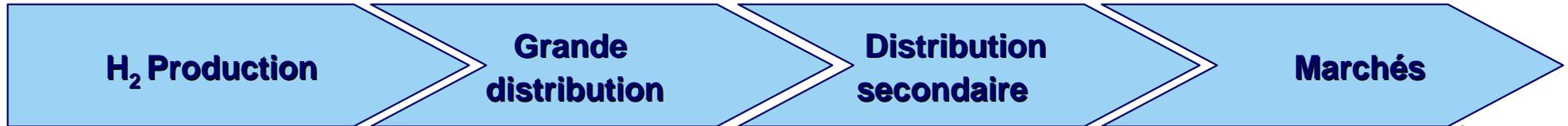




Hydrogène énergie :
Une perspective industrielle

Air Liquide et l'hydrogène énergie

Air liquide est présent sur l'ensemble de la chaîne logistique de l'hydrogène énergie



Réglementations, Normes, Sécurité



SMR, Electrolyse purification, liquéfaction



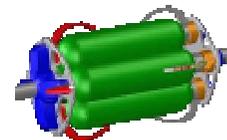
Camions



Canalisations



Stations de remplissage



Stockage et conditionnement innovants pour le gaz comprimé



Réservoirs cryogéniques pour véhicules



Propulsion Spatiale

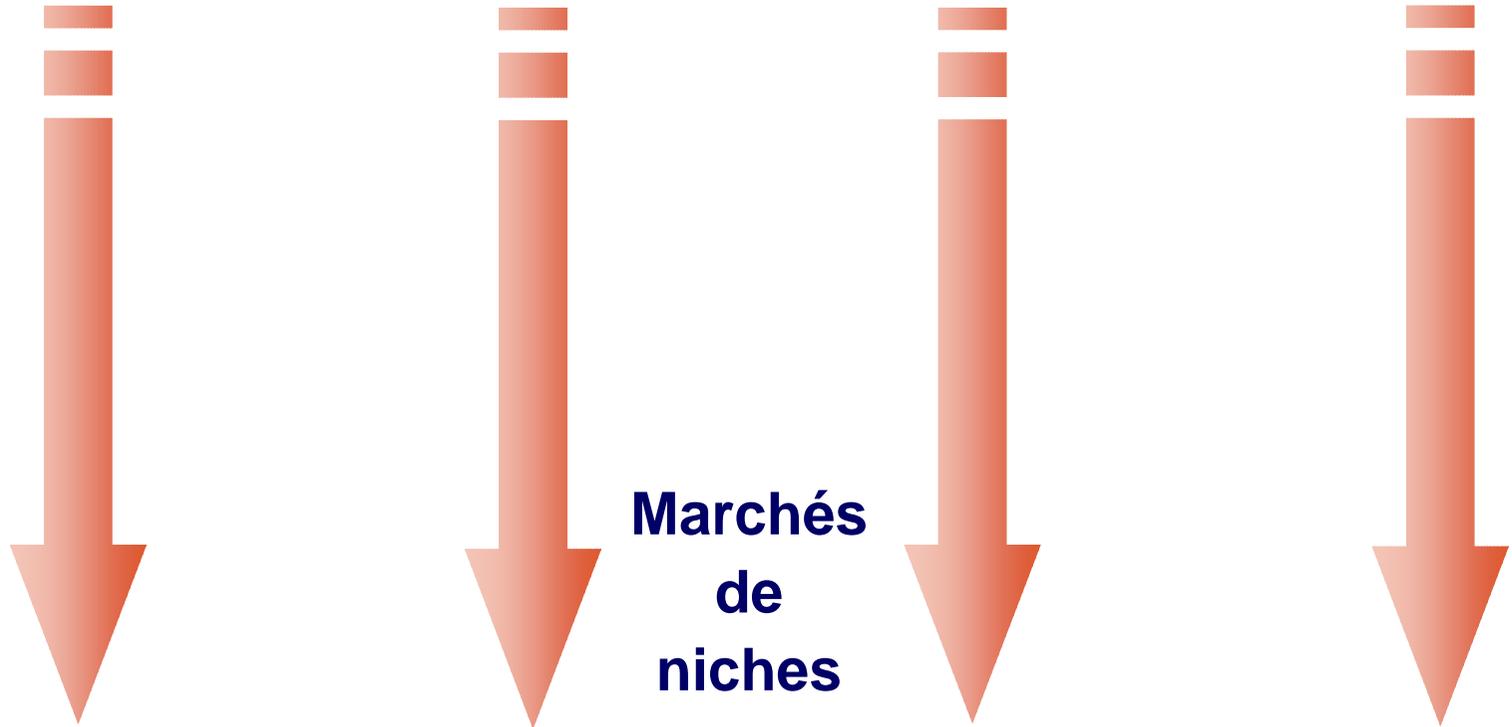
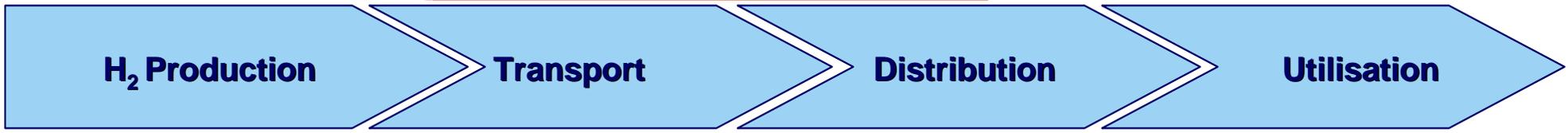


PEM Fuel Cells



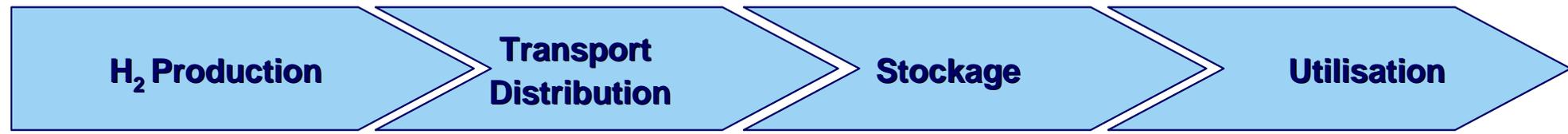
Stratégie

Expertise industrielle



Marchés de niches

Adaptation aux besoins de l'hydrogène énergie



Application transport / véhicules

Production



**Centralisée (> 1000 m³/hr)
Essentiellement SMR ou POX + PSA**



**> 200 usines
500 M€ investis en 3 ans
> 3 milliards m³ H₂ /an**

Décentralisée sur sites (50- 1000 m³/hr) :
Petits reformeurs Electrolyseurs



Production

Distribution



> 1000 camions

**12 réseaux de
canalisations dans le
monde**



Production

Distribution



Stations de remplissage

Stations de remplissage

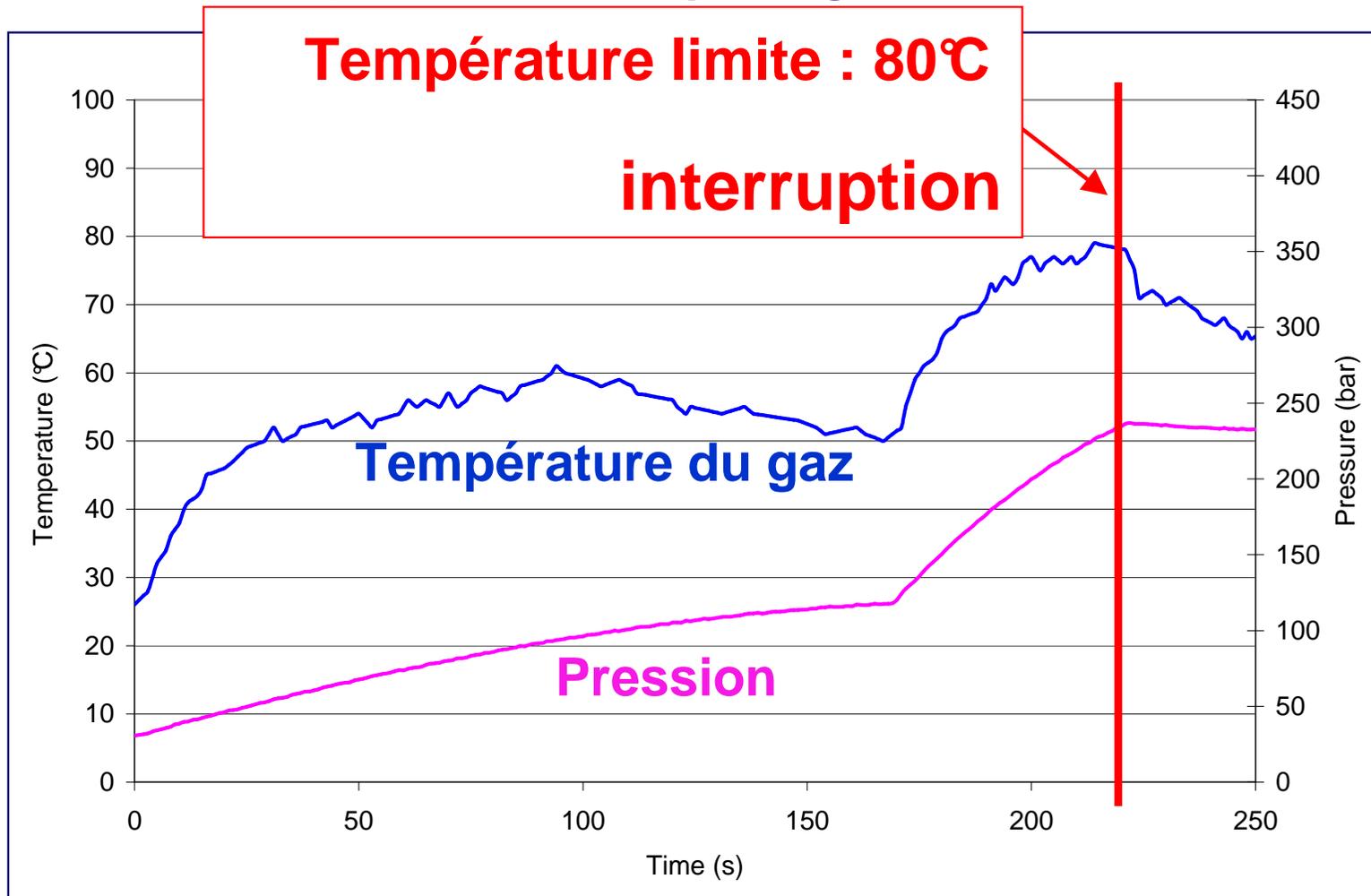


Station	Pilot Plant in France	Madrid (CUTE)	Kawasaki (FCHV)	Luxembourg (CUTE)	Mobile Shanghai	Singapore (BP)
Start-up	January 2003	May 2003	August 2003	October 2003	October 2004	September 2005
Mode of Supply	Cylinders	SMR + Tube Trailers	Methanol Reformer	Tube Trailers	Tube Trailer	Electrolyzer

Remplissage: évaluation du risque par l'expérience

Température limites d'un réservoir 350bar, 150L, type 3 : -40 / +85°C

Conditions de remplissage : pression initiale = 30bar, température ambiante=25°C, vitesse de remplissage=1bar/s



**350bar, 150L,
type 3 courbes
de remplissage**

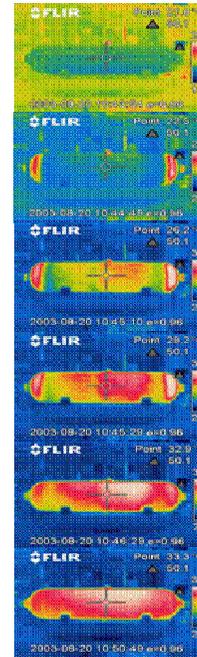
Problématique du remplissage

Remplissage rapide



Augmentation de la température...

...pour un transfert optimal



Haute pression



Source : CEA, Ullit

... qui peut endommager le réservoir

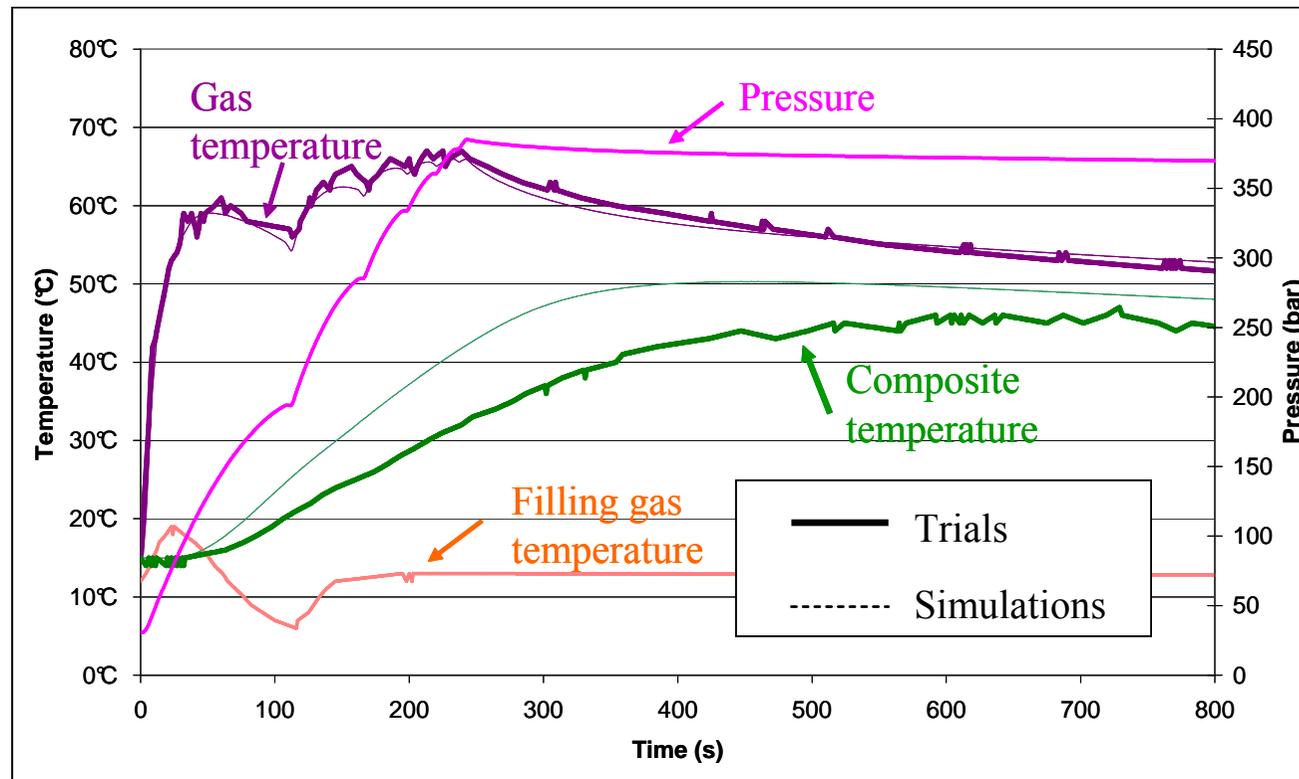
... dans la plage d'utilisation du réservoir

Comment contrôler le remplissage...

...sans mesure de la température dans le réservoir

Outil de simulation du remplissage : model 0D

- Programme de simulation développé par Air Liquide capable d'estimer l'évolution de la température dans le réservoir en fonction des conditions de remplissage



Courbes de validation du modèle 0D

- Caractérisation de l'augmentation de la température pendant un remplissage rapide

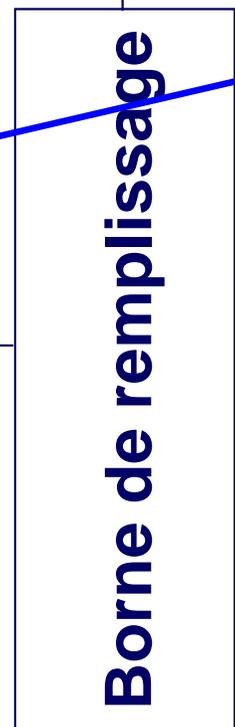
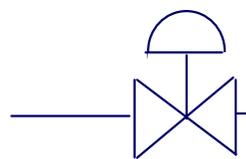
Paramètres pour le remplissage

Station

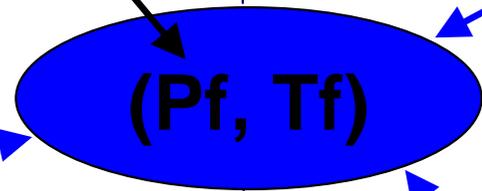
Conditions opératoires

Pression flexible =
pression réservoir

Vitesse de
remplissage



P

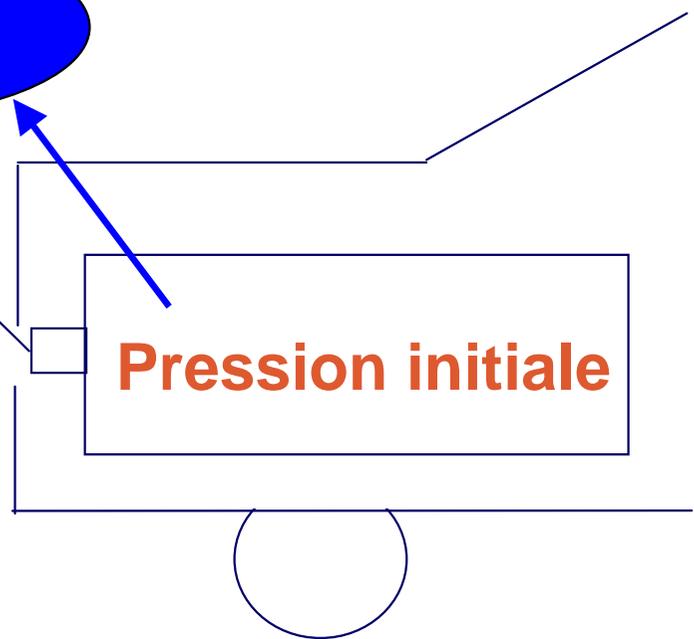


Vehicule

Paramètres imposés

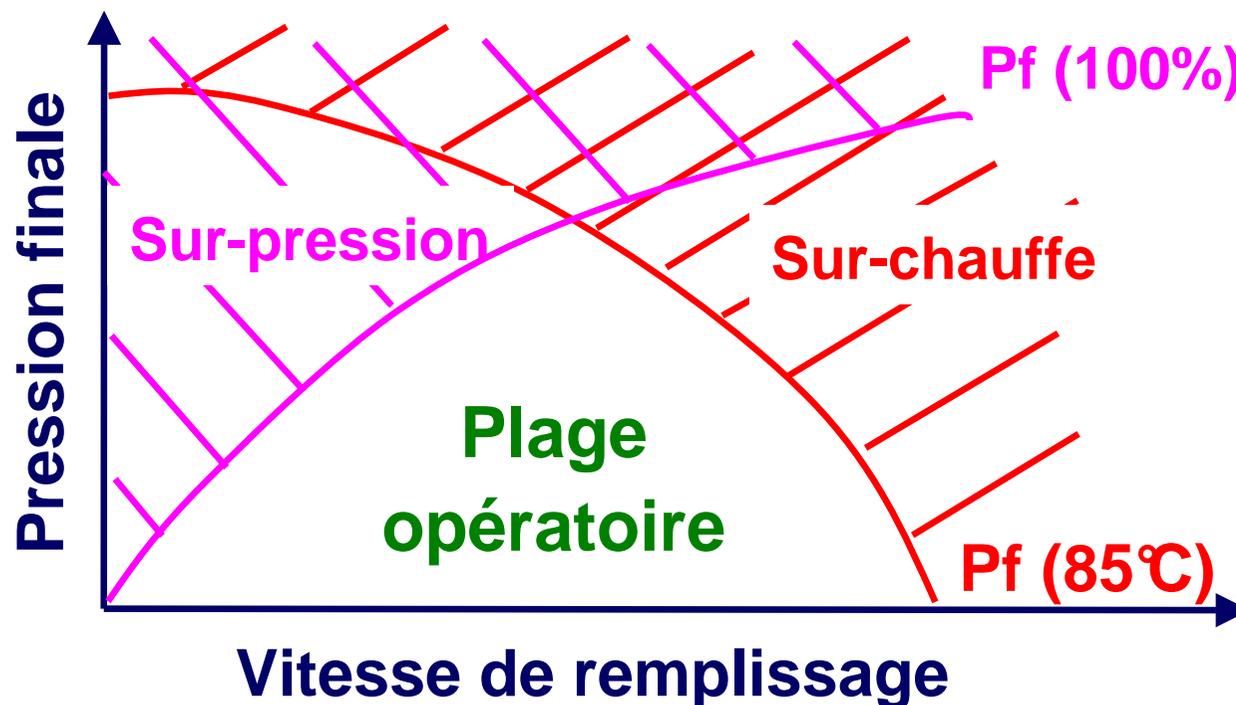
Température ambiante

Pression initiale



Protocole de contrôle

- 2 relations définies par régression à partir des conditions prévues :
 - ✓ $Pf_{100\%}$ = pression finale pour remplir à 100%
 - ✓ $Pf_{85^{\circ}\text{C}}$ = pression finale pour atteindre la température maximale
 - ✓ $Pf_{100\%}$ and $Pf_{85^{\circ}\text{C}}$ = $f(\text{pression initiale, température ambiante, vitesse de remplissage})$
- Un algorithme de contrôle : pression de remplissage maximale = $\text{Min} \{Pf_{100\%} ; Pf_{85^{\circ}\text{C}}\}$



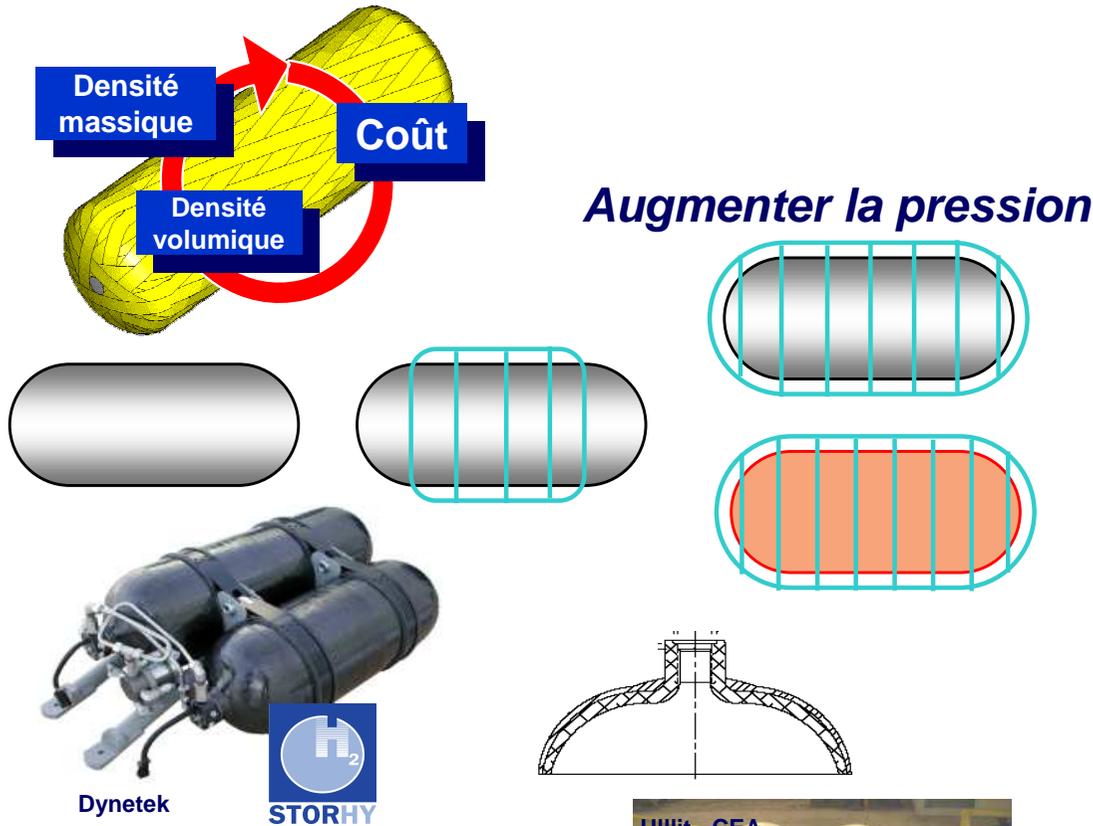
*pour une
pression initiale
donnée et une
température
ambiante*

Démonstration d'une station à Shanghai



Bibendum Challenge Oct 2004

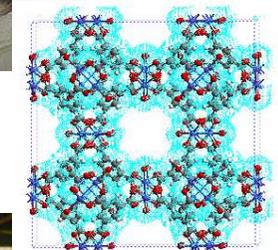
Stockage haute pression en réservoir composites Adsorption basse pression et stockage chimique



Hydrures chimiques



NESSHY



CNRS



Diminuer le poids

Ullit - CEA



Hydrures métalliques

Réservoirs LH2 innovants

Nouveau concept de réservoirs légers pour les véhicules ou les navettes spatiales

**DTA
CRYOSPACE**

- Réservoir à paroi fine isolé sous vide pour l'automobile
- Réservoir composite pour les applications spatiales
- Réservoir isolé par mousse avec système de refroidissement actif

Réservoir cylindrique



Réservoir plat



Réservoir ultra-léger



Production

Distribution

Applications Industrielles



Production



Distribution



Applications Energie



PEM Fuel Cell systems



- ✓ Filiale 100% Air Liquide
- ✓ Créée en Mai 2001
- ✓ Située à Grenoble (France) sur le site High-tech d'Air Liquide





Stationary



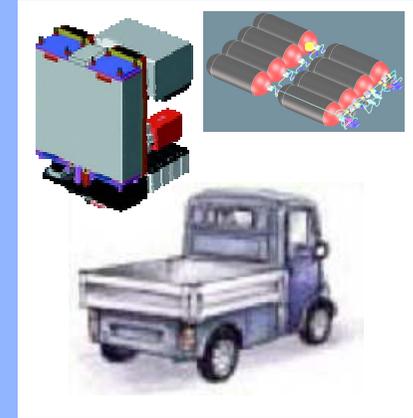
**Base load supply
or UPS**



Portable



**All purpose generator
set applications**



Integrated on board



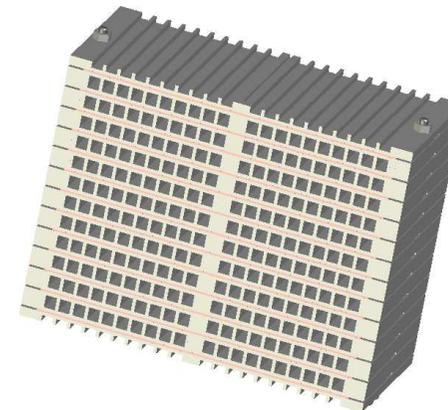
**On board system for APU
or vehicle propulsion**



Gestion thermique des PEMFC

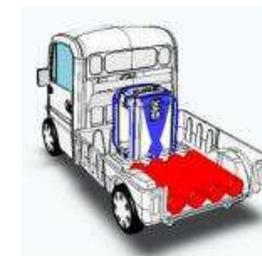
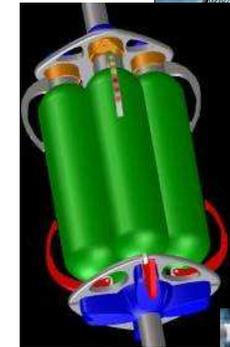
Refroidissement par air

Homogénéité des températures des AME tout en respectant les contraintes « système »



Conclusions

- **Opportunités de marchés à court termes**
- **Levier de croissance pour nos technologies**
- **Domaines d'intérêt:**
 - ✓ Production propre d'H2
 - ✓ Stockage d'H2
 - ✓ Remplissage de l'H2
 - ✓ PEMFC
 - ✓ Sécurité et manutention liées à l'H2



L'infrastructure hydrogène dans le futur...

