



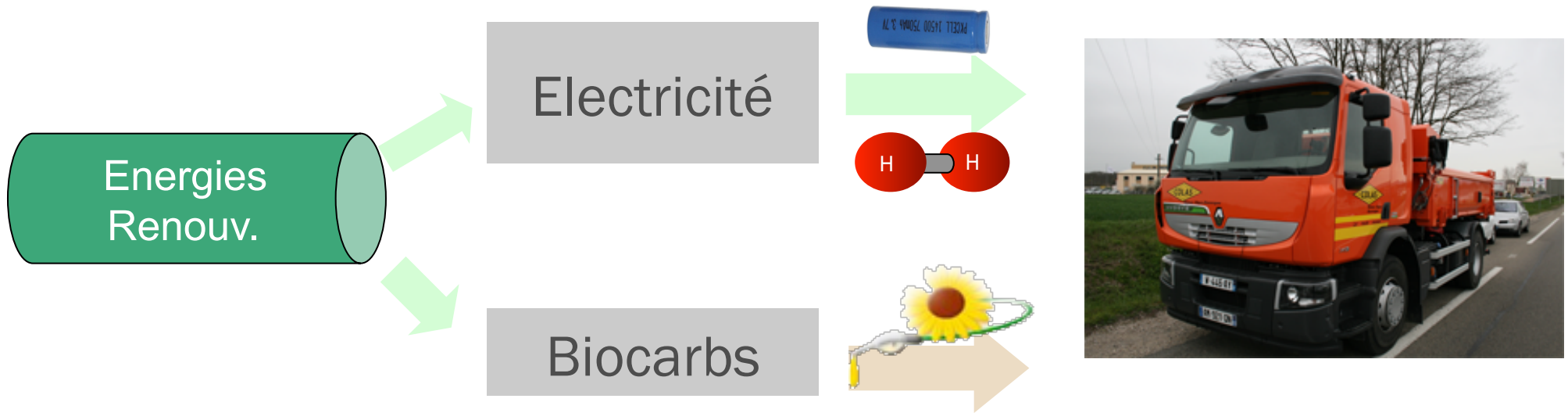
# LES APPLICATIONS TRANSPORTS : FORTES PUISSANCES ET VÉHICULES LOURDS

ENR Lyon - 02/2011





# LES SOLUTIONS POUR REMPLACER LE GASOIL

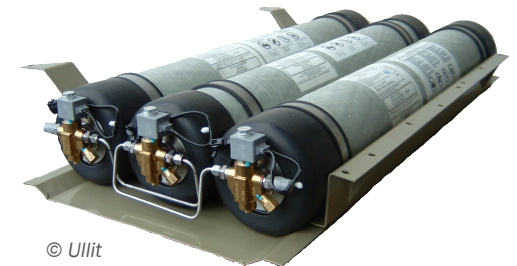
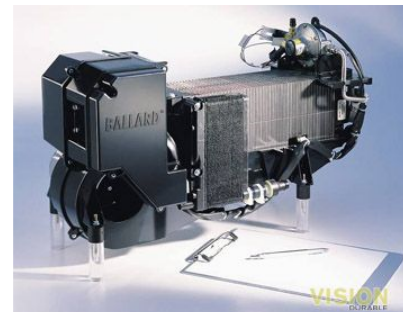
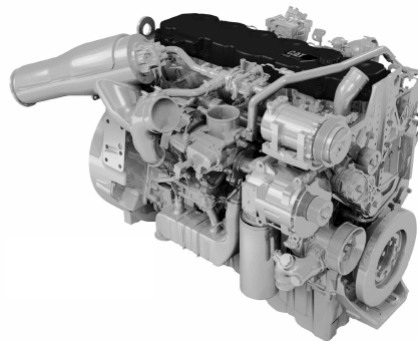
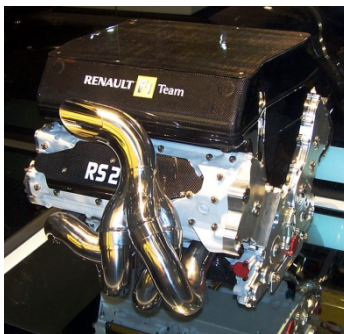




# VÉHICULE LOURD : LE FIL OU LE BOULET !

Comparé au Diesel :

	Hydrogène	Batteries
Volume	≈ x5	≈ x30
Masse	≈ x4	≈ x40



© Ullit

➔ Pose le problème du manque de véhicules électrifiés, hormis les tram/trolley !



# L'HYDROGÈNE EST LÉGER...



≈ 3x plus d'énergie par kilo que le gazole,  
mais 3000x moins par litre !

➔ *Il va falloir compresser, ou liquéfier*

<i>Pouvoir calorifique inférieur (PCI)</i>	<i>3 kWh/Nm<sup>3</sup>, 33kWh/kg</i>
<i>Densité gazeuse</i>	<i>0,08988 kg/Nm<sup>3</sup></i>
<i>Densité liquide</i>	<i>70,79 kg/m<sup>3</sup></i>
<i>Energie de liquéfaction</i>	<i>3,92 kWh/kg</i>

*\*Nm<sup>3</sup> = normo mètre cube = à 273 °K (0 °C) et 1013 millibars*



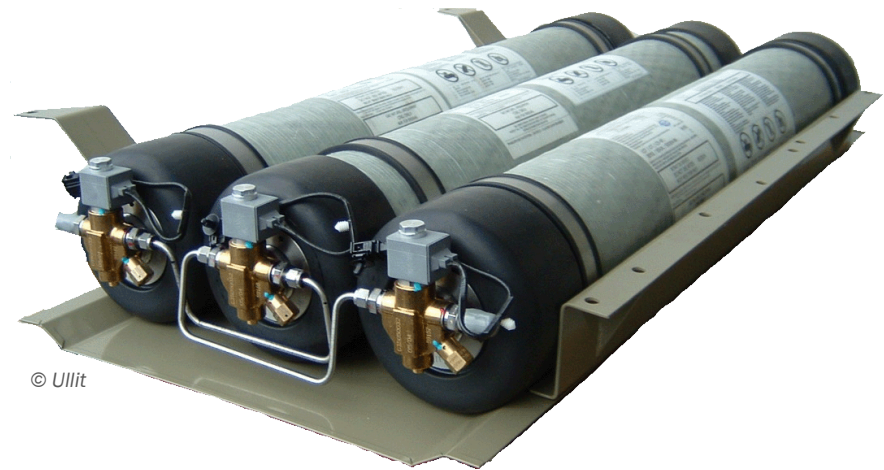
# MAIS, LE RÉSERVOIR PÈSE LOURD !



95% du poids est dans le réservoir en carbone !

Pour les meilleurs :

- 5.2 wt.% à 700 bars
- 14 wt. % liquide



© Ullit



# ALORS POURQUOI PAS L'HYDROGÈNE ?





# DE L'HYDROGÈNE ? C'EST DANGEREUX !



## Hindenburg

- Il a brûlé – pas explosé, et c'est surtout l'enveloppe qui a brûlé...

## Bombe H à Hydrogène

- Il faut certes une bombe A pour l'enclencher...

## « L'expérience de 2de »

- Electrolyse de l'eau + flamme  
= boum !





# COMPARÉ À DE L'ESSENCE...



*Photo from a video comparing an intentional hydrogen tank release and a small gasoline fuel line leak. After 60 seconds, the hydrogen flame has begun to subside, while the gasoline fire is intensifying. After 100 seconds, all of the hydrogen was gone and car's interior was undamaged (the maximum temperature inside the back window was 67°F). The gasoline car continued to burn for several minutes and was completely destroyed.*

*Dr. Michael Swain, University of Miami*

# PETIT RÉCAP DE LA DANGEROUSITÉ DU H<sub>2</sub>...



Sans odeur ni couleur

Plage d'inflammabilité grande

- 7x plus que le gaz naturel

Flamme invisible



Très léger et se diffuse très rapidement

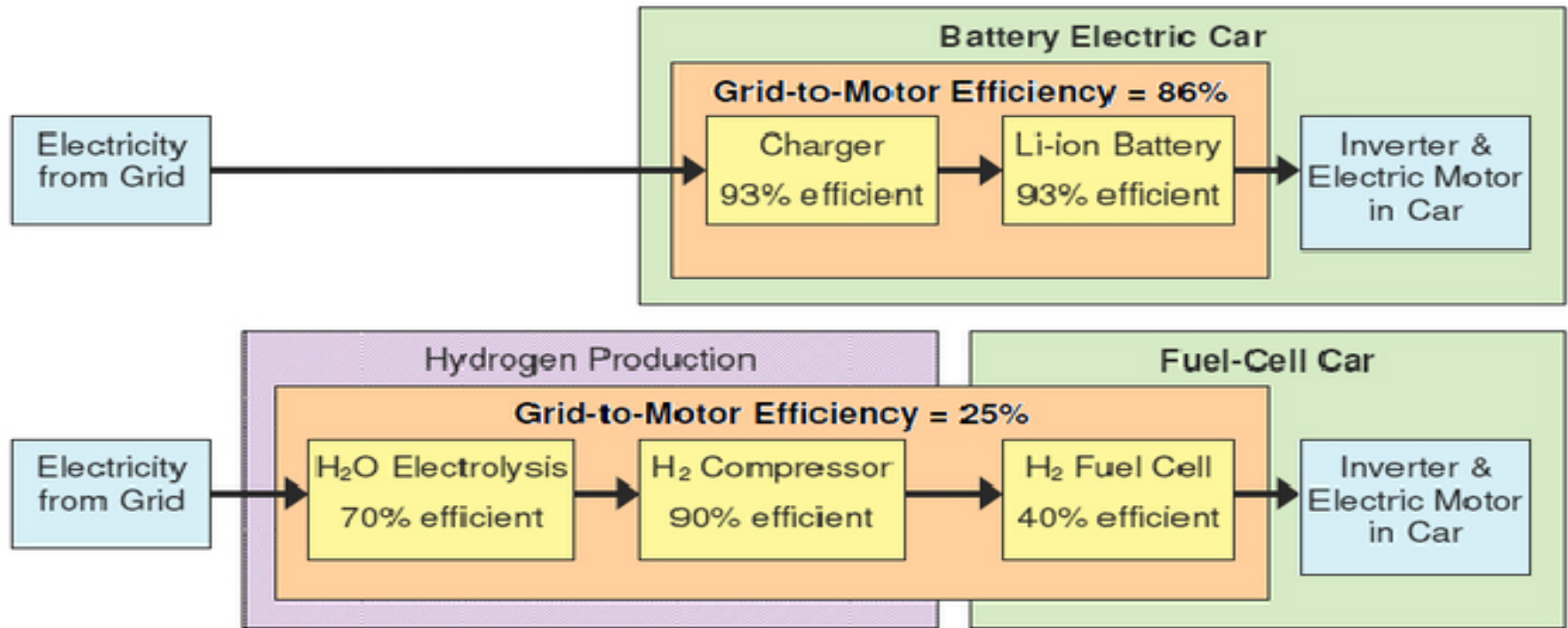
Limite de détonation « étroite »

Energie d'inflammation faible

- 14x moins que le gaz naturel

D'une manière générale, c'est un problème de **coût de couverture du risque**  
➔ Coût équivalent au gaz naturel !

# L'HYDROGÈNE ? UN MAUVAIS RENDEMENT !



Source CEA 2008



EN FAIT, C'EST COMPARABLE AU GAZOLE...

Le Gazole a un rendement de 20 à 30%

Alors que le pétrole et les moteurs thermiques dominant dans les transports depuis plus de 100 ans !

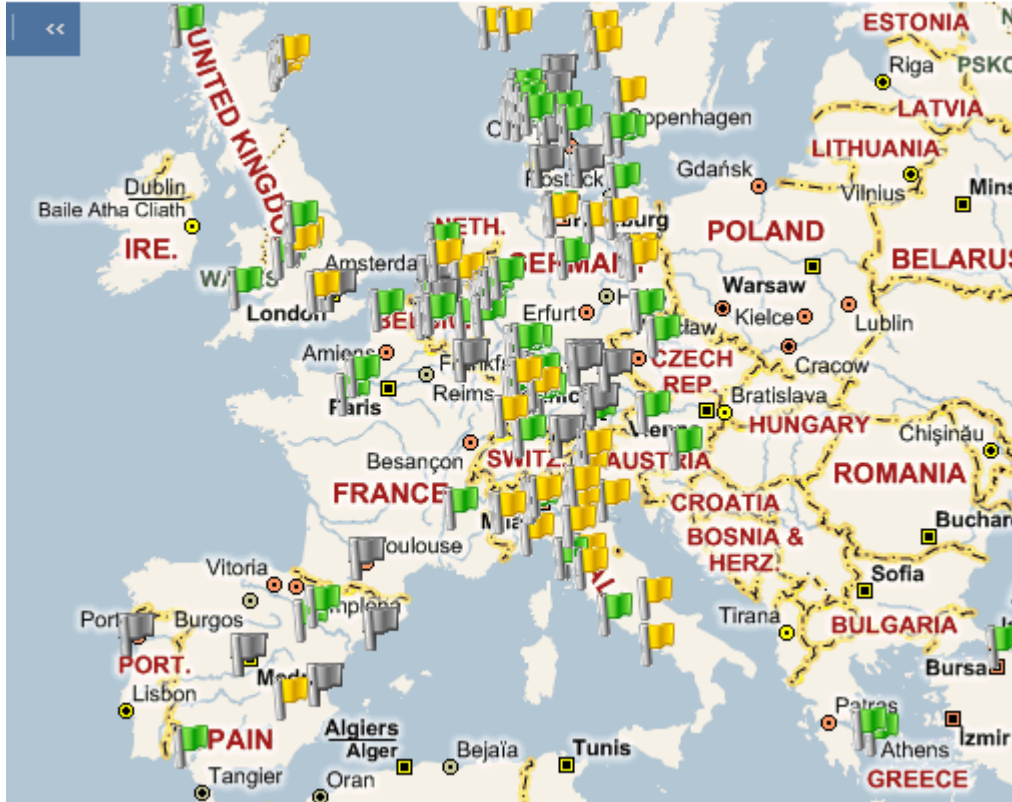
- Essence + Otto
- Gasoil + Diesel
- Kérosène + turbines




Conclusion : le rendement global n'est pas le critère qui fait le succès d'un vecteur énergétique !





# ET JE FAIS LE PLEIN OU ?



 in operation  planned  out of operation

<http://www.h2stations.org/>





## ET DE SON COTÉ, LE DIESEL FAIT DE LA RÉSISTANCE !



Le rendement des moteurs thermiques est faible, mais des solutions existent pour l'améliorer, ce qui les rend toujours plus compétitifs... et donc difficile à déboulonner !

- Hybridation
  - Seconde chaîne de traction : plus lourd et plus cher
    - Les premiers pas des courants forts dans des véhicules autonomes
- Optimisation de la combustion
  - HCCI, compression variable, optimisation résultante faible
  - Au prix d'une forte complexité et d'une augmentation du prix de la solution

Tout cumulé, le gain maximum espéré serait de 30%...





# PREMIÈRE CONCLUSION



## Moteurs thermiques sont confortablement installés

- Des années de R&D et d'investissements industriels et commerciaux
- Tant qu'il y aura du pétrole brut à pas cher...

## Hydrogène + PAC est une solution technique acceptable si :

- Le « prix au km » est raisonnable
- Avec un peu d'aide pour financer la R&D et l'adoption
- Des contraintes fortes sur le CO<sub>2</sub> et les polluants
- Et des taxes et un Bonus/Malus qui incitent



# L'HYDROGÈNE : LE DÉBUT D'UN CERCLE VERTUEUX





# LES BÉNÉFICES POUR LES FLOTTES DE VÉHICULE



## Réduction de l'empreinte carbone

- L'hydrogène stocke de l'électricité
- Ou peut être produit à partir de la biomasse

## Etendre la plage d'exploitation

- Réduction des nuisances sonores
- Faible immobilisation pendant le plein
- Augmentation de l'autonomie

Avec des coûts proches d'un véhicule diesel !

## Maîtriser le prix de l'énergie

- Réduit la dépendance aux énergies fossiles
- Permet une production « locale » de l'énergie



# ALORS L'HYDROGÈNE, C'EST POUR QUAND ?

## Attendre que le prix du pétrole « soit trop haut » ?

- A un prix du km trop élevé, on fera tous du vélo...



## Les batteries, c'est mieux !

- Si elles décuplent la quantité d'énergie embarquée
- Et pas de technologie de rupture en vue...



## Les biocarb, c'est mieux !

- Peut-être avec les v2 qui n'entrent pas en concurrence avec l'alimentation

## L'air comprimé, c'est mieux !

- Pas avec les rendements actuels...



## Attendre que le législatif impose quelque chose ?

# CE QUE PROPOSE SYMBIOFCCELL



## Des systèmes forte puissance

- Pour bateaux, camions, engins spéciaux...

## Nous couvrons les domaines :

- Conception & production des systèmes PAC
- Professional Services
- Support et Maintenance
- Station H2, NG reformers, électrolyseurs...



# ALP KEY ADVANTAGES

## ALP High Power Density

- Résultat de 20 ans de R&D au CEA

## ALP durée de vie → +5000h

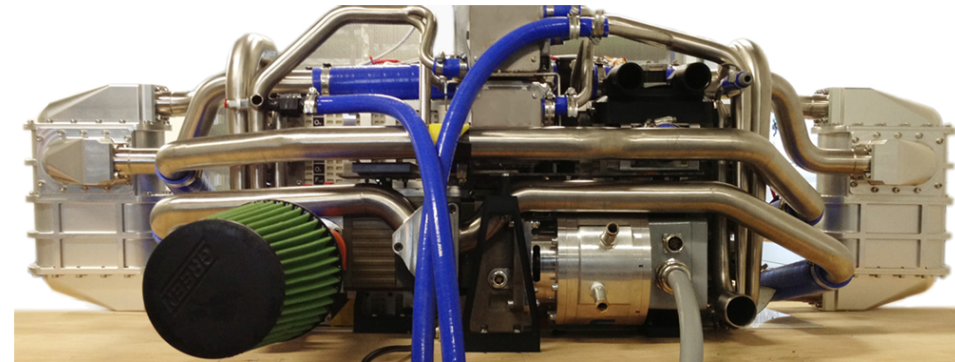
- Système optimisé

## ALP Faible consommation d'hydrogène

- Rendement >45%

## ALP Conçue pour des véhicules

- -20°C to +80°C
- Adaptation aux variations de pression, de température...
- Vibrations, Compat. électromagnétique, crash test...





# Thank You

© 2008 SymbioFCell. All rights reserved. SymbioFCell Proprietary Information. The information contained in this document is protected by international laws relating to intellectual property. This document and the information contained herein may not be summarized, translated, modified, copied or otherwise adapted to a third party's needs without the written permission of SymbioFCell. All information is subject to change without notice and SymbioFCell does not warrant the information's accuracy or correctness. SymbioFCell and the SymbioFCell logo are trademarks, service marks or registered trademarks or service marks of SymbioFCell