

Hydrogène : vecteur de transition énergétique pour nos territoires

Prof. Dr. Daniel HISSEL
Univ. Bourgogne Franche-Comté, France

Institut FEMTO-ST, UMR CNRS 6174
Fédération de recherche FCLAB, FR CNRS 3539

daniel.hissel@ubfc.fr



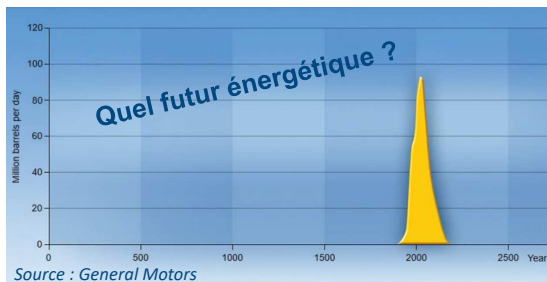
Hydrogène : vecteur de transition énergétique pour nos territoires

Motivations

Motivations

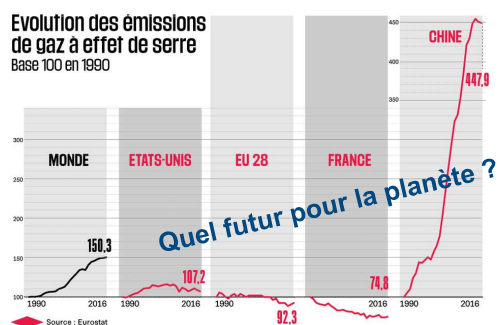
Ere du pétrole

- Aujourd'hui : 34,2% de la consommation d'énergie primaire



Emissions de gaz à effet de serre

Evolution des émissions de gaz à effet de serre
Base 100 en 1990



Enjeu socio-technico-économique :

- Tous les secteurs économiques vont être amenés à subir / accompagner / anticiper / profiter des mutations déjà engagées

L'hydrogène...

L'élément le plus abondant dans l'univers...

... 75% en masse et 92% en nombre d'atomes



Très grande densité énergétique

... 33kWh/kg

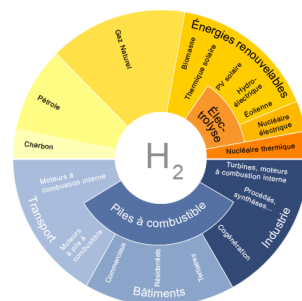
... > 3x essence

... > 100x accumulateurs électrochimiques

Quasi jamais à l'état naturel moléculaire sur Terre

... il faut le produire

... vecteur énergétique dual à l'électricité



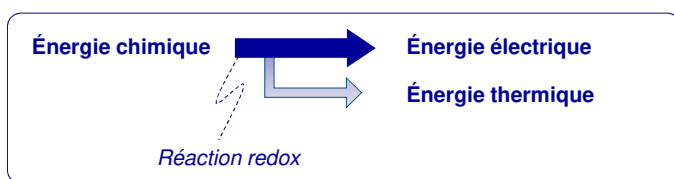
Pile à combustible...

– Définition

- Un **dispositif électrochimique** qui convertit de manière continue l'énergie chimique d'un combustible et d'un comburant en énergie électrique (DC), chaleur et différents sous-produits de réaction. Les combustibles et comburants sont **stockés à l'extérieur** de la cellule et transférés à l'intérieur au fur et à mesure de la consommation des réactifs.

– Principales différences avec des accumulateurs électrochimiques « traditionnels »

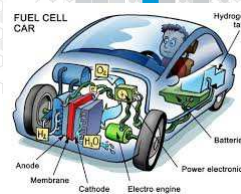
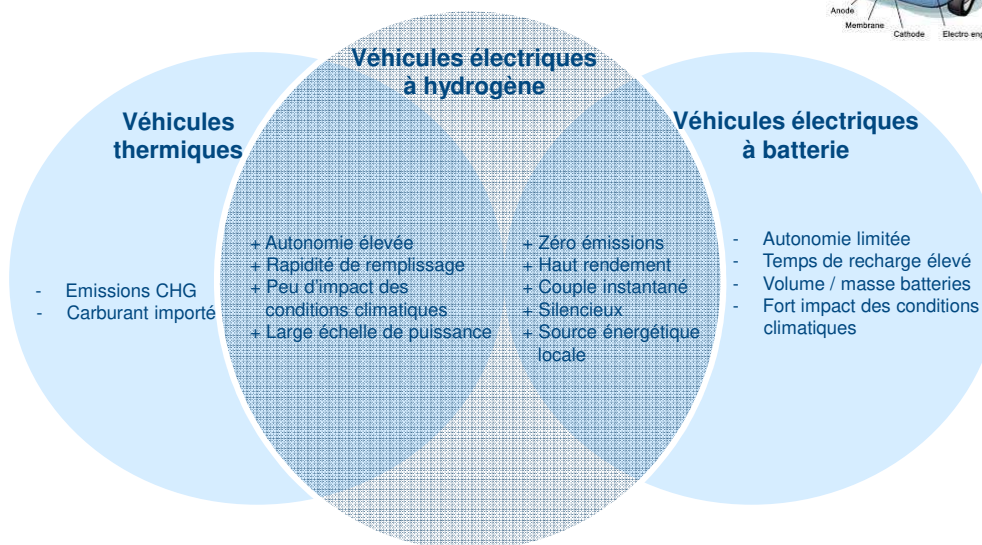
- Combustible **fourni de manière continue & stocké à l'extérieur**
- Capacité de **recharge très rapide**
- Découplage énergie / puissance**



ElringKlinger PEMFC NM5

Avantages possibles de la technologie H2

– Applications transport



Avantages possibles de la technologie H2

– Applications stationnaires grande échelle

▪ Intérêt croissant pour le stockage massif de l'électricité

- Pénétration des énergies d'origine renouvelable
- Intermittence des énergies d'origine renouvelable

▪ Première solution : « conventionnelle »

- Accumulateurs électrochimiques, volants d'inertie
 - Coût élevé, durabilité limitée, densité énergétique limitée
 - peu/pas de capacité de stockage à long terme
- STEP : Station de Transfert d'Energie par Pompage
 - Uniquement à très grande échelle et sur des sites particuliers

▪ Seconde solution : hydrogène

- Basée sur la dualité hydrogène/électricité
- Possibilité de stockage très long terme (saisonnier)
- Peut être envisagée au niveau micro-réseau ou réseau
- Peut être couplée à l'alimentation de flottes captives



Avantages possibles de la technologie H2

– Autres applications stationnaires

▪ Groupes électrogènes

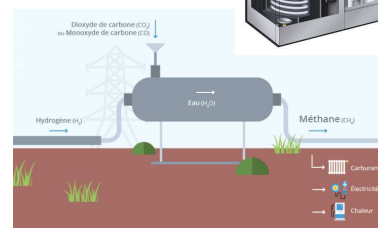
- Pas de nécessité ou pas de possibilité de connexion au réseau électrique
- Alimentation de sites isolés

▪ Micro-cogénération pour l'habitat

- Production simultanée de chaleur et d'électricité
- Alimentation possible directement au gaz naturel (puis réformeur) ou à partir d'un couplage aux EnR

▪ Couplage à la biomasse

- Méthanation : $\text{CO}_2 + 4\text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$
- Production de méthane de synthèse (Power to Gas)



Axes de R&D

– Augmentation des performances des systèmes H2/PAC

- Augmenter encore **l'efficacité énergétique**
 - La faire progresser (elec.) de 45-55% à environ 65%



- **Durabilité** du système pile à combustible

Ex. pour des systèmes PEMFC :

- 5000h attendues pour des véhicules légers (3000 heures atteintes aujourd'hui)
- 30000h attendues pour des camions
- Jusqu'à 100000h pour des applications stationnaires et ferroviaires



- **Coût** (sur le cycle de vie)
 - Lien avec le déploiement d'une filière industrielle



- Transition **socio-technique**
 - Aspects socio-économiques : l'H2-énergie n'est pas connue
 - Lien important avec les politiques publiques



- Disponibilité d'un **H₂ "Vert"**
 - Production, stockage, distribution



Hydrogène : vecteur de transition énergétique
pour nos territoires

Créer de la valeur sur nos territoires

Exemple #1 : démonstration

Projet EU Mobypost – Objectifs La Poste

- Domaine économique :
 - Preuve de faisabilité véhicule + production locale H2
 - Démonstration de viabilité économique
- Transition énergétique :
 - Réduire les émissions de GES + dépendance aux ressources fossiles
 - Couplage aux EnR
- Acceptabilité sociétale :
 - Améliorer les conditions de travail des postiers + leur sécurité
 - Retour de terrain sur les contraintes normatives



Chiffres clefs

- 2 sites pilotes en région BFC
- 2 années d'expérimentation
- 8 partenaires européens
- 10 véhicules à piles à combustible
- 920 HM de travail
- 1682 tournées postales réalisées
- 2017 (fin du programme de démonstration...)



Exemple #2 : déploiement

Projet MobyTech

- Déployer des véhicules + stations H2 dans 5 lycées de la Région BFC
- Acculturation des lycéens aux technologies hydrogène
- Utilisation des véhicules comme véhicules de service



Exemple #3 : innovation technologique

Projet PowerPack H2 : Gaussin

- Solution d'alimentation énergétique pour des véhicules spéciaux
- Hybridation pile à combustible / batteries
- Gain en autonomie du véhicule
- Réduction drastique du temps de recharge
- Complément de puissance disponible



GAUSSIN
MANUGISTIQUE®

Exemple #4 : innovation technologique

Projet ROAD

- Projet multipartenarial, porté par la société CHEREAU
- Semi-remorque frigorifique à hydrogène
- Fonctionnement silencieux, sans émission polluante
- Autonomie 3 jours en service
- Première mondiale



CHEREAU

FC LAB
Research

H₂SYs
Hydrogen to system

femto-st
SCIENCES & TECHNOLOGIES

Carrier

TRONICO
ALCEN

MALHERBE
L'avenir est en route

ARTS
ET MÉTIERS
ParisTech

RÉGION
BOURGOGNE
FRANCHE
COMTE

RÉGION
NORMANDIE

Pôle Véhicule du Futur®
Solutions pour véhicules & mobilités du futur

Exemple #5 : mobilité urbaine

Bus à hydrogène

- Bus électriques à hydrogène
- Mobilité ZEV, et 100% propre si production H2 à partir d'EnR
- 6 bus à Belfort en 2021, 20 bus à horizon 2024
- Projet Territoire d'Innovation Montbéliard / Belfort – axe Hydrogène-Energie
 - Une ligne de bus H2 entre les sites universitaires de Belfort et Montbéliard



ADU – Valentigney - D. Hissel

15

Exemple #6 : start-up

Groupe électrogène H2 : H2SYS

- Développement de systèmes pile à combustible
- Développement de groupes électrogènes H2 (gamme de puissance de 1kW à 20kW)
- Conception et fabrication dans le NFC
- Spin-off de la fédération de recherche FCLAB et du laboratoire FEMTO-ST
- Projet de maturation soutenu par la SATT Sayens
- Société créée en septembre 2017
- 15 collaborateurs aujourd'hui
- Top 20% des start-ups selon EarlyMetrics
- Prix de l'export aux trophées nationaux Hydrogenium



ADU – Valentigney - D. Hissel

16

Exemple #7 : stockage de l'hydrogène

Projet ISTHY : Institut du STockage de l'HYdrogène

- Plateforme internationale de test et d'essais pour la qualification des solutions de stockage d'hydrogène
- Prestations industrielles, Formation, Recherche
- Eléments de structuration de la filière nationale, effet économique agrégateur régional
- Diptyque de plates-formes hydrogène complémentaires en NFC (ISTHY + FCLAB)



FAURECIA : Centre mondial de R&D pour les réservoirs H2

- Annonce publique effectuée le 26/06/19
- Stratégie de diversification de l'activité du groupe, en lien avec les évolutions marché

Exemple #8 : projet H2 pour l'habitat

Projet TI H2 : Hydrogène pour applications stationnaires

- Hydrogène pour l'habitat social
 - Production sur site à partir de panneaux PV
 - Stockage sur site
 - Utilisation dans des systèmes piles à combustible : production d'eau chaude sanitaire et d'électricité
- Hydrogène pour bâtiments universitaires / EcoCampus
 - Panneaux PV pour la production d'électricité
 - Electrolyse de l'eau sur site



Exemple #9 : formations H2

CMI H3E : Coursus de Master en Ingénierie Hydrogène-Energie et Efficacité Energétique

- Coursus unique en France, ouvert en 2014
- Formation sur 5 ans, post-bac, sélective
- Insertion dans les laboratoires de recherche dès le bac +1
- Objectifs de la formation :
 - Former les futurs ingénieurs dans les domaines de l'hydrogène-énergie
 - Poursuite d'études en doctorat
 - Créateurs de start-ups

UNIVERSITÉ DE
FRANCHE-COMTÉ

STGI
BELFORT-MONTBÉLIARD

IUT
Belfort-
Montbéliard

FR CNRS 3539
FC LAB
Research

femto-st
SCIENCES &
TECHNOLOGIES



femto-st
SCIENCES &
TECHNOLOGIES
FC LAB
Research

ADU – Valentigney - D. Hissel

19

femto-st
SCIENCES &
TECHNOLOGIES

Hydrogène : vecteur de transition énergétique
pour nos territoires

Conclusions

UFC
UNIVERSITÉ
DE FRANCHE-COMTÉ

CNRS

ensmm

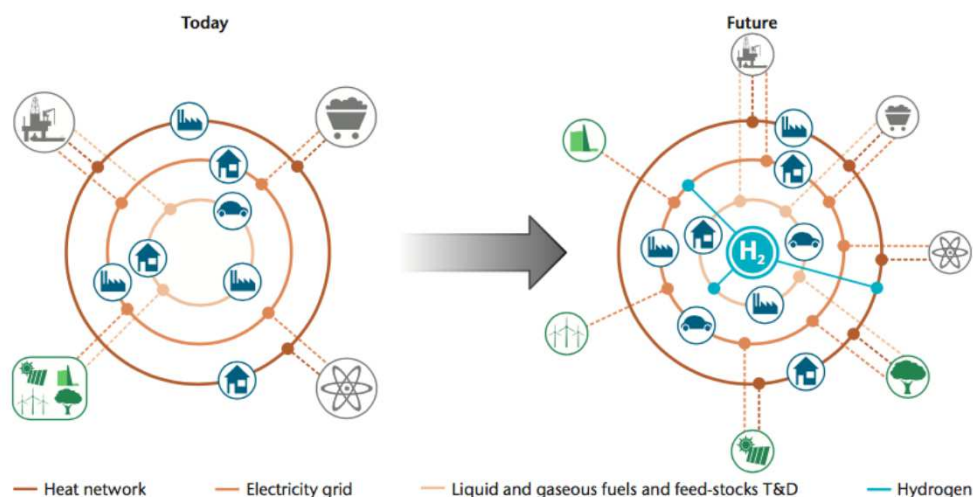
utbm
UNIVERSITÉ DE TECHNOLOGIE
DE BOURGOGNE

FR CNRS 3539

FC LAB
Research

Conclusions

- L'hydrogène est-il le chaînon manquant de la transition énergétique ?



Hydrogène : vecteur de transition énergétique pour nos territoires

Prof. Dr. Daniel HISSEL
Univ. Bourgogne Franche-Comté, France

Institut FEMTO-ST, UMR CNRS 6174
Fédération de recherche FCLAB, FR CNRS 3539

daniel.hissel@ubfc.fr



FR CNRS 3539