

4. Vecteurs d'énergie

4.3 – L'Hydrogène

Partie 3 – Sécurité, marché mondial et recommandations de l'AIE

Daniel R. Rousse, Ph.D., Ing.

Département de génie mécanique

Ivan de la Cuesta, M. Ing.

Plan de la présentation

- Introduction et objectifs
- Sécurité
- Marché mondial
- Recommandations de l'AIE
- Conclusion

Plan de la présentation

- ***Introduction et objectifs de la capsule***
- Sécurité
- Marché mondial
- Recommandations de l'AIE
- Conclusion

Introduction

- Après avoir présenter des éléments à caractères historiques et généraux sur l'hydrogène, cette présentation s'attarde à ses caractéristiques pratiques.
- On y retrouve un peu de propagande pour l'hydrogène aussi...

Objectifs

- Comprendre comment on
 - produit,
 - stocke,
 - transporte et
 - utilise
- l'hydrogène

Plan de la présentation

- Introduction et objectifs de la capsule
- ***Sécurité***
- Marché mondial
- Recommandations de l'AIE
- Conclusion

Sécurité

- Types de réservoirs

1. INTRODUCTION AND DIFFERENT TYPES OF PRESSURE VESSELS



Type I : pressure vessel made of metal

Type II : pressure vessel made of a thick metallic liner hoop wrapped with a fiber resin composite

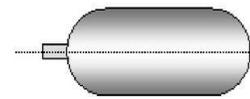
Type III : pressure vessel made of a metallic liner fully-wrapped with a fiber-resin composite

Type IV : pressure vessel made of polymeric liner fully-wrapped with a fiber-resin composite

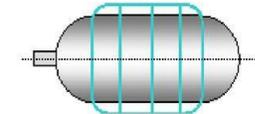
The world leader in gases for industry, health and the environment

5

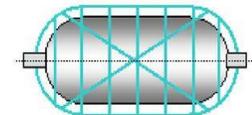
1. INTRODUCTION AND DIFFERENT TYPES OF PRESSURE VESSELS



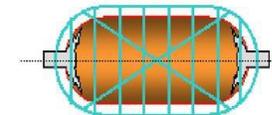
Type I



Type II



Type III



Type IV

4 pressure vessels types

The world leader in gases for industry, health and the environment

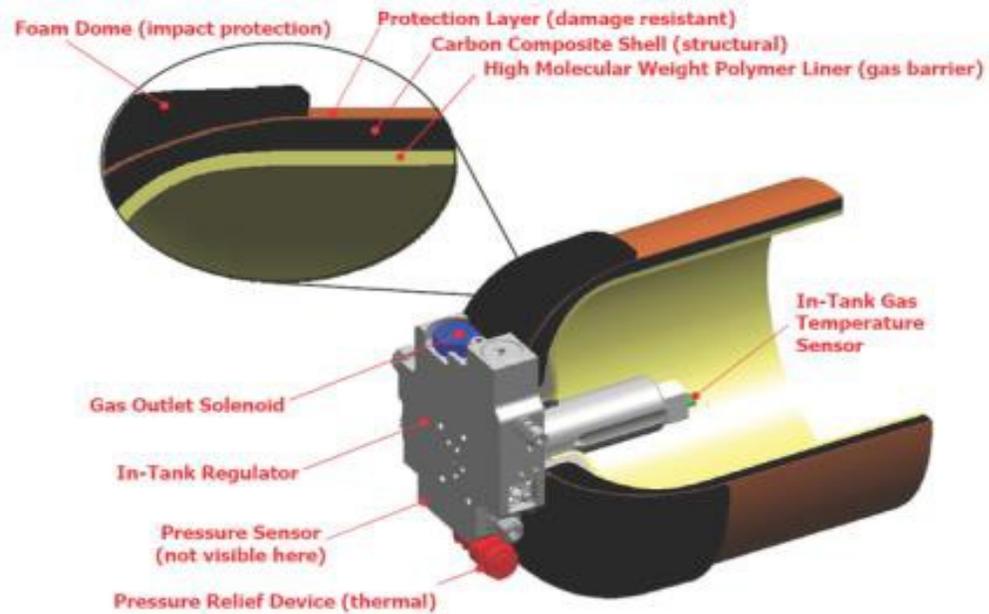
6

Source:

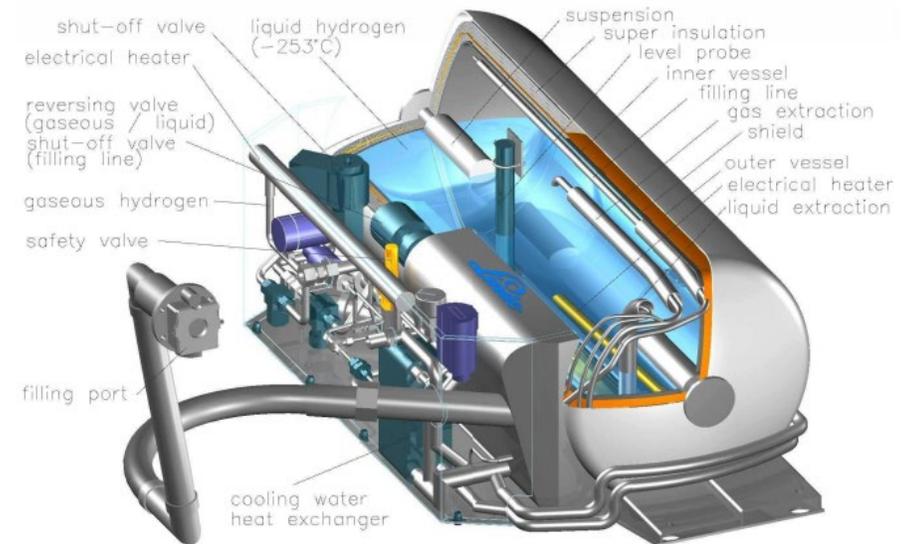
<https://slideplayer.com/slide/14968925/>

Sécurité

- Composition des réservoirs



Réservoir du GM Équinox FC



Réservoir de LINDE

Sécurité

- Valve de pression due à la chaleur



Source:

https://gficontrolsystems.com/file_library/files/gfi/H-PRD-4P.pdf



Key Features

GFI's 1-1/8" end plug pressure relief devices uses a design optimized for maximum heat transfer to create a fast acting high flow PRD. Offered with a wide range of options these devices can be configured to meet the needs of all end plug applications.

- Combined T-PRD and P-PRD (Burst disk) pipe away port
- High flow fast acting design
- Glass bulb or cadmium free eutectic technology
- Nominal working pressure 35 MPa
- Working temperature -40° to +85° C
- Optional temperature sensor
- Light weight machined aluminum body
- Swivel flare outlet options
- "T" outlet option
- Suitable for use with all cylinder types

Sécurité

- Test de tir sur différents contenants



Test de tir sur différents contenants de combustible

Sécurité

- Test des réservoirs

H2 tanks pass extremely demanding testing

Tank designers and inspectors run a multitude of tests in laboratories to ensure safety



Burst test

Bonfire tests

Crush test
150 t force (Power-tech)

Gunshot test
(tested at Powertech¹)

¹ Armour-piercing 7mm test according to UN Technical Regulation

- Mirai complies with all U.S. and international vehicle safety standards

TOYOTA

[Source: Hydrogen Europe](#)

Plan de la présentation

- Introduction et objectifs de la capsule
- Sécurité
- ***Marché mondial***
- Recommandations de l'AIE
- Conclusion

Marché mondial

- Décarbonner à l'hydrogène coûtera cher

La technologie de l'hydrogène UNE AFFAIRE MILLIARDAIRE

The Hydrogen Council

In our vision, hydrogen is a central pillar of the energy transformation. In seven application areas, hydrogen will enable the renewable energy system and decarbonize end uses. Achieving the hydrogen vision would create significant benefits for the energy system, the environment, and businesses around the world. It would avoid 6 Gt of CO₂ emissions, create a \$2.5 trillion market for hydrogen and fuel cell equipment, and provide sustainable employment for more than 30 million people.

Source: Hydrogen scaling up: <https://hydrogencouncil.com/wp-content/uploads/2017/11/Hydrogen-scaling-up-Hydrogen-Council.pdf>

Marché mondial

- Décarbonner à l'hydrogène coûtera cher

La technologie de l'hydrogène UNE AFFAIRE MILLIARDAIRE

The Future of Hydrogen – International Energy Agency (IEA)

"Hydrogen is today enjoying unprecedented momentum. The world should not miss this unique chance to make hydrogen an important part of our clean and secure energy future."

Dr Fatih Birol

Source: IEA <https://www.iea.org/reports/the-future-of-hydrogen>

Marché mondial

- Décarbonner à l'hydrogène coûtera cher

Vision de M. Randy MacEwen PDG de BALLARD



'Focus today is not on profitability, it's on growth': Ballard Power CEO defends stock valuation

Randy MacEwen, president and CEO of Ballard Power Systems, discusses his outlook on the fuel cell industry and the company's growth in China, Europe and North America.

Entrevue: <https://www.bnnbloomberg.ca/commodities/video/focus-today-is-not-on-profitability-it-s-on-growth-ballard-power-ceo-defends-stock-valuation~1834481>

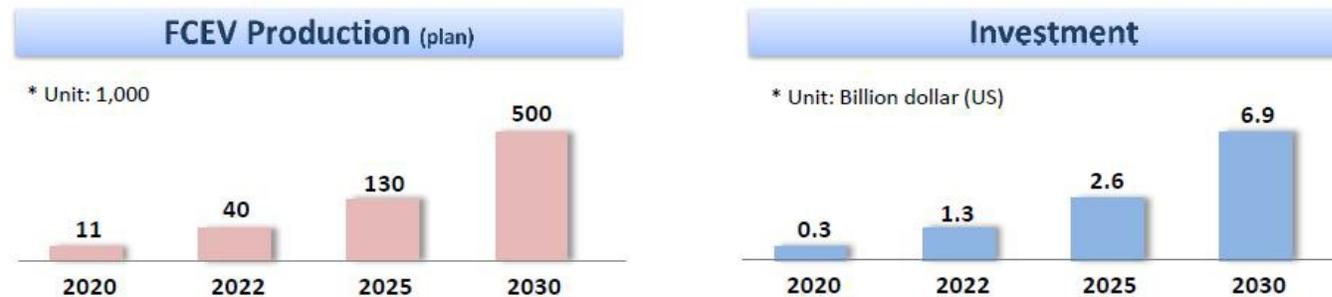
Marché mondial

- Décarbonner à l'hydrogène coûtera cher

Vision de HYUNDAI

FCEV Vision 2030 for Hyundai Motor Group

- Announcement of HMG's long-term roadmap '[FCEV Vision 2030](#)' plan (11.Dec.2018)
Plans to produce 700k fuel-cell systems annually by 2030 including [500k units for FCEVs](#)



"As a first mover in the forthcoming hydrogen economy, we will **lead a society that uses hydrogen** as its main source of energy."

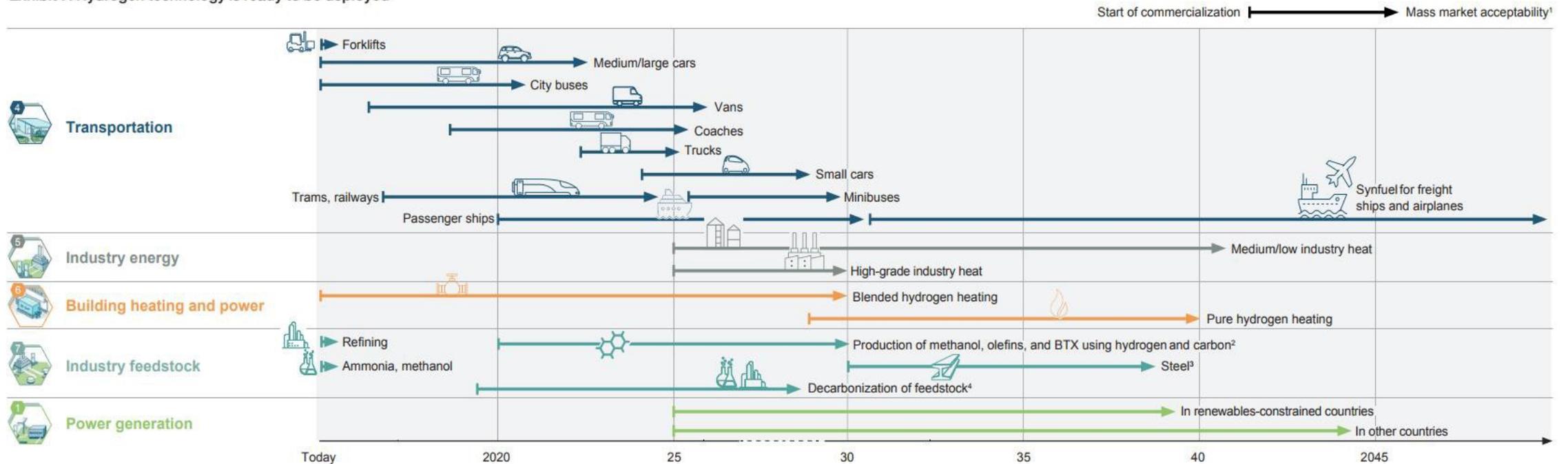
Euisun Chung,

Executive Vice Chairman of Hyundai Motor Group

Marché mondial

- Le futur de l'hydrogène

Exhibit 7: Hydrogen technology is ready to be deployed



¹ Defined as sales >1% within segment in priority markets

² Market share refers to the amount of production that uses hydrogen and captured carbon to replace feedstock

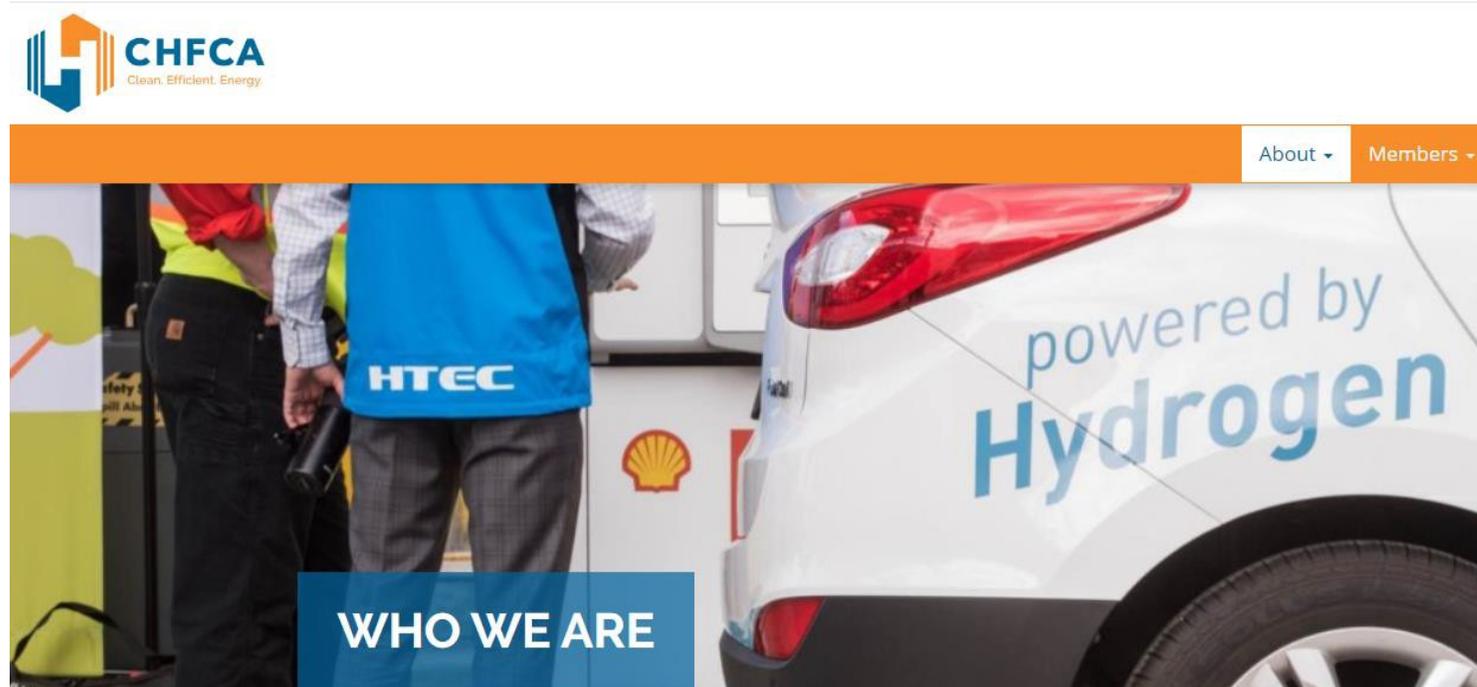
³ DRI with green hydrogen, iron reduction in blast furnaces, and other low-carbon steel making processes using hydrogen

⁴ Market share refers to the amount of feedstock that is produced from low-carbon sources

SOURCE: Hydrogen Council

Marché mondial

- Au Canada



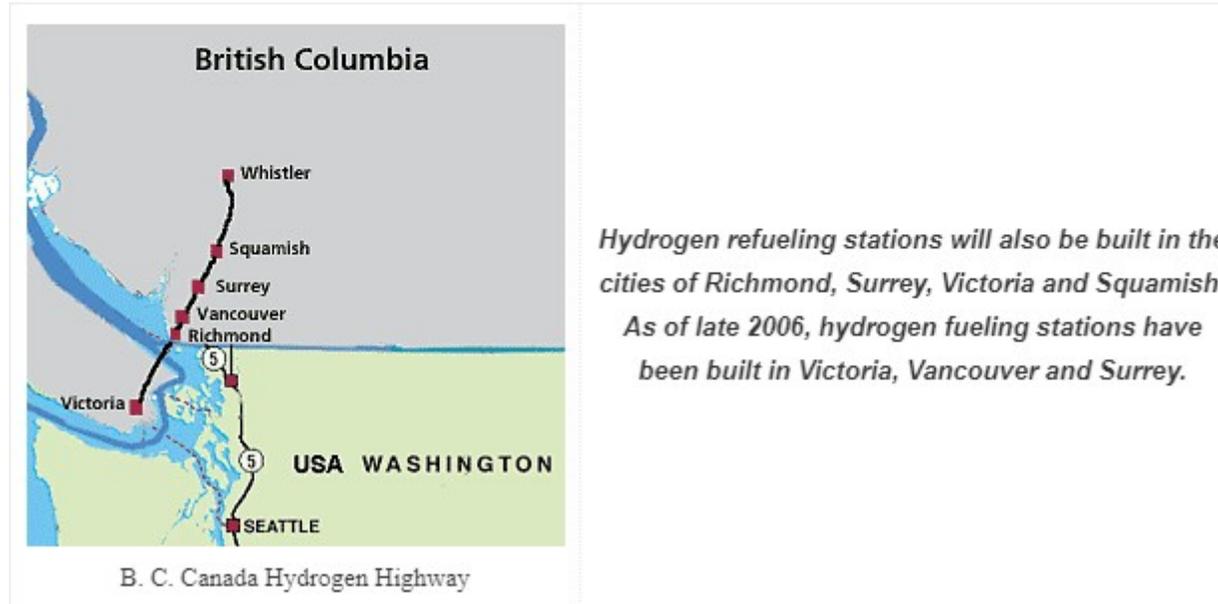
Canadian Hydrogen Fuel Association
Établie il y a 40 ans et basée à Vancouver, Colombie Britannique

Marché mondial

- Au Canada

British Columbia, Canada Hydrogen Highway

British Columbia, Canada is building a hydrogen highway system to coincide with the 2010 Winter Olympics. The BC hydrogen highway is planned to run between the cities of Vancouver and Whistler with several other cities in-between and will showcase zero-emissions hydrogen technology.



Marché mondial

- Au Canada



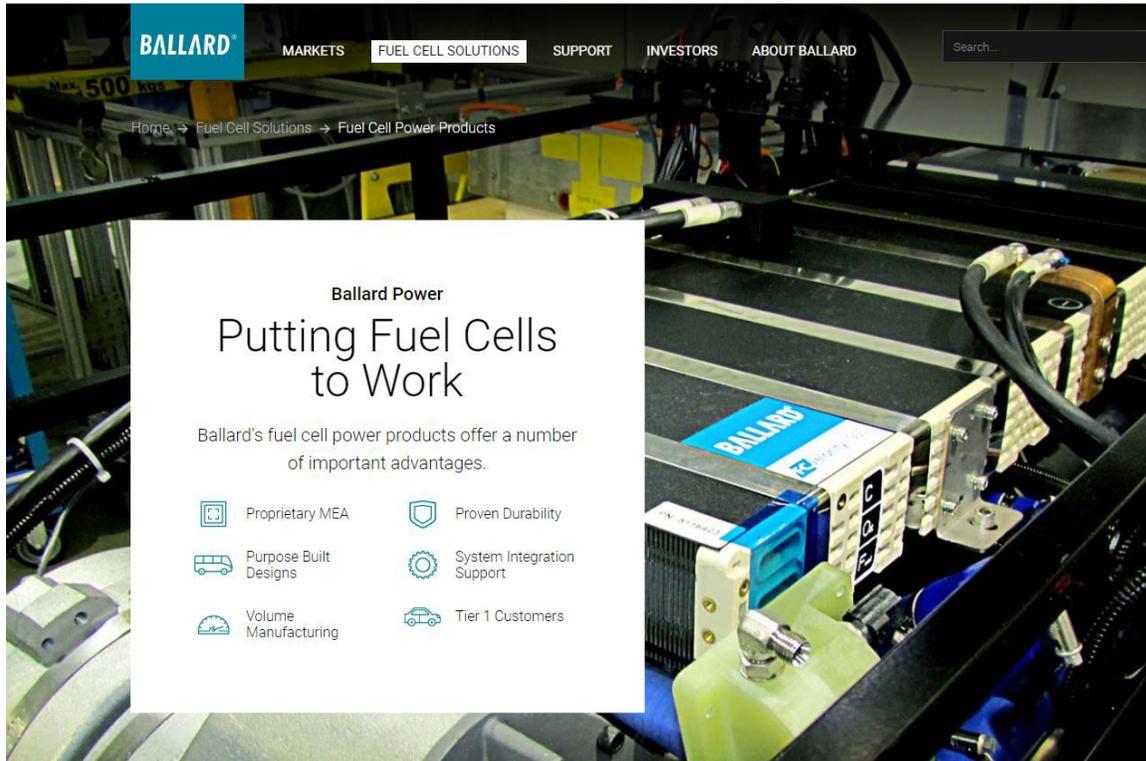
64 tonne B-train tractor-trailer operated by Bison Transport.

Ballard Next-Gen Fuel Cell Modules to Power Freight Trucks in Canadian Hydrogen Project

Marché mondial

- Au Canada

BALLARD à Vancouver, BC



The screenshot shows the Ballard website's 'FUEL CELL SOLUTIONS' page. The navigation bar includes 'MARKETS', 'FUEL CELL SOLUTIONS', 'SUPPORT', 'INVESTORS', and 'ABOUT BALLARD'. A search bar is also present. The main content area features a white box with the heading 'Ballard Power Putting Fuel Cells to Work'. Below this, it states: 'Ballard's fuel cell power products offer a number of important advantages.' Six icons represent these advantages: Proprietary MEA, Proven Durability, Purpose Built Designs, System Integration Support, Volume Manufacturing, and Tier 1 Customers. The background of the page shows a factory setting with fuel cell components.

HYDROGENICS à Toronto, ON



The screenshot shows the Hydrogenics website's 'PRODUCTS & SOLUTIONS' page. The navigation bar includes 'PRODUCTS & SOLUTIONS' and 'TECHNOLOGY & RESOURCES'. The main content area features a blue background with the heading 'SHIFT POWER, ENERGIZE YOUR WORLD'. Below this, it states: 'Hydrogenics has the technologies and products to allow data centres to protect their data and telecom towers to run when the power goes out.' At the bottom, there is a call to action: 'HOW DO WE SHIFT POWER TO PROTECT AGAINST POWER OUTAGES?' with a right arrow and three small squares.

Question

- Combien de voitures Toyota MIRAI, fonctionnant à pile à combustible à hydrogène, circulent sur les routes du Québec ?
- A. 10
- B. 50
- C. 200
- D. 500
- E. 1000



ENR2020

Marché mondial

- Au Québec



[Source: Hydrogène Québec](#)



Marché mondial

- Au Québec
 - 50 voitures MIRAI de Toyota
 - 1 station de ravitaillement d'hydrogène au Québec



[TOYOTA Canada - L'hydrogène au Québec](#)

Marché mondial

- Au Québec

Hydrogène vert: un projet d'usine de 1,3 G\$ au Centre-du-Québec

PARTAGEZ SUR FACEBOOK PARTAGEZ SUR TWITTER AUTRES



PHOTO ANDRÉANNE LEMIRE

L'usine de production d'hydrogène sera construite sur ce terrain vacant du parc industriel de Bécancour, dans le Centre-du-Québec.

L'entreprise québécoise H2V Énergies caresse un projet d'usine de 1,3 milliard \$ dans le Parc industriel et portuaire de Bécancour

[Source: Le journal](#)

Hydro-Québec veut se lancer dans la production d'hydrogène

La société d'État se donne de 5 à 10 ans pour développer cette filière énergétique

PARTAGEZ SUR FACEBOOK PARTAGEZ SUR TWITTER AUTRES



PHOTO COURTOISIE

De nombreux constructeurs automobiles, dont Toyota, investissent dans la recherche sur la filière hydrogène.

HydroQuébec + Hy2Gen à Varennes [Source: Le journal](#)

Air Liquide Invests in the World's Largest Membrane-Based Electrolyzer to Develop its Carbon-Free Hydrogen Production

Google Translate

0 Comments 4 0

By FuelCellsWorks | February 25, 2019 | 2 min read (262 words)



Air Liquide announces the construction in Canada of the largest PEM (Proton-Exchange Membrane) electrolyzer in the world with a 20 megawatts (MW) capacity for the production of carbon-free hydrogen.

Électrolyseur de 20 MW à Bécancour [Source: Fuel Cell Works](#)

Plan de la présentation

- Introduction et objectifs de la capsule
- Sécurité
- Marché mondial
- ***Recommandations de l'AIE***
- Conclusion

Question

- Parmi les propositions suivantes, lesquelles sont des recommandations clés de l'AIE pour développer l'hydrogène ?
 - A. Soutenir la R&D pour réduire les coûts
 - B. Stimuler la demande commerciale d'hydrogène propre
 - C. Supporter les risques d'investissement des premiers arrivants
 - D. Éliminer les obstacles réglementaires inutiles et harmoniser les normes
 - E. Attribuer un rôle à l'hydrogène dans les stratégies énergétiques à court terme



ENR2020

Recommandations de l'AIE

- Les 7 recommandations clés de l'AIE pour développer l'hydrogène
 1. **Attribuer un rôle à l'hydrogène dans les stratégies énergétiques à long terme.** National, régional et municipal les gouvernements peuvent guider les attentes futures. Les entreprises devraient également avoir des buts. Les secteurs clés comprennent le raffinage, les produits chimiques, le fer et l'acier, le fret et les longues distances le transport, les bâtiments, la production et le stockage d'électricité.
 2. **Stimuler la demande commerciale d'hydrogène propre.** Les technologies de l'hydrogène propre sont disponibles mais les coûts restent difficiles. Des politiques qui créent des marchés durables pour l'hydrogène, en particulier pour réduire les émissions de l'hydrogène d'origine fossile, sont nécessaires pour soutenir les investissements des fournisseurs, des distributeurs et des utilisateurs. En développant les chaînes d'approvisionnement, ces investissements peuvent entraîner des réductions de coûts, qu'il s'agisse d'électricité à faible émission de carbone ou carburants avec captage, utilisation et stockage du carbone.

Recommandations de l'AIE

- Les 7 recommandations clés de l'AIE pour développer l'hydrogène
 3. **Supporter les risques d'investissement des premiers arrivants.** Nouvelles applications pour l'hydrogène, ainsi que propre les projets d'approvisionnement en hydrogène et d'infrastructure, se situent au point le plus risqué du déploiement courbe. Des prêts, garanties et autres outils ciblés et limités dans le temps peuvent aider les secteur pour investir, apprendre et partager les risques et les récompenses.
 4. **Soutenir la R&D pour réduire les coûts.** Parallèlement aux réductions de coûts grâce aux économies d'échelle, La R&D est essentielle pour réduire les coûts et améliorer les performances, y compris pour les piles à combustible à base d'hydrogène carburants et électrolyseurs (la technologie qui produit de l'hydrogène à partir de l'eau). Les actions gouvernementales, y compris l'utilisation des fonds publics, sont essentielles dans la mise en place de la recherche programme, prendre des risques et attirer des capitaux privés pour l'innovation.

Recommandations de l'AIE

- Les 7 recommandations clés de l'AIE pour développer l'hydrogène
 5. **Éliminer les obstacles réglementaires inutiles et harmoniser les normes.** Développeurs de projets font face à des obstacles lorsque les réglementations et les exigences en matière de permis ne sont pas claires, objectifs, ou incohérents entre les secteurs et les pays. Partager les connaissances et l'harmonisation des normes est essentielle, y compris pour l'équipement, la sécurité et la certification des émissions de différentes sources. Les chaînes d'approvisionnement complexes de l'hydrogène impliquent les gouvernements, les entreprises, les communautés et la société civile doivent se consulter régulièrement.
 6. **S'engager au niveau international et suivre les progrès.** Une coopération internationale renforcée est nécessaires à tous les niveaux mais surtout sur les normes, le partage des bonnes pratiques et Infrastructure. La production et l'utilisation d'hydrogène doivent être surveillées et signalées une base régulière pour suivre les progrès accomplis vers les objectifs à long terme.

Recommandations de l'AIE

- Les 7 recommandations clés de l'AIE pour développer l'hydrogène
 - 7. **Se concentrer sur quatre opportunités clés** pour accroître encore la dynamique au cours de la prochaine décennie. En s'appuyant sur les politiques, l'infrastructure et les compétences actuelles, ces opportunités peuvent aider à intensifier le développement des infrastructures, à confiance et coûts réduits:
 - Exploitez au mieux **les ports industriels existants** pour en faire des hubs à moindre coût, pour l'hydrogène à faible teneur en carbone.
 - Utiliser **l'infrastructure de gaz existante** pour stimuler de nouveaux approvisionnements en hydrogène propre.
 - Soutenir **les flottes de transport, le fret et les corridors** pour rendre les véhicules à pile à combustible plus compétitif.
 - Établir **les premières routes de navigation** pour relancer le commerce international de l'hydrogène.

Plan de la présentation

- Introduction et objectifs de la capsule
- Sécurité
- Marché mondial
- Recommandations de l'AIE
- ***Conclusion***

Conclusion

- L'hydrogène suscite engouement et inquiétude;
- Seule une recherche plus approfondie permettrait de prendre position sur ses réels avantages et inconvénients;
- Mais force est de constater, qu'il s'agit d'une technologie en plein essor.



Merci de votre attention !

Lorsque cette capsule de formation est présentée en asynchrone (PDF récupérable sur le site du cours), si vous avez des questions à formuler, veuillez les poser par écrit sur le forum et spécifier le nom et le numéro de la présentation. Nous vous répondrons le plus rapidement possible.

Période de questions

