HYDROGÈNE DÉCARBONÉ : ENJEUX ET SOLUTIONS

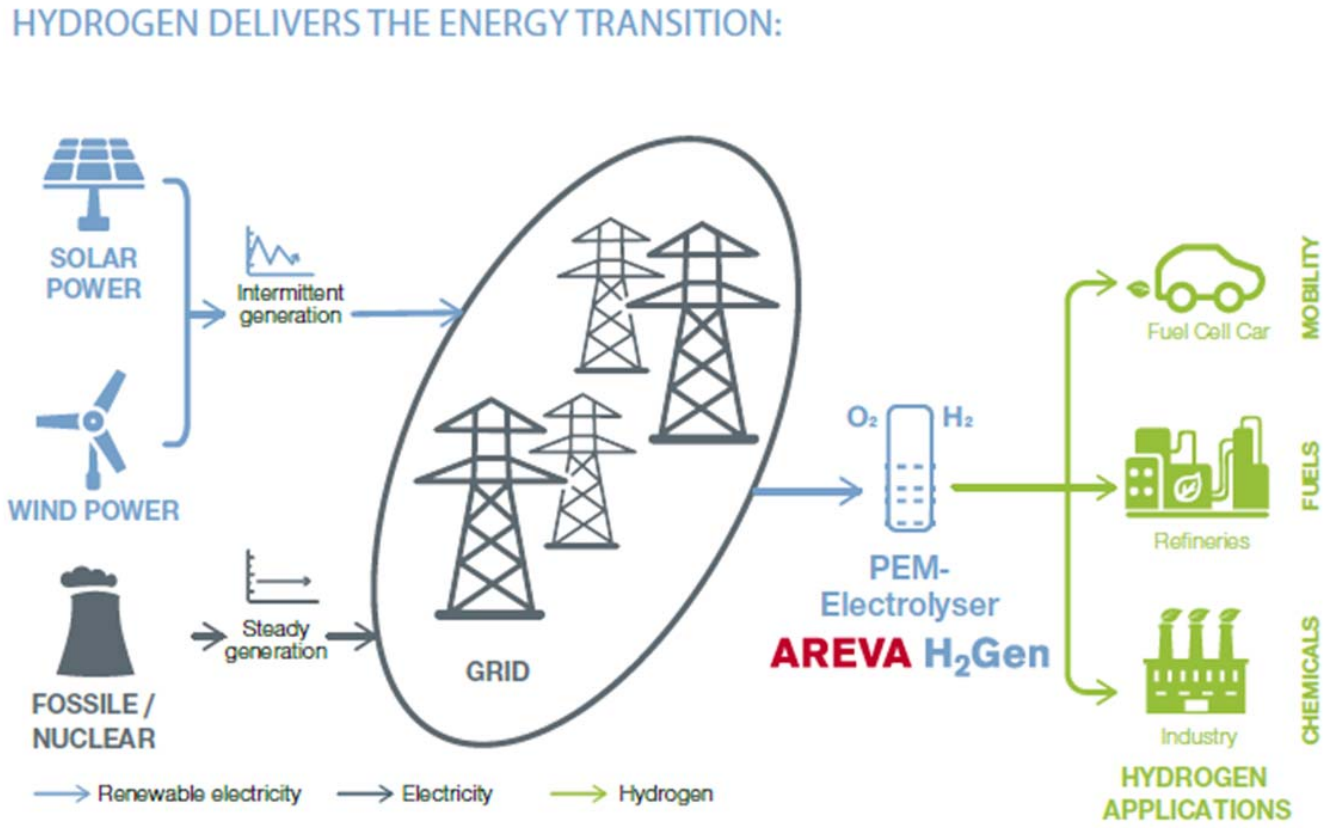
13 Juin 2019

Pascal Pewinski
Directeur Général

AREVA H_2Gen
We make it happen

AREVA
forward-looking energy

L'HYDROGÈNE : AU CŒUR DE LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE



AREVA H_2Gen
We make it happen

AREVA
forward-looking energy

H_2 : LE CARBURANT DE LA MOBILITÉ ÉLECTRIQUE

- **Une commodité d'usage clé du déploiement de la mobilité électrique de masse**
  - **Autonomie équivalente à celle d'un véhicule thermique**
  - **Temps de rechargement équivalent à celui d'un véhicule thermique**

Les véhicules électriques représentent 1,5% de part de marché

AREVA H_2Gen
We make it happen

AREVA
forward-looking energy

L'ENJEUX : LE PRIX DE PRODUCTION D'H_2 PAR ÉLECTROLYSE

- **Un coût de production par électrolyse pour 800 kg/j est à ce jour autour de 5 €/kg**
  - **Unité de 2 MW à 1 200 €/kW installé**
  - **Electricité à 70 € / MWh**
  - **Taux de charge de plus de 8 000 heures**
  - **Amortissement sur 10 ans**

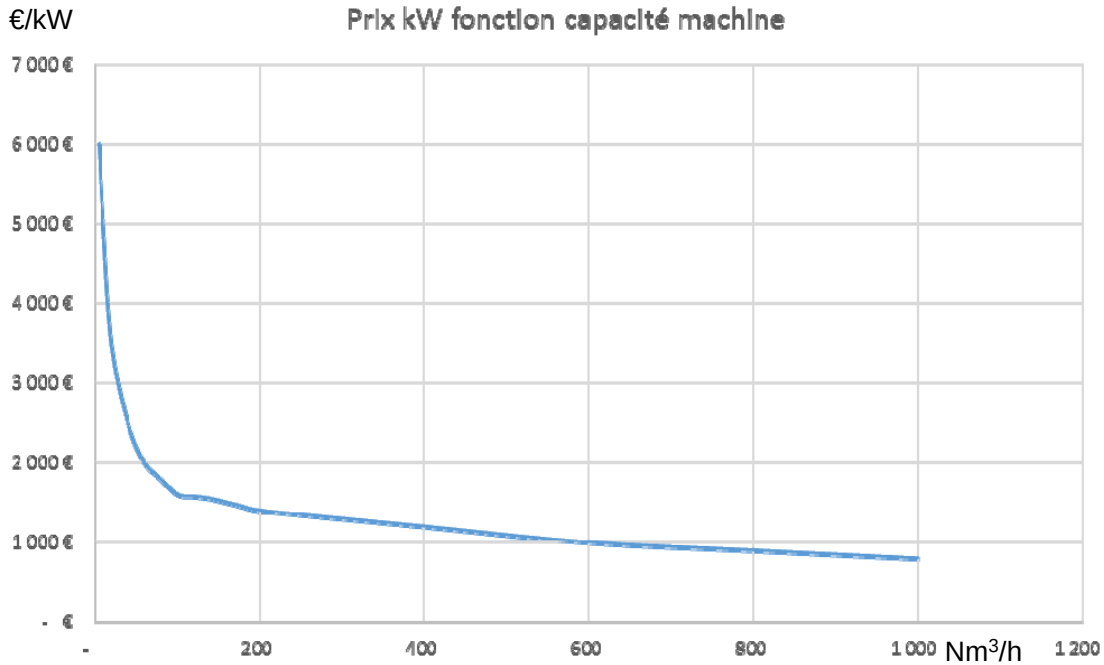
- **Un coût de production par vapo-reformage de gaz naturel de 1,5 à 2 €/kg**
  - **Unité de production de 10 000 à 200 000 Nm^3/h**

Ramener le prix de l'hydrogène produit par électrolyse dans une fenêtre de prix ''Marketable'' : 2,40 €/kg ?

AREVA H_2Gen
We make it happen

AREVA
forward-looking energy

UN PRÉALABLE : ''BIG IS BEAUTIFUL''



De grands projets d'électrolyse à 750 € / kW installé

AREVA H_2Gen
We make it happen

AREVA
forward-looking energy

PERSPECTIVES DE RÉDUCTION DE COÛT

- **Une perspective de réduction de coûts limités**
  - **Equipements d'infrastructure de type usine**
  - **Faibles quantités**
  - **Pour un objectif de 500 MW d'électrolyse à 2023 : 10 x 50 MW**
    - Total 55 000 cellules de 4 400 cm^2
    - Ou 17 000 cellules de 14 000 cm^2
  - **soit environ 11 000 cellules PEM / an**
- **Une réduction du coût par augmentation de la taille**
  - **< 1000 € / Nm3/h installé au-delà de 3 MW**

Stack cellules 4 000 cm^2

Le préalable est donc de construire de grandes unités de production : x10 MW

AREVA H_2Gen
We make it happen

AREVA
forward-looking energy

ELECTROLYSE PEM : EQUIPEMENTS ACTUELS

- **Un Exemple : 40 Nm3/h containerisé pour une qualité 99,999% à 35 bar**

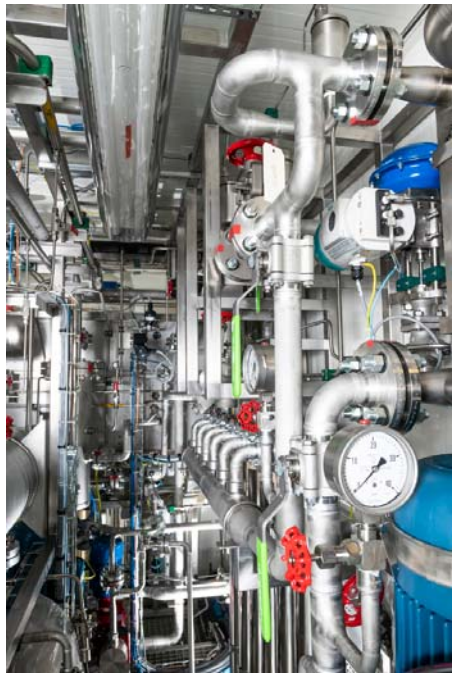
- **Un électrolyseur PEM à 3 000 € / kW installé**

AREVA H_2Gen
We make it happen

AREVA
forward-looking energy

ELECTROLYSE PEM : EQUIPEMENTS ACTUELS

- **Un Exemple : 40 Nm3/h containerisé pour une qualité 99,999% à 35 bar**



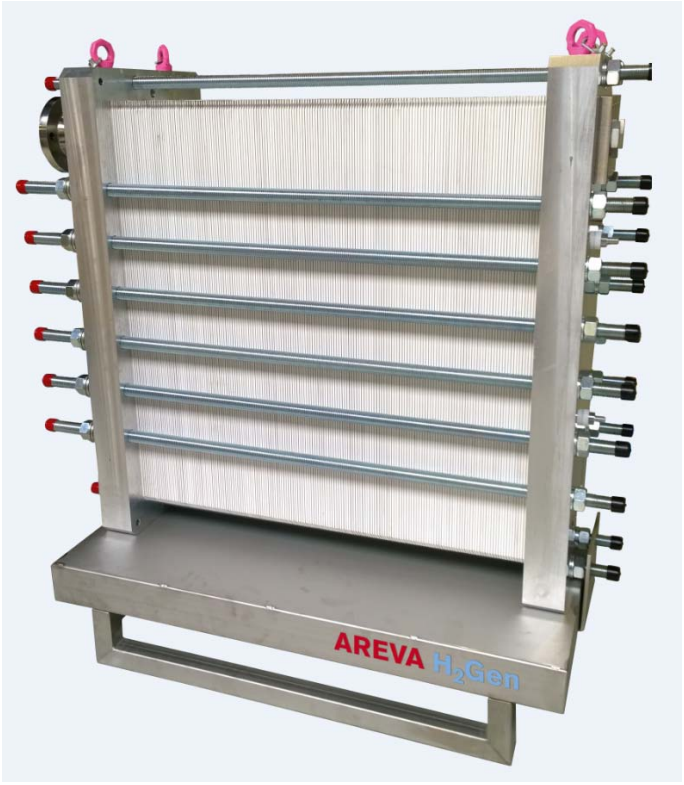
- **Construit pour une durée de vie de 20 ans**

AREVA H_2Gen
We make it happen

AREVA
forward-looking energy

ELECTROLYSE PEM : DÉVELOPPEMENTS STACK 2 MW

- **L'unité élémentaire : la cellule**
  - Surface active 4 400 cm^2
  - Densité de courant à 85% de rendement : 1 A/cm^2
  - Pression de fonctionnement 30 bar
  - Densité de courant possible jusqu'à 2 A/cm^2
- **Empilement stack 2 MW**
  - 220 cellules
  - 1 600 cm entre brides



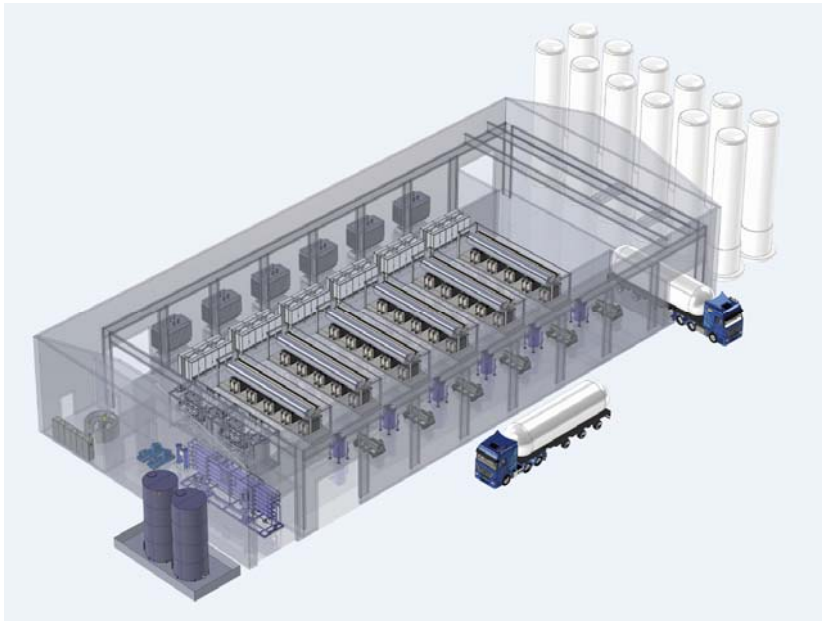
Stack 2 MW

AREVA H2Gen
We make it happen

AREVA
forward-looking energy

ELECTROLYSE PEM : CONCEPT X10 MW

Module 40’ de 10 MW



Usine de 60 MW

Une empreinte au sol 5 fois inférieure à celle de l’électrolyse traditionnelle

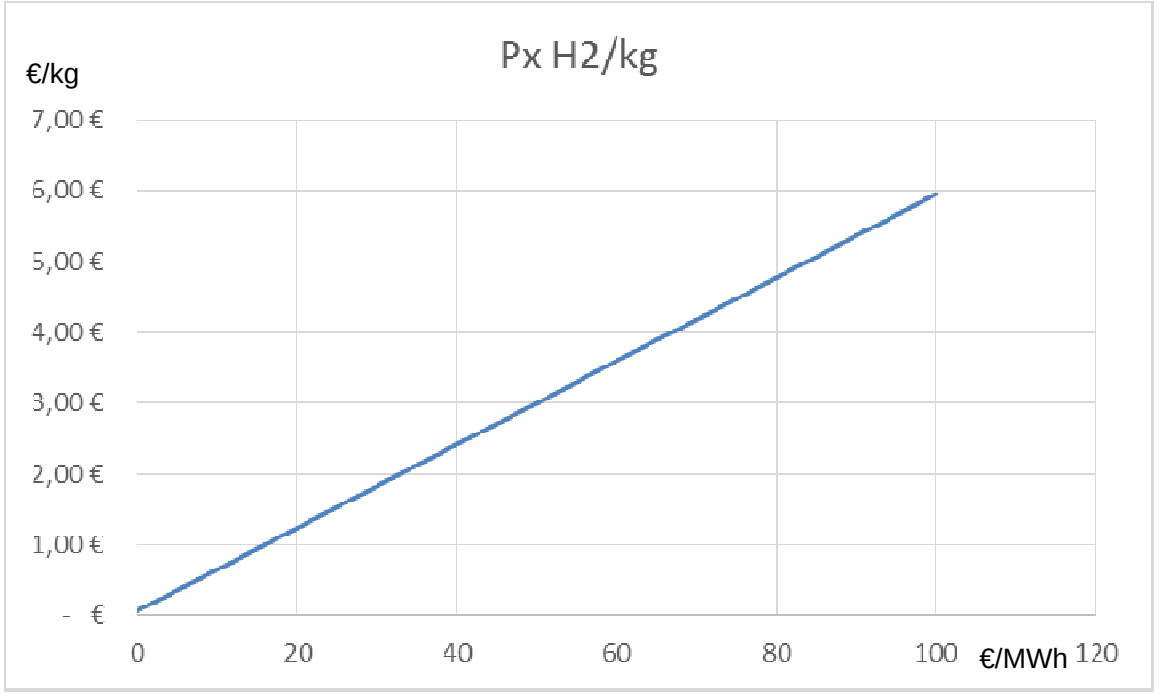
AREVA H_2Gen
We make it happen

AREVA
forward-looking energy

IMPACT DU PRIX DE L'ÉLECTRICITÉ

- **Impact du prix de l'électricité à CAPEX = 0 €**
  - **Pas d'influence de taux de charge**
  - **Pas d'influence de la durée d'amortissement**

A 30 €/MWh la part de l'électricité représente 1,5 €/kg d'H_2

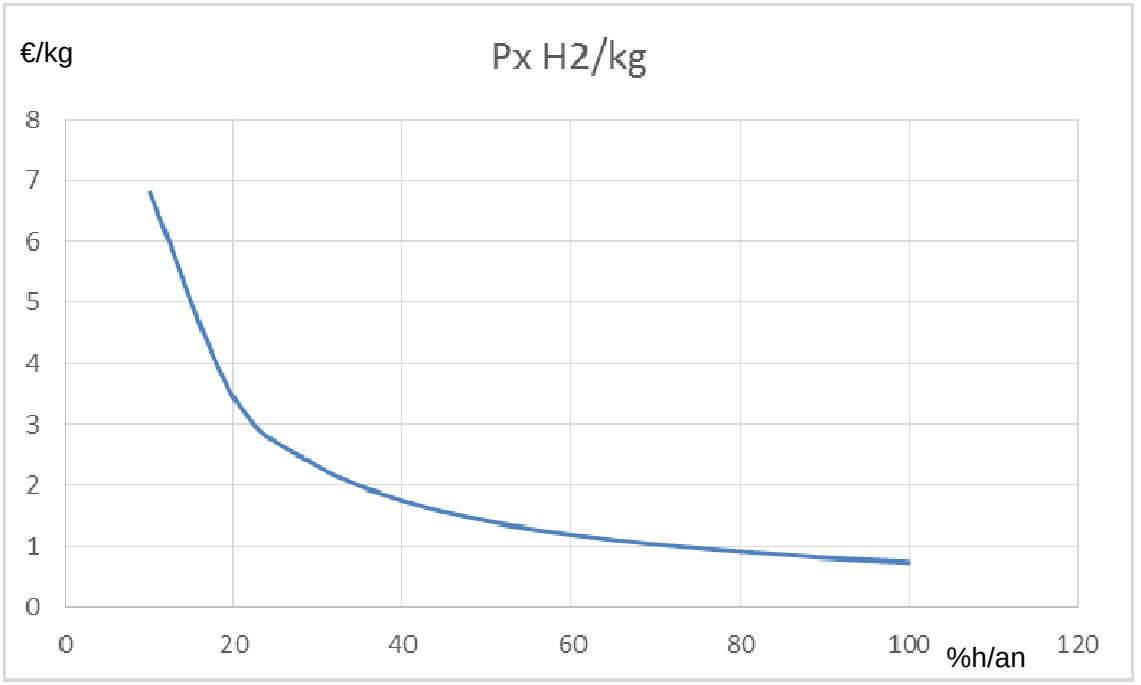


AREVA H_2Gen
We make it happen

AREVA
forward-looking energy

IMPACT DU TAUX DE CHARGE

- **Impact du taux de charge à MW = 0 €, et CAPEX = 750 €/kW installé**
  - **Amortissement sur 10 ans**



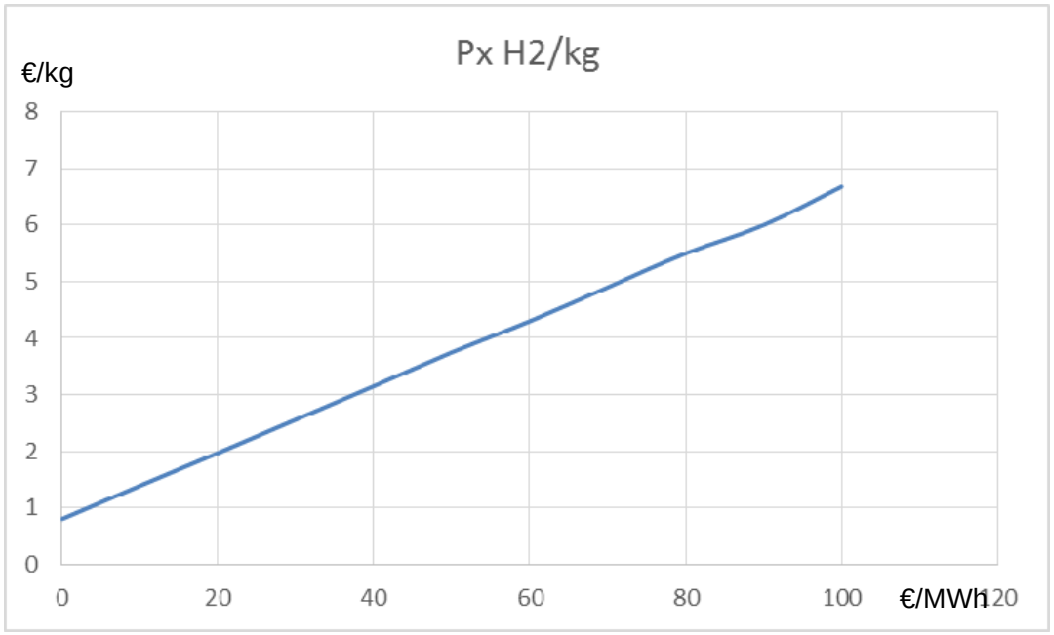
A plus de 75% de taux de charge, l'amortissement du CAPEX représente moins d' 1€/kg d'H_2

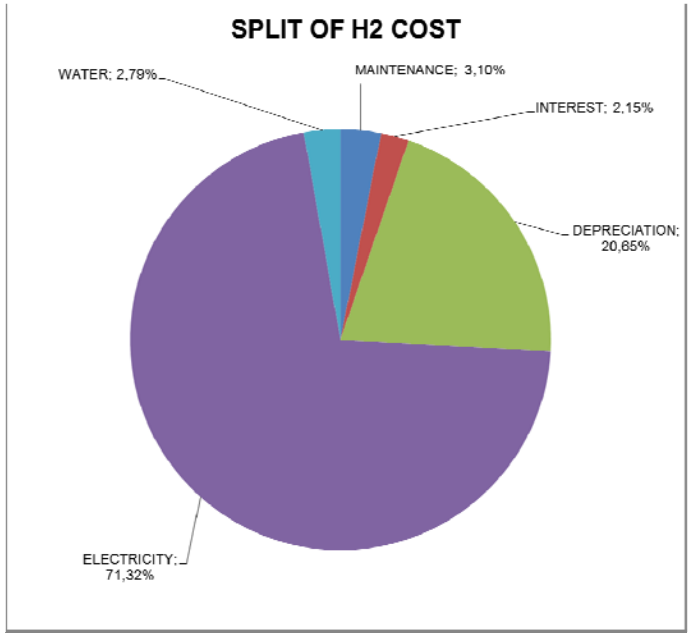
AREVA H_2Gen
We make it happen

AREVA
forward-looking energy

PRIX DE L'ÉLECTRICITÉ ET TAUX DE CHARGE COMBINÉS

- **10 MW - 7 M€ - 8 000 h/an – 10 ans d'amortissement**





Pour atteindre 2,40 €/kg, Il est donc indispensable de trouver des MWh à 30€ de prix moyen plus de 7000 heures

AREVA H_2Gen
We make it happen

AREVA
forward-looking energy

OU TROUVER DES MWh À 30 €?

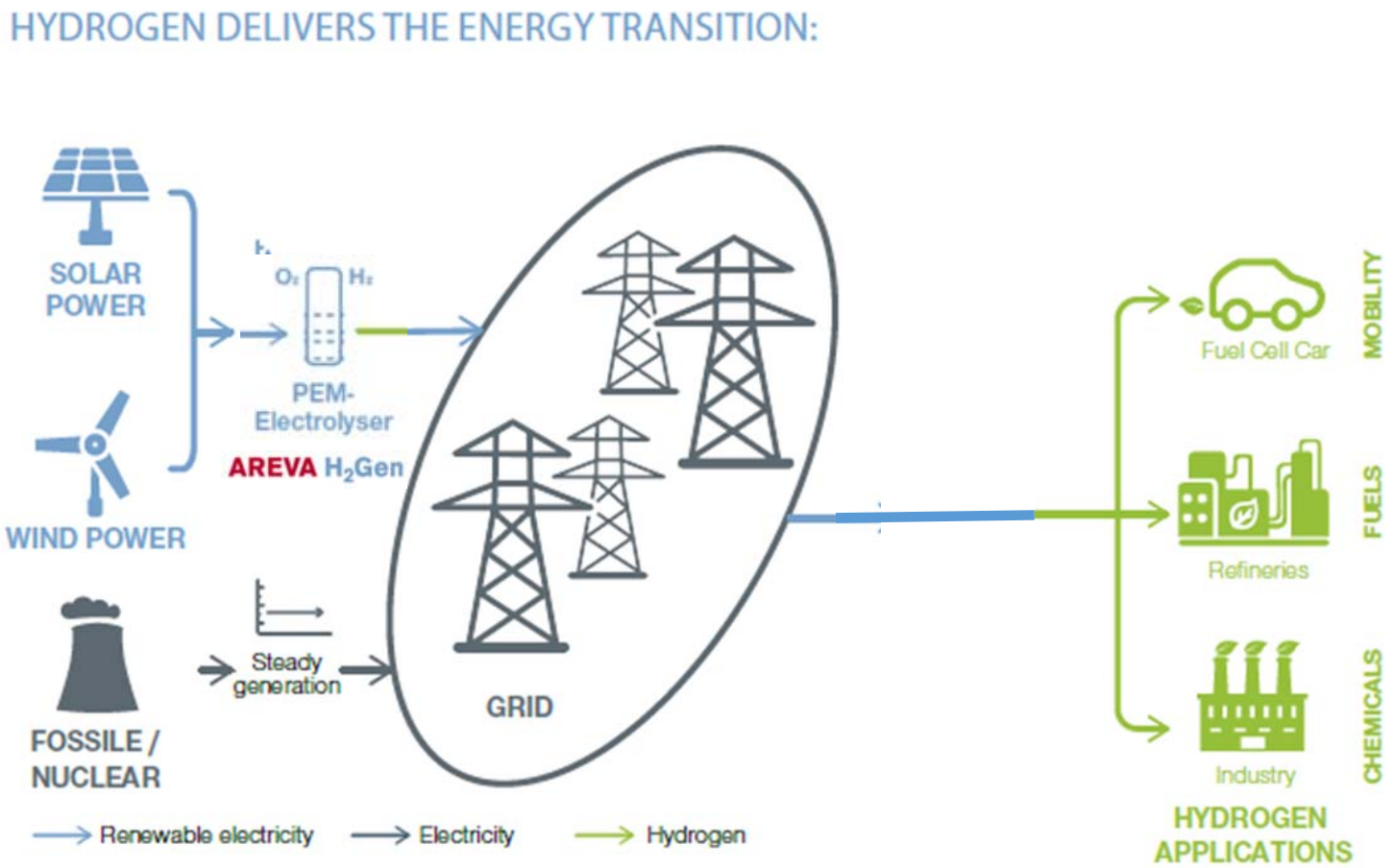
- **Soutirés du réseau + certificats verts**
  - Possible si exonéré de TURPE et de CSPE : Environ 50% du prix du MWh
  - Pas une solution envisageable, contraire aux règlementations européennes
- **Soutirés du réseau + certificats verts**
  - Possible sur le marché spot.
  - Réservé à un certain type d'opérateurs
  - Pas suffisamment d'heures < 30 €/MWh
  - Suppose des CAPEX inexistants à ce jour
- **Entre une source renouvelable et son poste d'injection**
  - Solaire : pas suffisamment d'heures pour amortir le CAPEX
  - Eolien : permet plus de 7000 h si dimensionnement est adapté
  - Hydroélectrique : permet plus de 7000 h

Bonne nouvelle ! Les conditions de production d'hydrogène décarboné à un prix ''Marketable'' existent !

AREVA H_2Gen
We make it happen

AREVA
forward-looking energy

AVANT LE POSTE D'INJECTION



AREVA H2Gen
We make it happen

AREVA
forward-looking energy

DISPONIBILITÉ DANS UNE ZONE DE CHALANDISE

- **Disponibilité de l'hydrogène dédié à la mobilité**
  - **1 camion de carburant 40 kL =**
    - 8 Trailer 200 Bar =
    - 5 Trailer 500 bar =
    - 2 citernes liquides
  - **Coûts logistiques élevés imposent**
    - **Réduction de la zone de chalandise pour la distribution / camion**
    - **Disponibilité de l'hydrogène en de multiples points de distribution de gros**

- **Transport principal par pipeline**
  - **A ISO CAPEX on transporte 20x plus d'énergie dans un pipeline que dans un câble électrique**
  - **KOGAS : 4 Md€ pour 25 sites de production et 700 km de pipeline de distribution**

L'investissement dans une infrastructure de distribution semble indispensable

AREVA H_2Gen
We make it happen

AREVA
forward-looking energy

ELÉMENTS D'AMÉLIORATION DE L'ÉQUATION

- **Leviers réglementaires et fiscaux**
  - **Taxe Carbone**
  - **Autres mécanismes de type FQD, ou RED 2, pénalisant des objectifs non atteints**

- **Services réseaux**
  - **Réserve primaire**
    - Disponibilité d'au moins +/- 1MW en 30s
  - **Génère de 100 à 200 k€ de revenus par an**
  - **Permet de poursuivre le déploiement des EnR**

L'ÉLECTROLYSE PEM AU SERVICE DU RÉSEAU

- **L'électrolyse propose**
  - Une capacité de consommation énergétique
  - La production d'un vecteur énergétique décarboné

- **L'électrolyse PEM propose**
  - Une réponse rapide et flexible
    - 100 à 200% en 30 seconds
    - 100 à 0% en 30 seconds
  - La capacité de doubler sa puissance nominale
  - La capacité d'amortir son investissement
    - Sur une base de 8000h à puissance nominale
    - Les surcoûts engendrés par la fonctionnalité des services réseau
  - Une empreinte au sol 5 fois inférieur à celle de l'électrolyse traditionnelle

AREVA H2Gen
We make it happen

AREVA
forward-looking energy

OBJECTIF : ATTIRER LES INVESTISSEURS

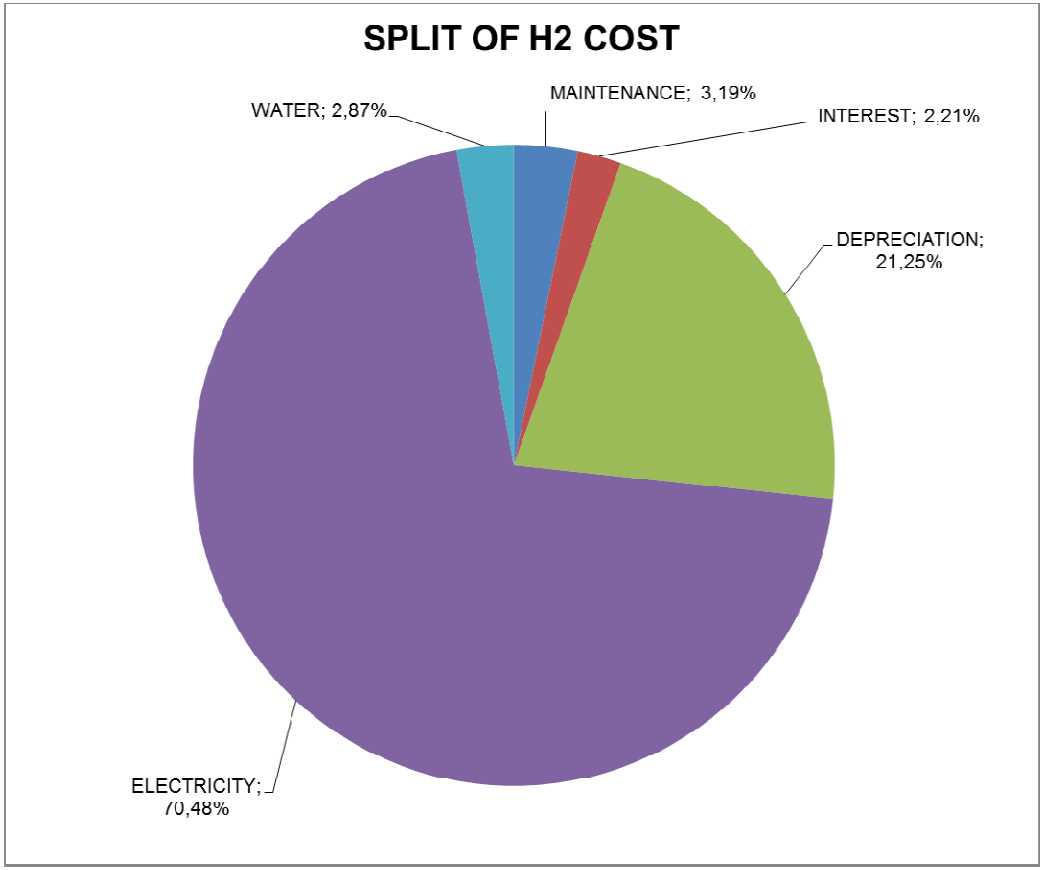
« Produire de l'hydrogène décarboné par électrolyse de l'eau est une bonne idée pour gagner de l'argent »

AREVA H_2Gen
We make it happen

AREVA
forward-looking energy

ENJEUX : PRIX DE L'ÉLECTRICITÉ

- **30 €/MWh pour rendre l'hydrogène décarboné produit par électrolyse ''Marketable'' à 2,40 €/kg**
- **Améliorer le cout de 15 à 25% par la mise en œuvre de services aux réseaux**
- **Envisager une infrastructure de distribution par pipeline**



AREVA H_2Gen
We make it happen

AREVA
forward-looking energy

SOLUTION : UNE VOLONTÉ POLITIQUE

- **Une vision pour l'avenir, l'hydrogène :**
  - Un enjeu individuel de bien être et de santé
  - Un enjeu national d'indépendance énergétique
  - Un enjeu collectif de protection de notre environnement

- **Des solutions qui nécessitent**
  - Une vision long terme
  - Une volonté d'action coordonnée à l'échelle nationale
  - Une réponse collective de l'ensemble des acteurs de la chaine de valeur

Merci pour votre attention !

AREVA H_2Gen
We make it happen

AREVA
forward-looking energy