

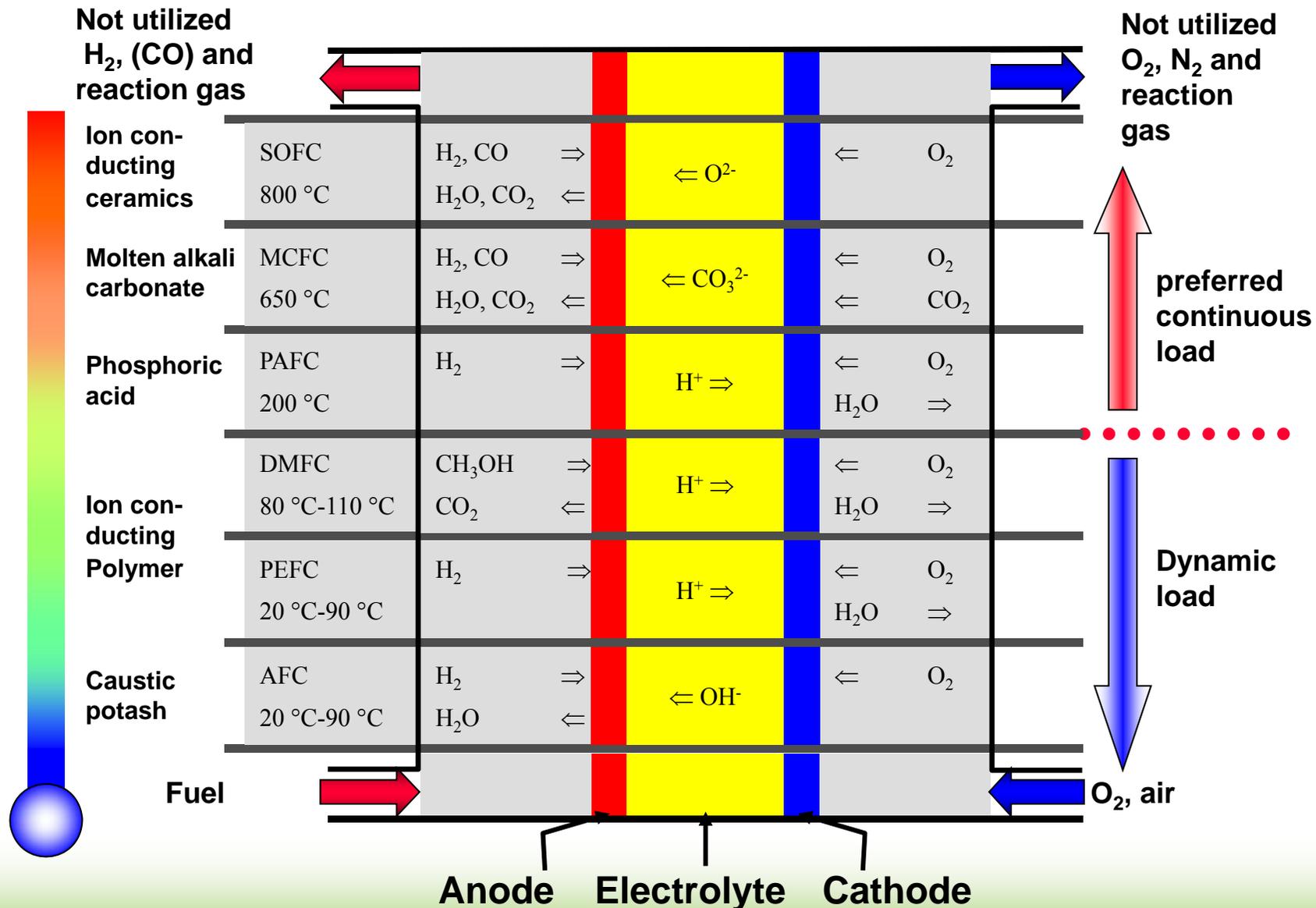
Les technologies de piles à combustible

Approche intégrée des PAC : des nanomatériaux aux systèmes

Laurent ANTONI
laurent.antoni@cea.fr

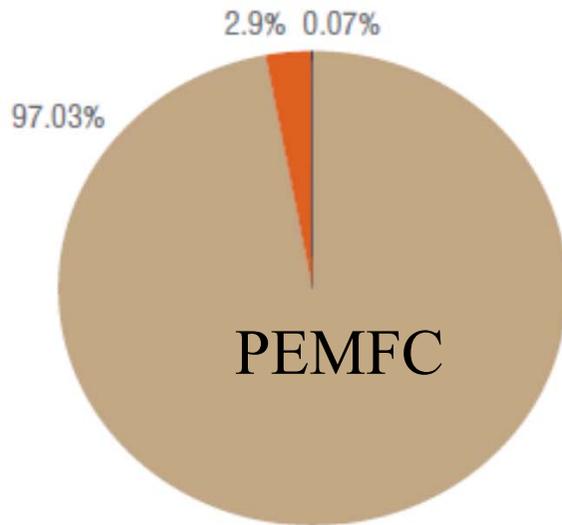
1. Les technologies de piles à combustible
2. Approche intégrée des PAC : des nanomatériaux aux systèmes
 - Dimensionnement
 - Développement et caractérisation des composants
 - Réalisation et test des systèmes
 - Normalisation et sécurité
3. Conclusions

Les technologies de piles à combustible



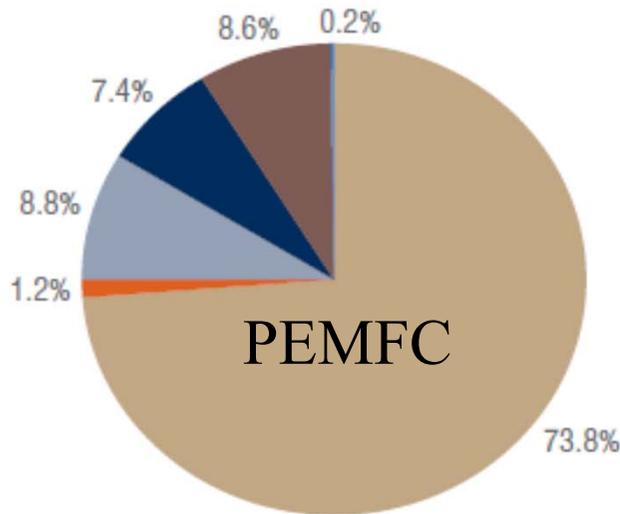
Répartition des unités produites en 2010

Shipments by Fuel Cell Type 2010



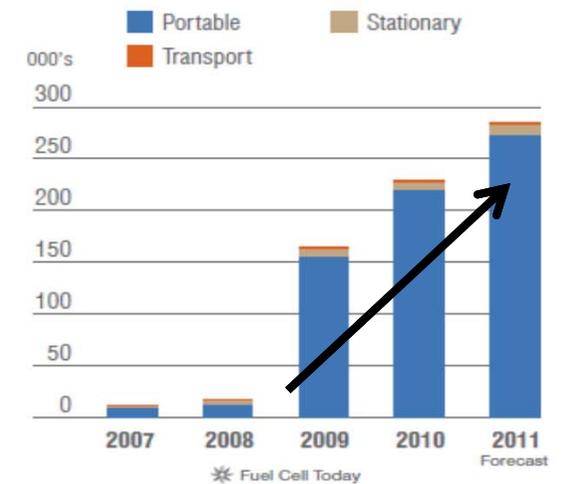
* Fuel Cell Today

MW by Fuel Cell Type 2010

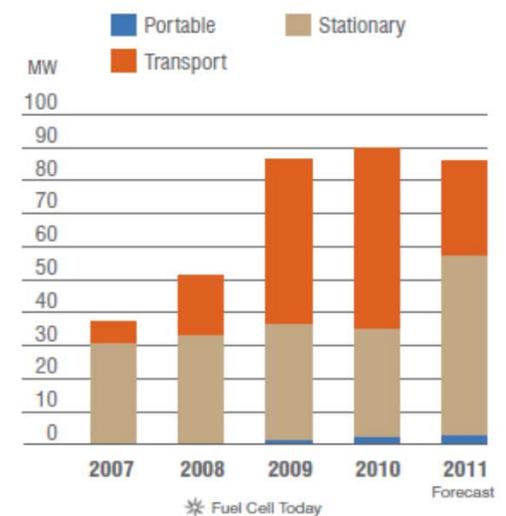


* Fuel Cell Today

Shipments by Application 2007–2011

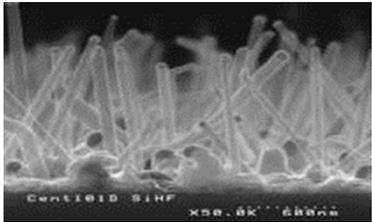


MW by Application 2007–2011

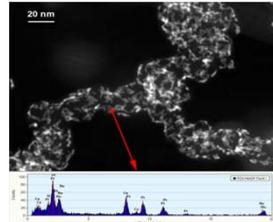


des nanomatériaux aux systèmes

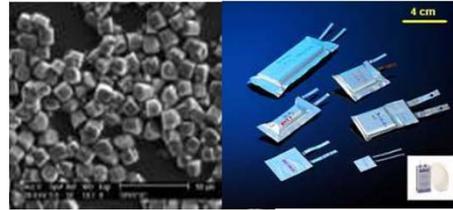
Nanofibers of Si for solar cells



Nanocatalysor For fuel cells

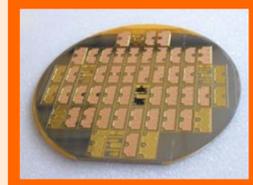
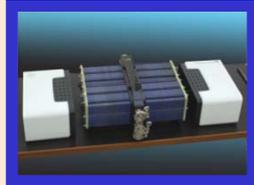


Nanopowder For Li-ion batteries



Composants Clés

Ruptures par les nanomatériaux



Ruptures par l'intégration système



Démonstrateurs



hybrid vehicles

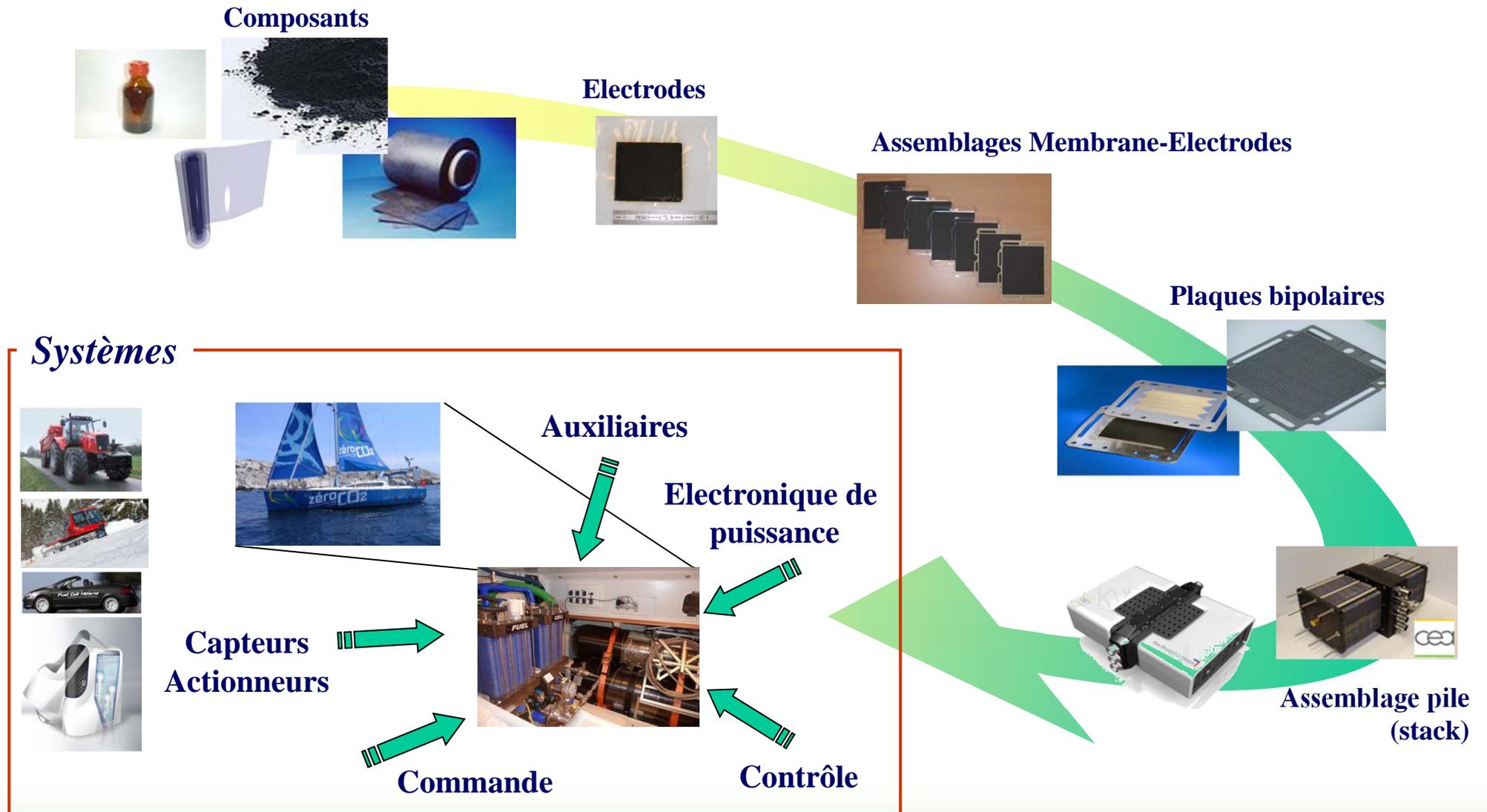


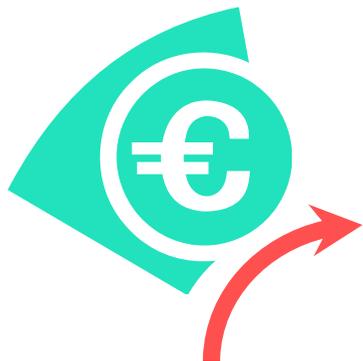
Electrical Vehicles



Home/Transport Convergence

PEMFC : des nanomatériaux aux systèmes





1

Dimensionnement/ Conception

- Spécification
- Simulation système, optimisation des architectures
- Conception pile

2

Développement/ Caractérisation Composants

- performance
- durée de vie
- industrialisation



4

Codes & Standards

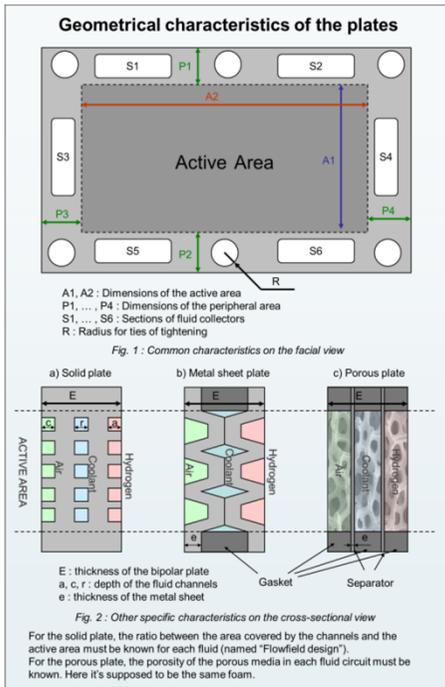
- ISO TC 197
- IEC TC 105
- Certification
- Sécurité

3

Réalisation/ Test Système

- Robustesse
- Hybridation
- Compacité
- Fonctionnement « réel »

1. Dimensionnement/Conception



5 - Dimensionnement Pile

7 - Calcul initial pile

Type de plaque : Tôle emboutie

Longueur parallèle aux canaux (B) : xxxxx cm
 Nombre de tôles métalliques : x
 Epaisseur de chaque tôle métallique : xxx mm
 Epaisseur totale de plaque : x mm

Densité du matériau isolant périphérique : x kg/l
 Densité du métal : x kg/l
 Epaisseur des plaques de serrage : x cm
 Epaisseur des plaques de serrage : xxx kg/l

Nombre de piles en série électriquement : x
 Nombre de piles en parallèle électriquement : x
 Densité de puissance visée : 1.5 kW/l
 Puissance spécifique visée : 1 kW/kg
 Tension minimale visée : xxx V
 Tension maximale visée : xxx V

Nombre de jonctions : x
 Diamètre d'un goujon : xx cm
 Densité des goujons : x kg/l
 Perte de charge minimale : xx mbar
 Perte de charge maximale : xxx mbar

8 - Ajustements du design pile et du point de fonctionnement

- Ajuster nombre de cellules et courant pour atteindre la densité de puissance
- Ajuster surface active et courant pour atteindre la densité de puissance
- Ajuster nombre de cellules et courant pour atteindre la puissance spécifique
- Ajuster surface active et courant pour atteindre la puissance spécifique
- Ajuster nombre de cellules, surface active et courant pour atteindre simultanément les tensions mini et maxi

7 - Calcul initial pile

Puissance pile dimensionnée : xxxxxx kW
 Densité de puissance : xxxxx kW/L
 Puissance spécifique : xxxxx kW/kg
 Tension : xxxxx V
 Tension maximale : xxxxx V
 Courant : xxxxx A
 Surface active : xxxxx cm²
 Dimensions surface active (A x B) : xxxxx cm x xxxxx cm
 Volume de l'ensemble de piles : xxxxxx L
 Masse de l'ensemble de piles : xxxxxx kg
 Nombre de cellules : xxx
 Volume d'une pile : xxxxx L
 Masse d'une pile : xxxxxx kg
 Surface totale d'une plaque bipolaire : xxxxx cm²
 Volume de cellule : xxxxxx cm³
 Volume de la plaque de serrage : xxxxx L
 Masse de métal par cellule : xxxxxx g
 Masse d'une cellule : xxxxxx g
 Dimensions totales de la plaque : xxxxx cm x xxxxx cm

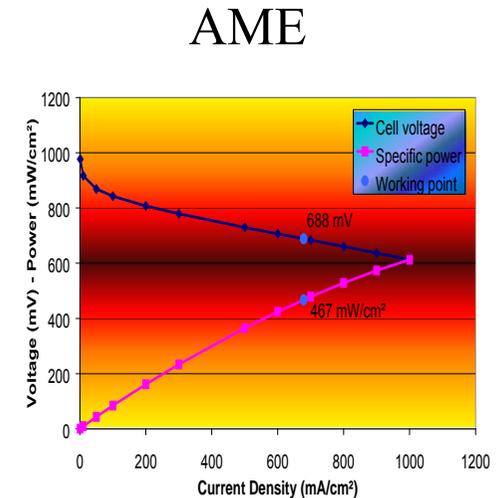
Nombre de canaux dans la coupe Z-Z : Rapport 1/3 - 60 canaux, passes = 5 / 3

Rechercher les designs adaptés

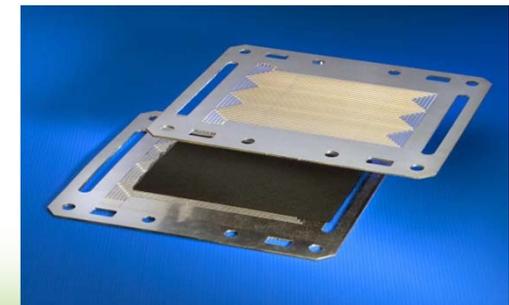
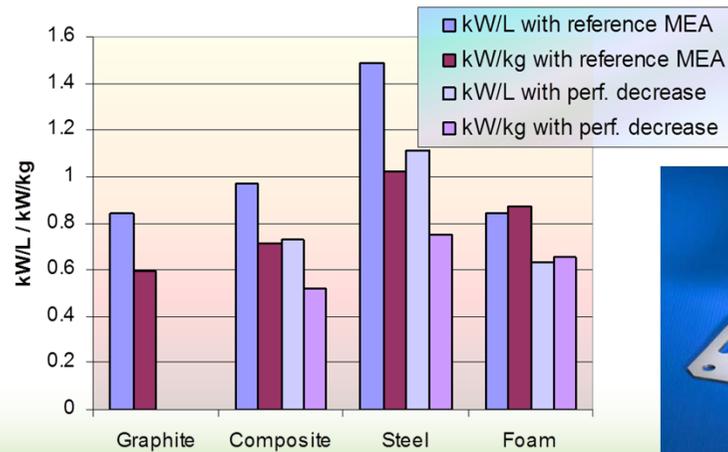
Rapport 1/3 - 60 canaux, passes = 5 / 3
 Rapport 1/5 - 63 canaux, passes = 7 / 3
 Rapport 1/4 - 72 canaux, passes = 8 / 4
 Rapport 4/9 - 72 canaux, passes = 8 / 4
 Rapport 1/4 - 88 canaux, passes = 8 / 4
 Rapport 1/4 - 88 canaux, passes = 8 / 4
 Rapport 1/3 - 90 canaux, passes = 9 / 5

Perte de charge anode : xxxxx mbar
 Perte de charge cathode : xxxxx mbar
 Nombre de canaux à l'anode : xx
 Nombre de passes à l'anode : xx
 Nombre de canaux à la cathode : xx
 Nombre de passes à la cathode : xx
 Débit de réactif anode : Xxxx NL/h
 Débit de réactif cathode : Xxxx NL/h

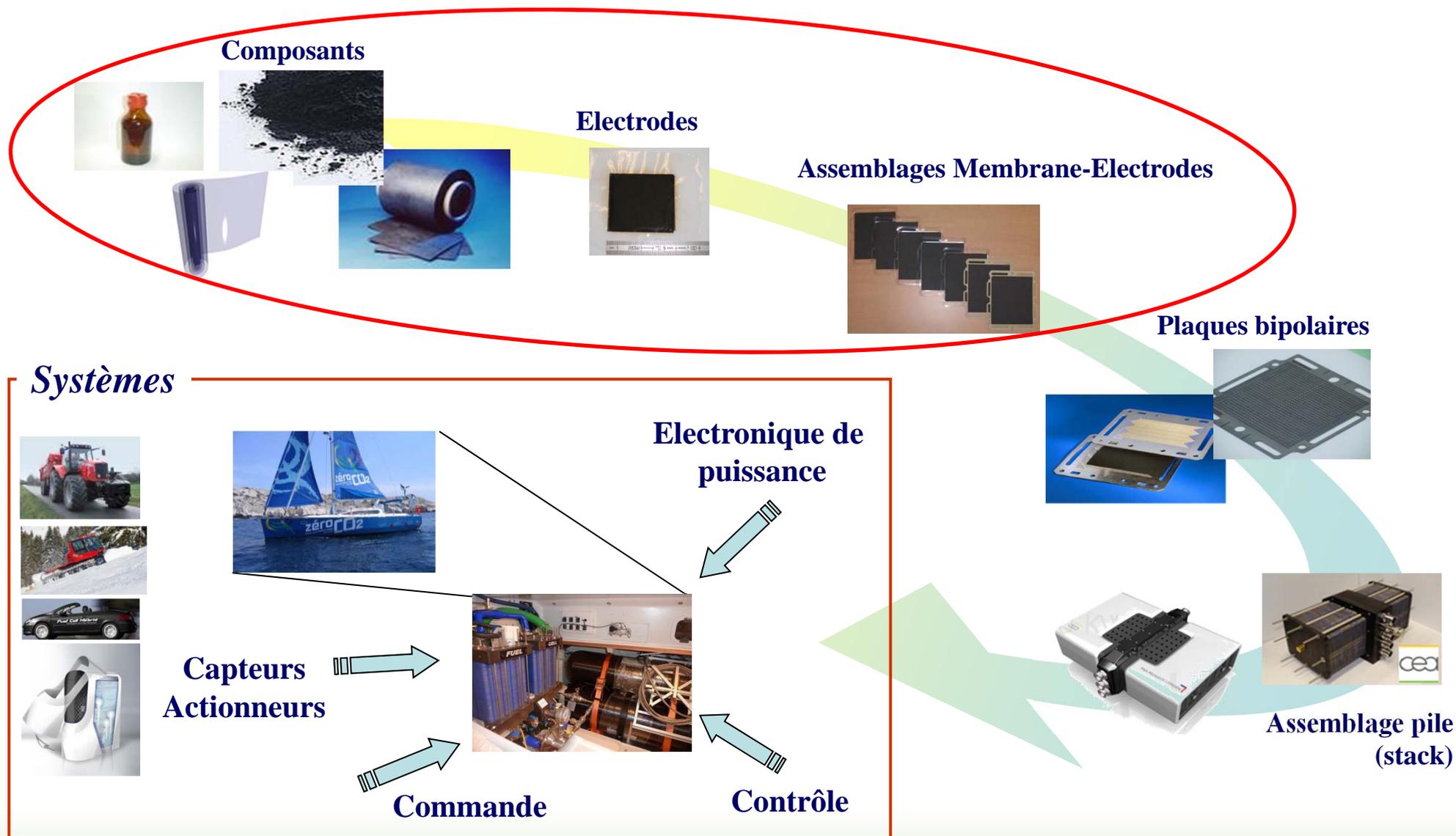
Légende :
 Données d'entrée modifiable
 Résultat non modifiable



Modèle applicable à tous les piles



PEMFC : des nanomatériaux aux systèmes



2. Développement/Caractérisation Composants

Performance et
durabilité

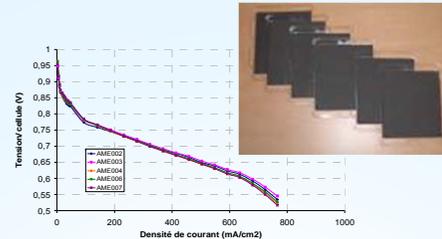


Instrumentation

Nano-caractérisation



Fabrication
AME



↗ Performances
↘ Métaux Nobles
↗ Durabilité
↘ Coûts

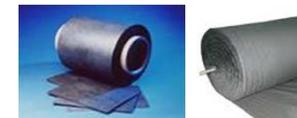
Membranes
Couche active
ionomère



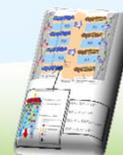
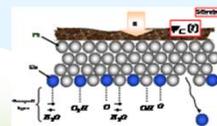
Catalyseurs



Couche de Diffusion
Management de l'eau



Modélisation
MEMEPhys®

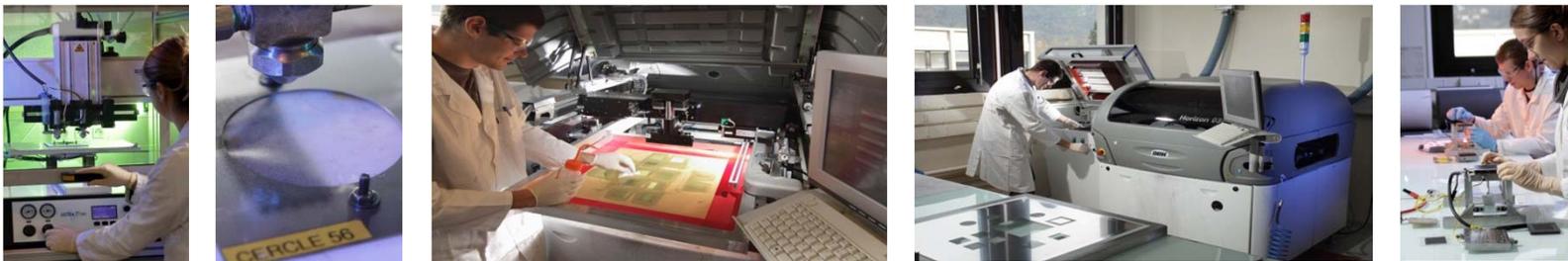


2. Développement/Caractérisation Composants

Formulation encres, caractérisations électrochimiques



Fabrication électrodes, assemblage cœurs de piles, intégration piles

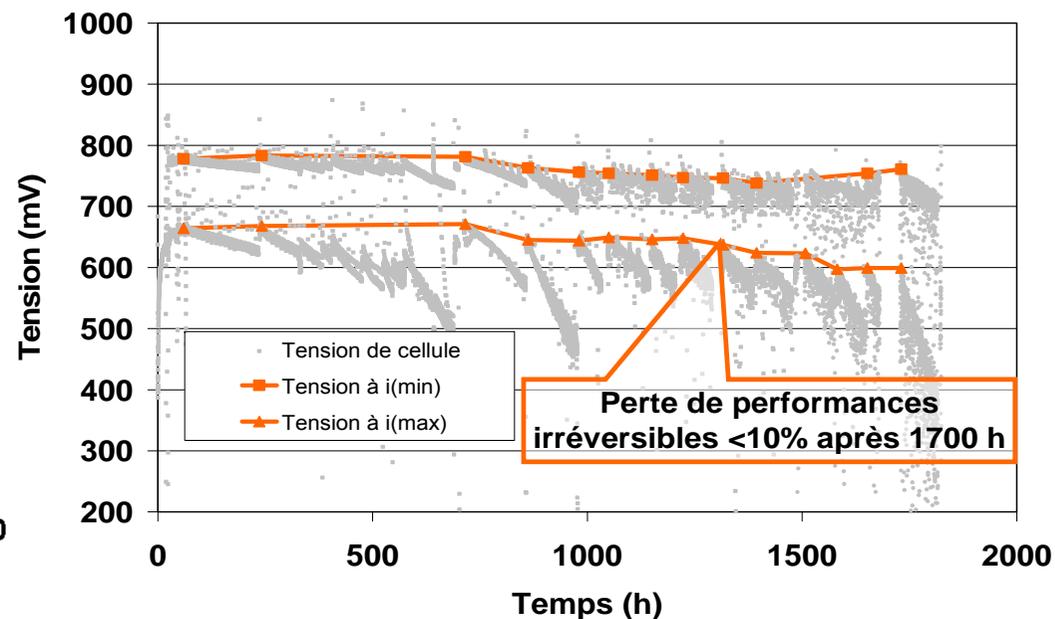
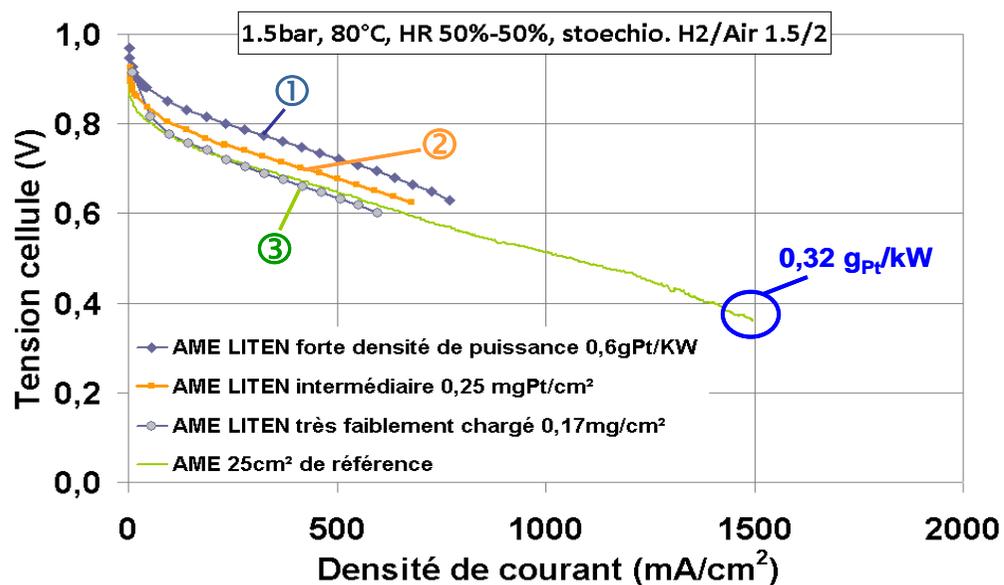


Essais performances et durabilité, nouveaux composants, avec polluants...



2. Développement/Caractérisation Composants

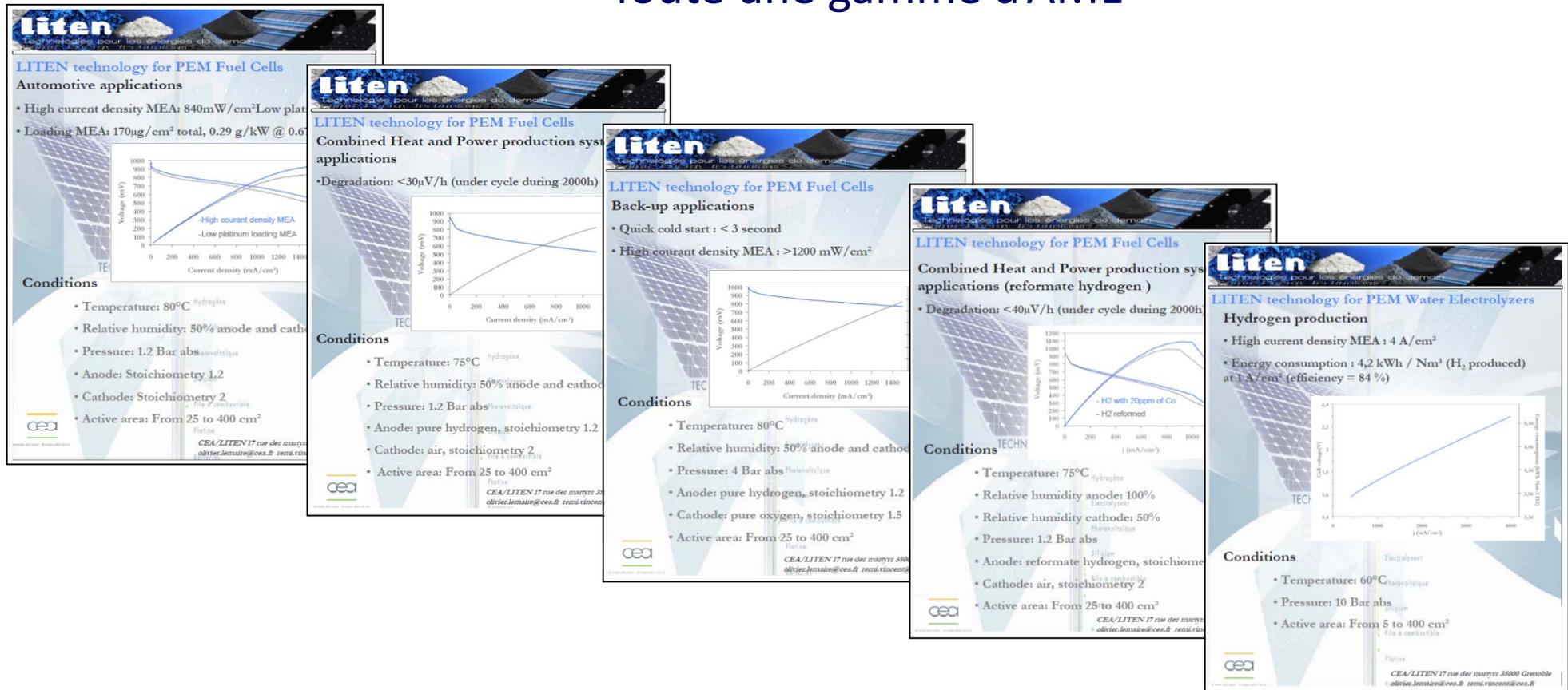
Diminution de la quantité de platine



1500 heures de fonctionnement pour un AME faiblement chargé en platine (0,25 gPt/kW), dans les conditions représentatives de l'application transport [chargements typiques 0,5-0,8 gPt/kW]

2. Développement/Caractérisation Composants

Toute une gamme d'AME



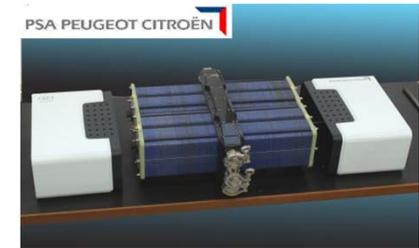
- ⇒ Différentes applications, différentes conditions de fonctionnement
- ⇒ Point fort : adaptation des AME aux cahiers des charges

2. Développement/Caractérisation Composants

Un panel de piles

Design « F » **300 kW**
Metallic stack

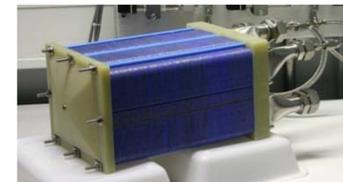
Design « G » **80 kW**
Metallic stack



Design « F » **14 kW**
Metallic stack



EPICEA
3 kW
Composite stack



Design « G » **20 kW**
Metallic stack

RobotPAC
150 W
Graphite stack



Marathon Shell
200 W
Graphite stack

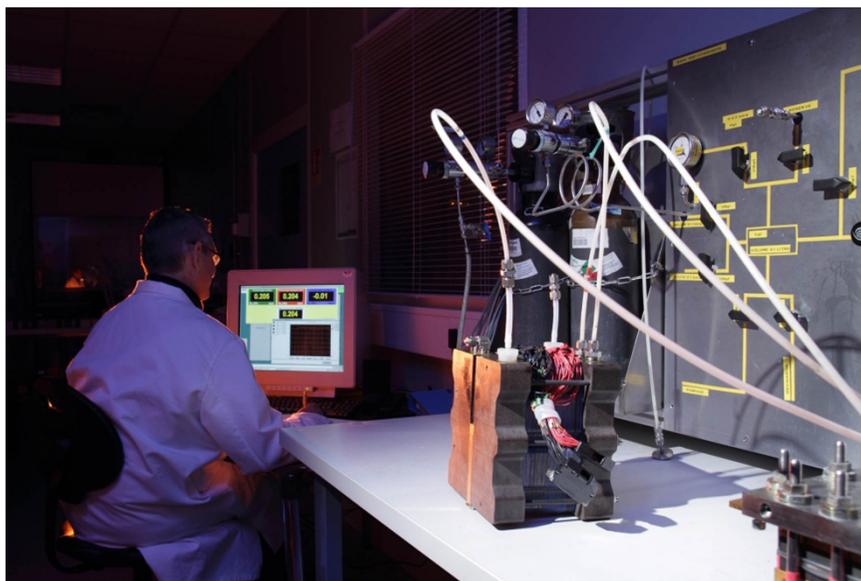


Design « D »
500 W
Metallic stack



Des moyens d'assemblage des piles

- Métrologie des composants
- Presse d'assemblage
- Banc de test d'étanchéité



depuis 2005

> 900 kW and >220 piles assemblées

> 25 000 h de test de piles

3. Réalisation / Test de Systèmes



**Transport
Spécifique**

Aéronautique

**Stationnaire
avec/sans reformage**



Plaisance, maritime

Systèmes CEA 5 kW_{elec}

PROSPAC

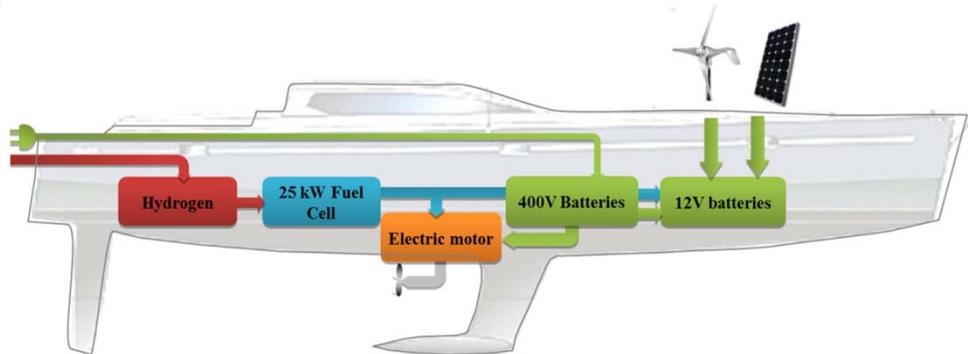
EPICEA

energie atomique • energies alternatives

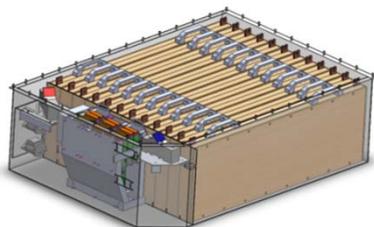


**Couplage aux EnR
pour site isolé ou
réinjection réseau**

3. Réalisation / Test de Systèmes – Voilier Zéro CO₂



Batterie



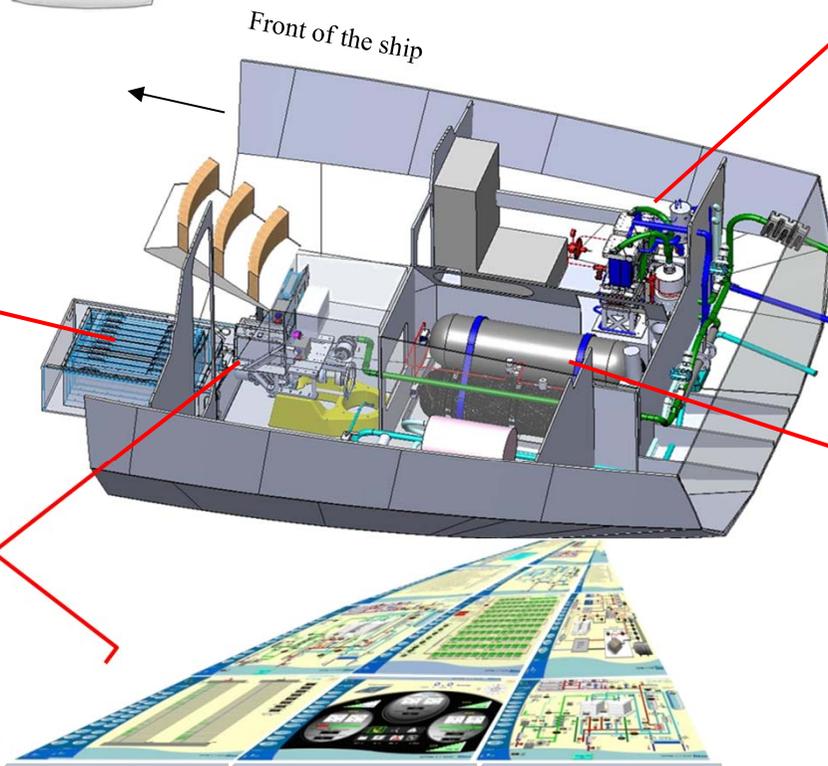
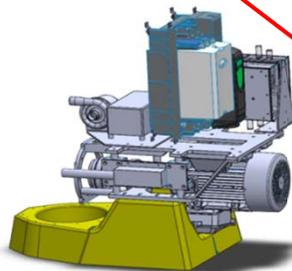
- CEA design
- LiFePO₄
- 40 Ah et 400 V
- 14.8 kWh



energie atomique • énergies alternatives

Motor

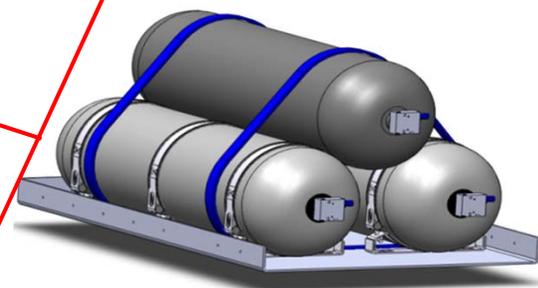
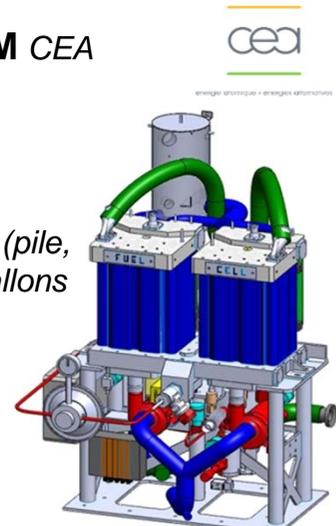
- 23 kW (1800 r/min – 110 N.m)



835 sensors 550 safety thresholds Monitoring

Système PEM CEA design (25 kW)

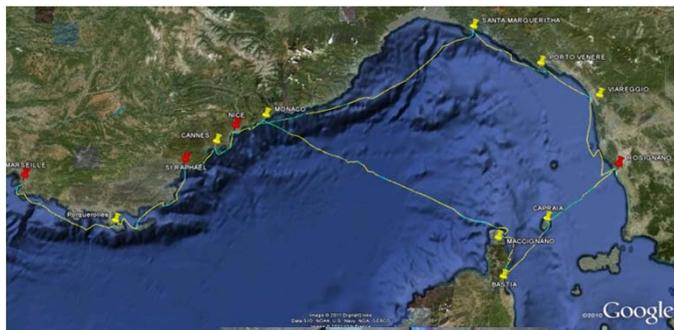
- 2 piles CEA
- 3 circuits de refroidissement (pile, électronique, ballons d'eau)



Hydrogen storage

- 3 réservoirs 150 L, Type III
- 35 MPa
- masse H₂ : 10.5 kg
- 350 kWh (PCI)

3. Réalisation / Test de Systèmes – Voilier Zéro CO₂



2011



November 10

July-September 10



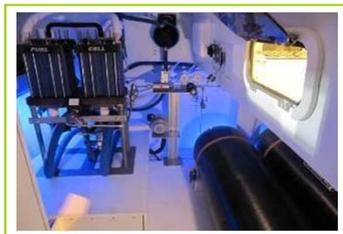
June 10



April 10



December 09



September 09



Approche intégrée des PAC :

- Intégration de ruptures technologiques par les nanomatériaux et/ou par l'intégration système
 - Développement de composants “sur mesure” pour les applications visées
 - Validation rapide des innovations “matériaux” et “architectures” dans des systèmes “plug and play”
- Transfert technologique accéléré
- Détermination des axes de R&D pertinents

