

# Les programmes de R&D, les essais et démonstrations

Victor Sanchez (CNRS) et Anne Falanga (CEA)

# Les technologies PAC (PEMFC, SOFC, $\mu$ PAC) les filières carburants

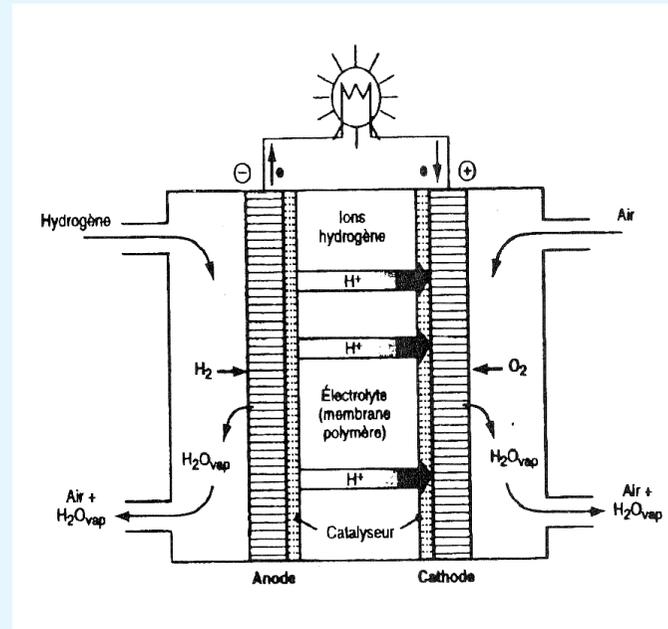


## Couplage Technologie/Segment de marché

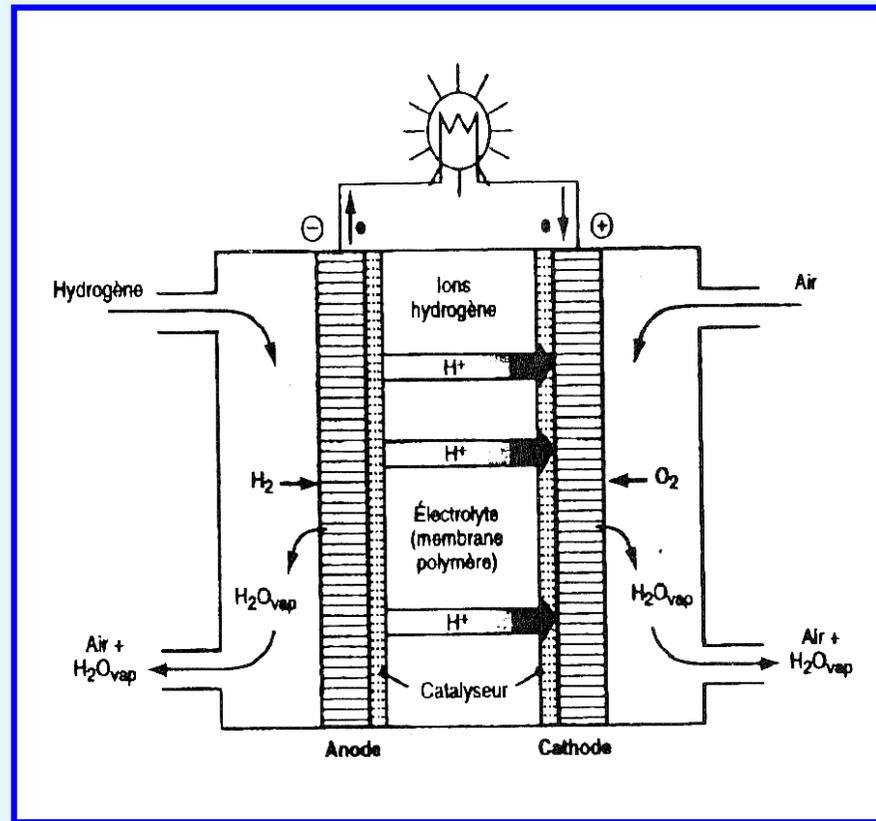
- ✱ **Identification des points durs**
- ✱ **Les solutions proposées et les premières avancées**
- ✱ **Les outils pour construire une « bonne offre de recherche »**

# Les points durs de la PEMFC

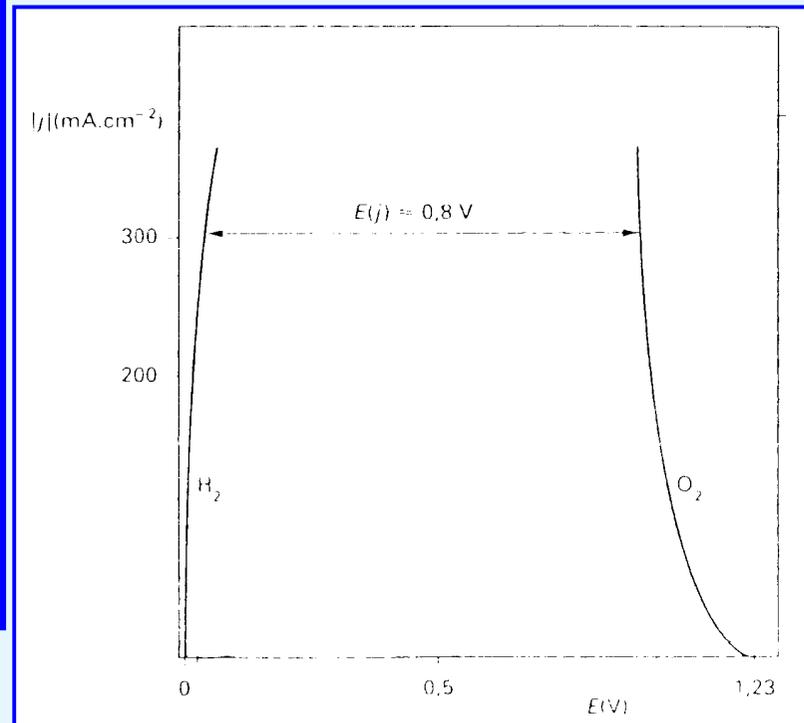
- ❑ Membranes : Electrolyte - échangeur de protons
- ❑ Electrodes
- ❑ Plaques bipolaires
- ❑ Gestion du système : électricité, eau, thermique



# PEMFC



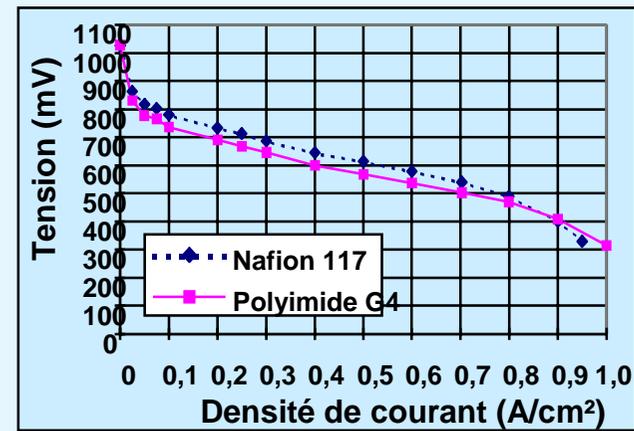
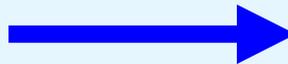
Principe d'une PEMFC



Courbe densité de courant-potential pour une électrode à combustible hydrogène et une électrode à oxygène

# Membranes

- Polymères aromatiques sulfonés, polysulfonés
- Polyéther-cétone (PEK), Polyéther éther-cétone (PEEK)
  - acides sulfoniques greffés directement sur la chaîne macromoléculaire
  - distribution des fonctions acides sulfoniques tout le long des chaînes
- Polyimides sulfonés
- Copolymères hautement fluorés fonctionnalisés
- Caractérisation physico-chimique et électrochimique



# Electrodes

## ➔ Actuellement

Pt dispersé sur carbone ou sur charbon actif à grande surface spécifique

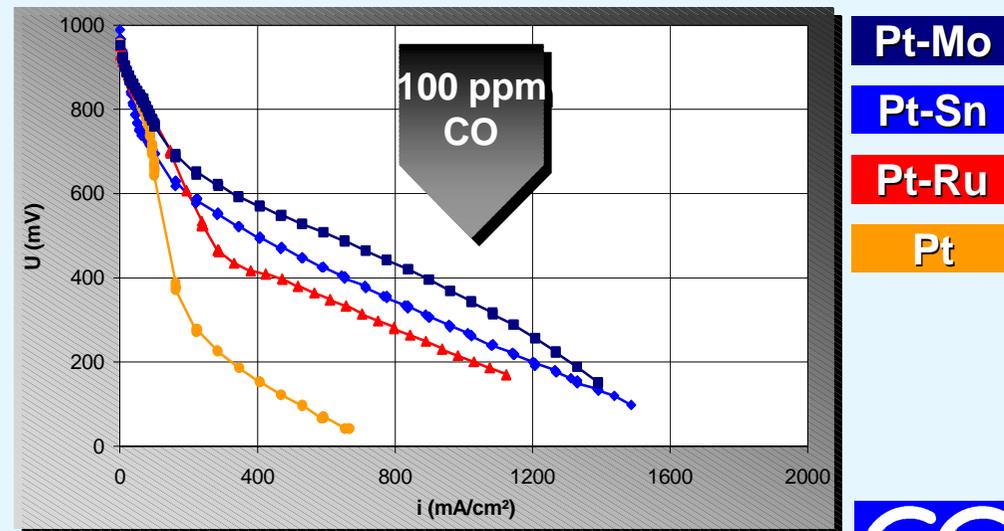
## ➔ Objectifs

Catalyseurs bimétalliques d'oxydation et de réduction :

Pt supporté sur des matériaux carbonés modifiés par des ajouts

## ➔ Premiers résultats

⇒ résistance accrue au CO



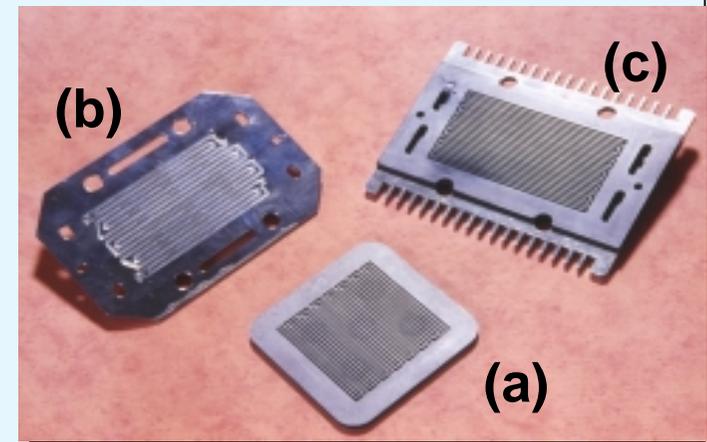
# Plaques bipolaires

## ❑ Fonction

- ✓ Conducteur de courant
- ✓ Distribution des fluides
- ✓ Transfert de chaleur

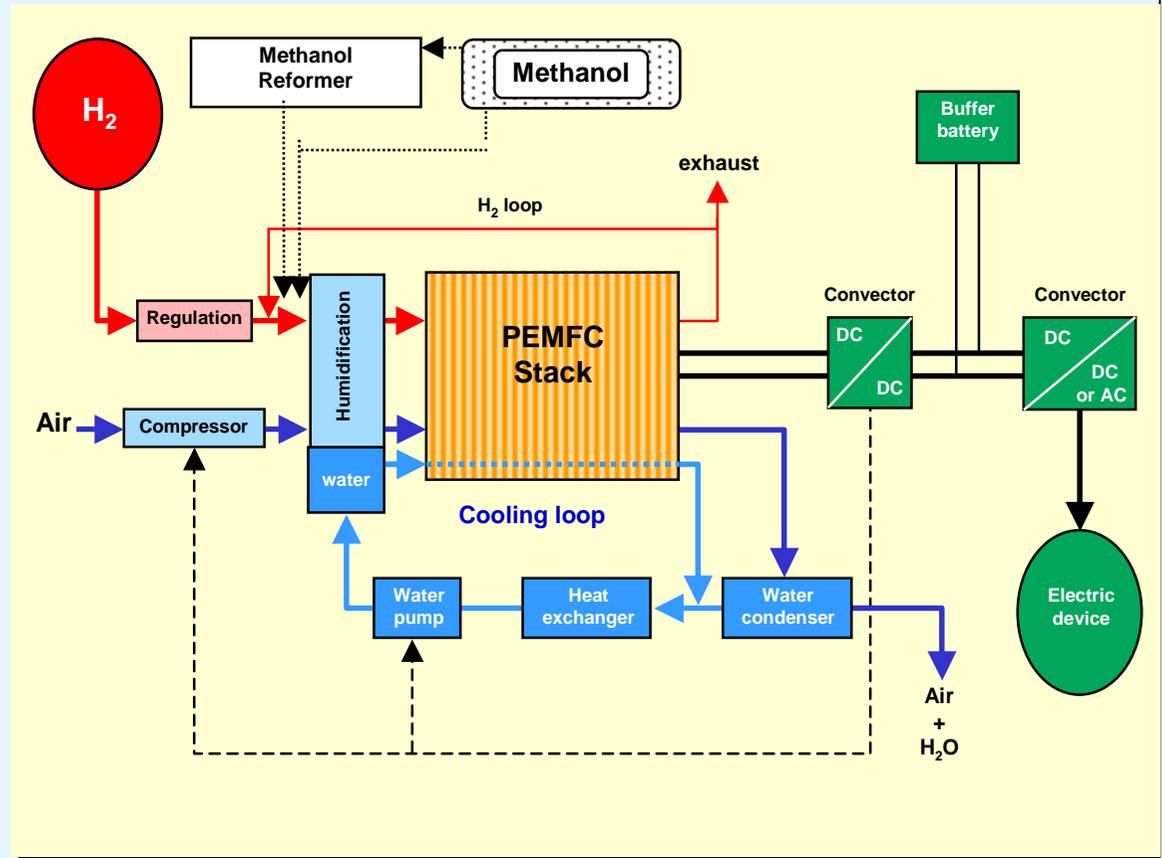
## ❑ Objectifs

- ✓ **Matériaux et architectures**
  - métalliques, composites
  - poreux, canaux
- ✓ **Gestion de la chaleur**



# Gestion du système

- ❑ Aménée des fluides
- ❑ Evacuation des produits
- ❑ Gestion de l'électricité
- ❑ Thermique



# Gestion de l'électricité

- \* Architecture  
série  
série-parallèle
- \* Convertisseurs à fort courant
  - continu-continu pour le transport
  - continu-alternatif pour le stationnaire
- \* Comportement aux variations de charge  
électrique

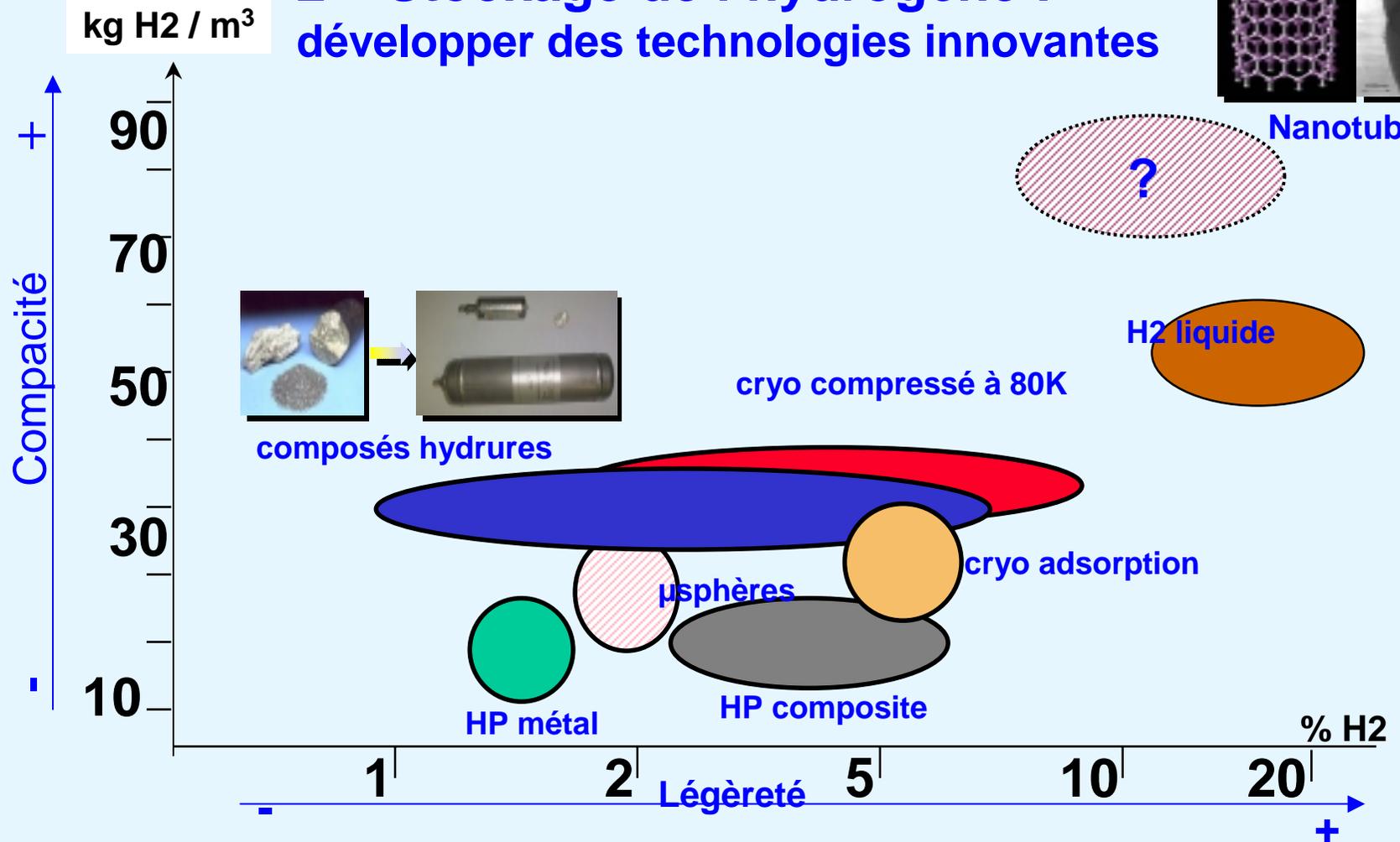
# Hydrogène et PAC dans les transports

## 1 – Pile à combustible augmenter le rapport performances/coût



# Hydrogène et PAC dans les transports

## 2 – Stockage de l'hydrogène : développer des technologies innovantes



# Conception et qualification d'un réservoir Hydrogène

## 3 – Garantir la sécurité

- Test de chute



Chute de 14 m d'un réservoir au Terrain Expérimental Extérieur du CESTA

- Crash test



Impact à 65 km/h d'un véhicule sur réservoir au Terrain Expérimental Extérieur du CESTA

## 4 - Mettre en place une stratégie de transition pour la production H<sub>2</sub>

### A court terme

✱ Utiliser les technologies et les infrastructures existantes, les moins polluantes (ex reformage GN) pour promouvoir l'hydrogène à un coût acceptable



Démonstration



### A moyen/long terme

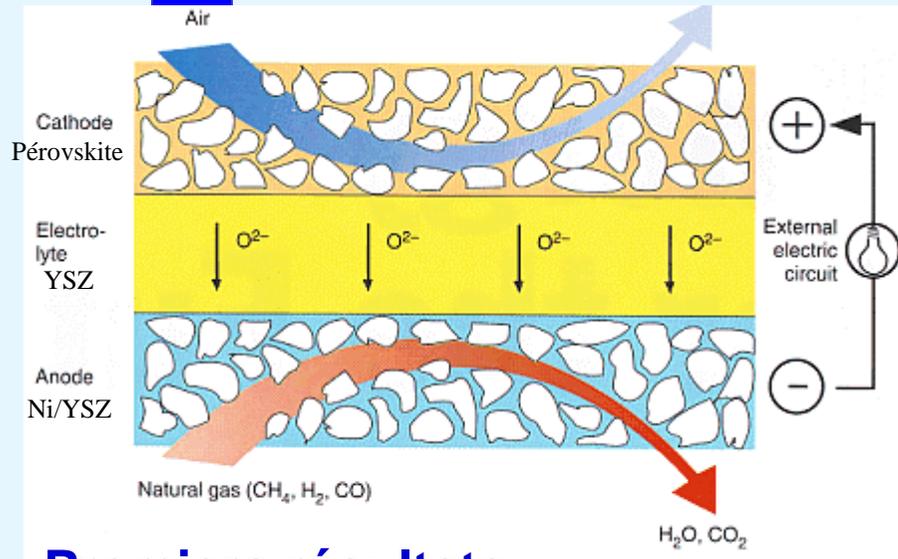
✱ Développement de nouvelles technologies pour produire « H<sub>2</sub> propre »

✓ Reformage avancé (*compacité, efficacité énergétique, multi-carburants*)

✓ Production de biocarburants par traitements thermo-chimiques de la biomasse

✓ Pour le long terme : Electrolyse avancée, cycles thermo-chimiques,...

# La SOFC et son carburant dans le stationnaire



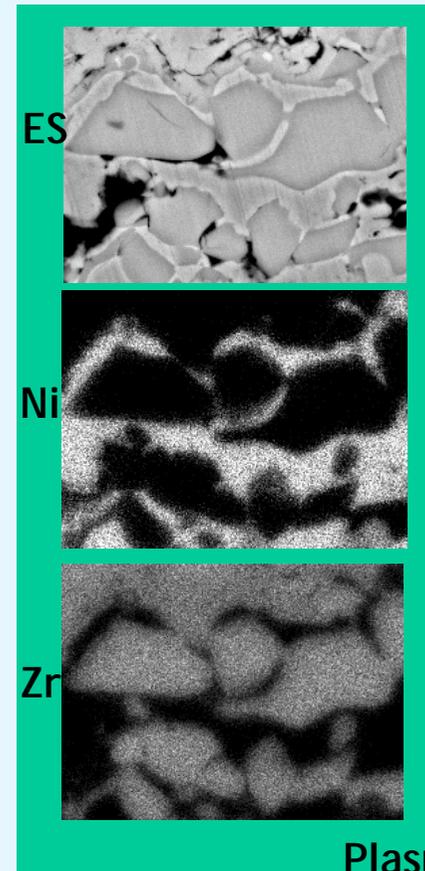
## Objectifs

- Reformage interne progressif du méthane
- Développement de nouveaux matériaux pour abaisser la température
- Nouvelles architectures

## Premiers résultats

Lien clair entre les performances électrochimiques et la microstructure des électrodes

- Anode : la percolation de Ni est un paramètre de premier ordre
- Cathode : le rôle de la microstructure devient important lorsque l'on baisse la température
- Une microstructure fine permet d'augmenter la densité de sites réactionnels et de mieux compenser une baisse d'activation thermique



## Comportement des anodes

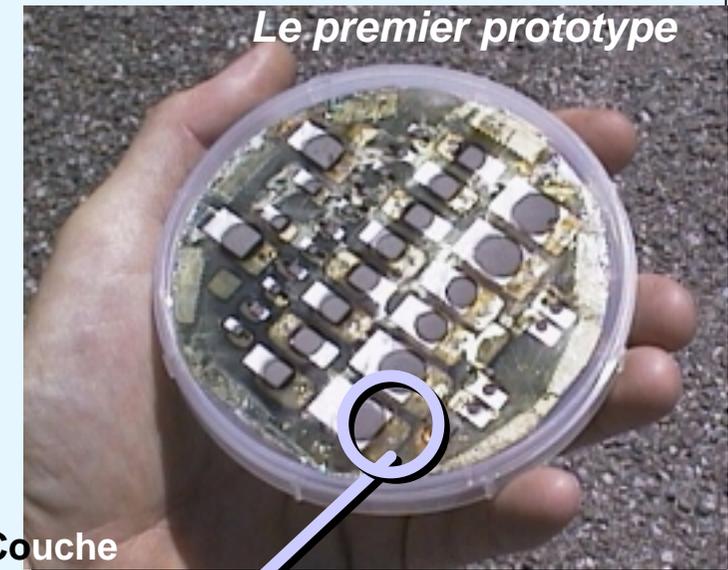
- Une bonne conduction électronique en plasma grâce aux nappes de Ni fondu
- Accessibilité des gaz ?

# Les micro-PAC pour les portables

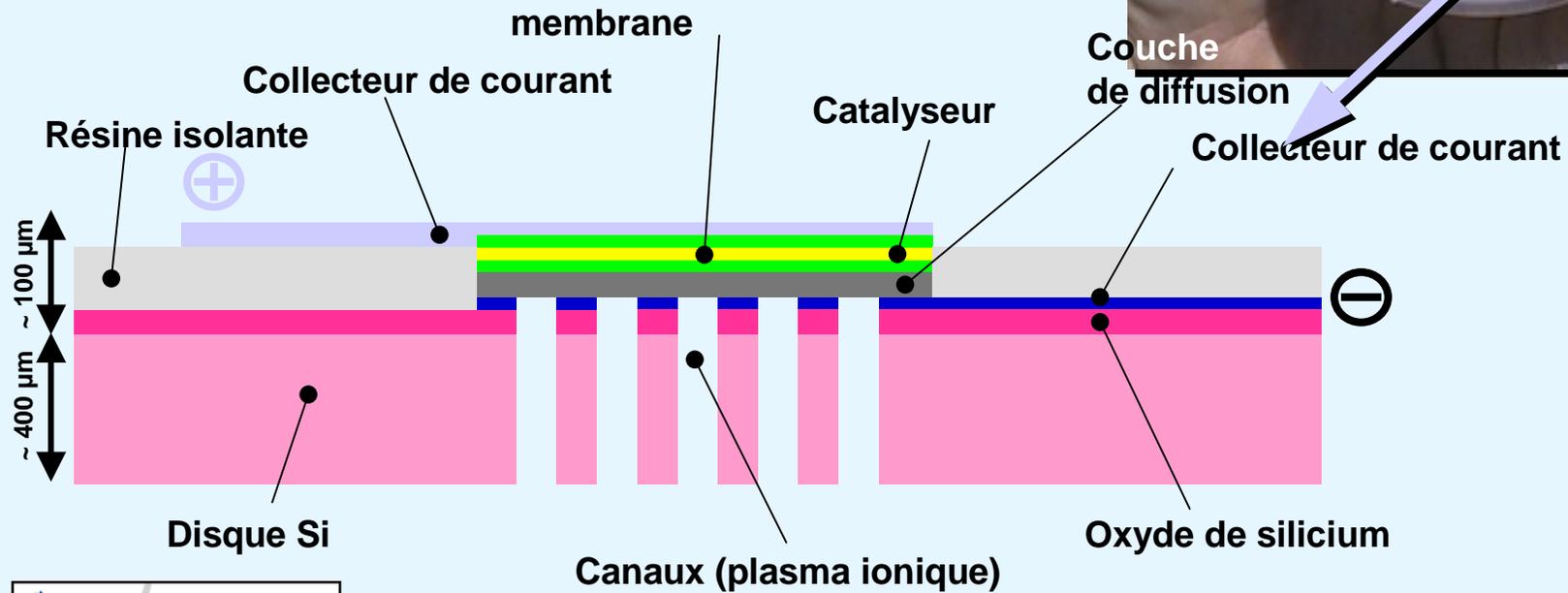
- Objectifs

## Développement de micropiles H2

- Puissance : 0.5 à 1 W
- Tension : 3 V
- Volume total proche de 20 cm<sup>3</sup>
- Poids total : < 40 g



Le premier prototype



# Les outils pour construire une « bonne offre de recherche »

➔ Les projets : projets industriels, PACo, ministères, Ademe, projets européens, ...

➔ Couplage Recherche de Base - Recherche  
Technologique – Développement industriel

➔ Les réseaux thématiques : GdR, réseaux européens,...

➔ Les plate-formes d'essais et les démonstrations

INRETS

CNAM

ENSCP

Ecole des Mines

UTBM



Ecole Polytechnique

IFP



# Projet européen appliqué au transport urbain projet FC-BUS, Fuel Cell Scania Midi City Bus

## Objectif

- Démonstration d'un bus hybride équipé de 2 PEMFC de 30 kW
- Puissance totale : 150 kW
- Stockage H<sub>2</sub> : 200 bars
- Autonomie : 250 km

## Partenaires :

- Scania, Air Liquide, Nuvera, SAR, Université de Gênes, CEA

## Contribution du CEA

- Evaluation d'un système PEMFC
- Expérimentation et Modélisation des réponses hydraulique, thermique et électrique



# Les plate-formes d'essais et les démonstrations

- Plate-formes technologiques pour tester les composants et les systèmes, intégration



Intégration des Nouvelles Energies dans les Véhicules Autopropulsés à Belfort-Montbéliard-Nancy

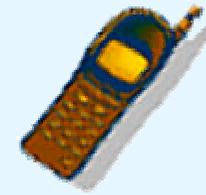
- Démonstrations
  - ✓ Fin 99 : alimentation d'un groupe HLM à Chelles, PAFC 200kW, EDF-GDF
  - ✓ Début 2003 à Paris, exploitation par la RATP d'un bus Cristallis (PEMFC 60 kW),
  - ✓ ....Ville pilote pour H2 et PAC....

# L'hydrogène et la pile à combustible

...Les évolutions requises pour relever le défi ...

✱ Des avancées significatives ont été obtenues, les axes de progrès sont identifiés

✱ Les coûts restent encore trop élevés



- ✓ Innovations technologiques (croisement de métiers, pluridisciplinarité)
- ✓ Analyses **technico-économiques** et **environnementales** sur l'ensemble de la filière H<sub>2</sub> : production, stockage, transport/distribution, utilisation
- ✓ Partenariat industriel ⇒ pré-industrialisation
- ✓ Besoin de **soutien aux démonstrations**



Intégration dans l'espace européen de la recherche

thème majeur du 6<sup>ème</sup> PCRD

Le principal défi : H<sub>2</sub> énergie