

Après le pétrole....

vecteur des énergies de demain

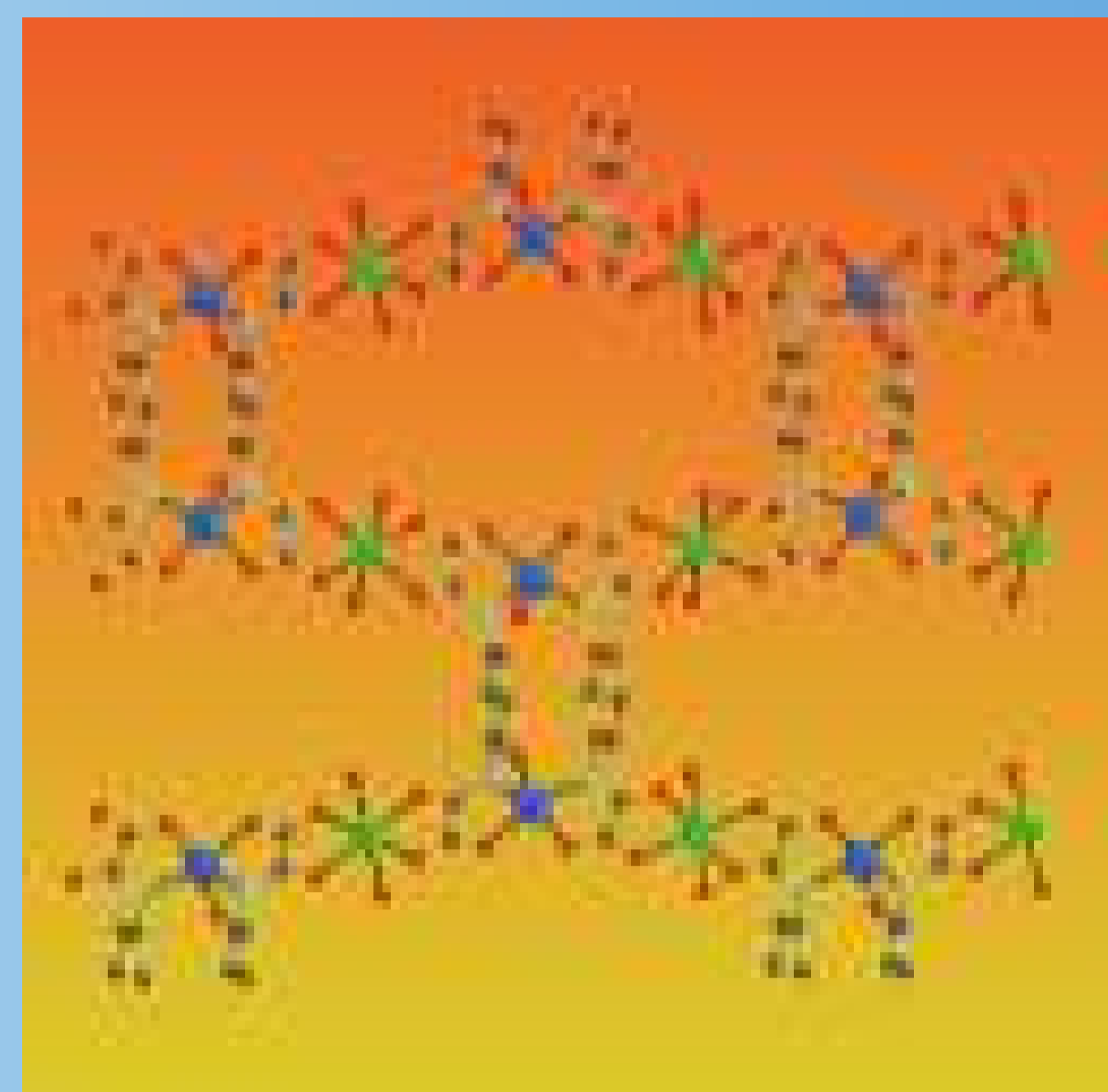
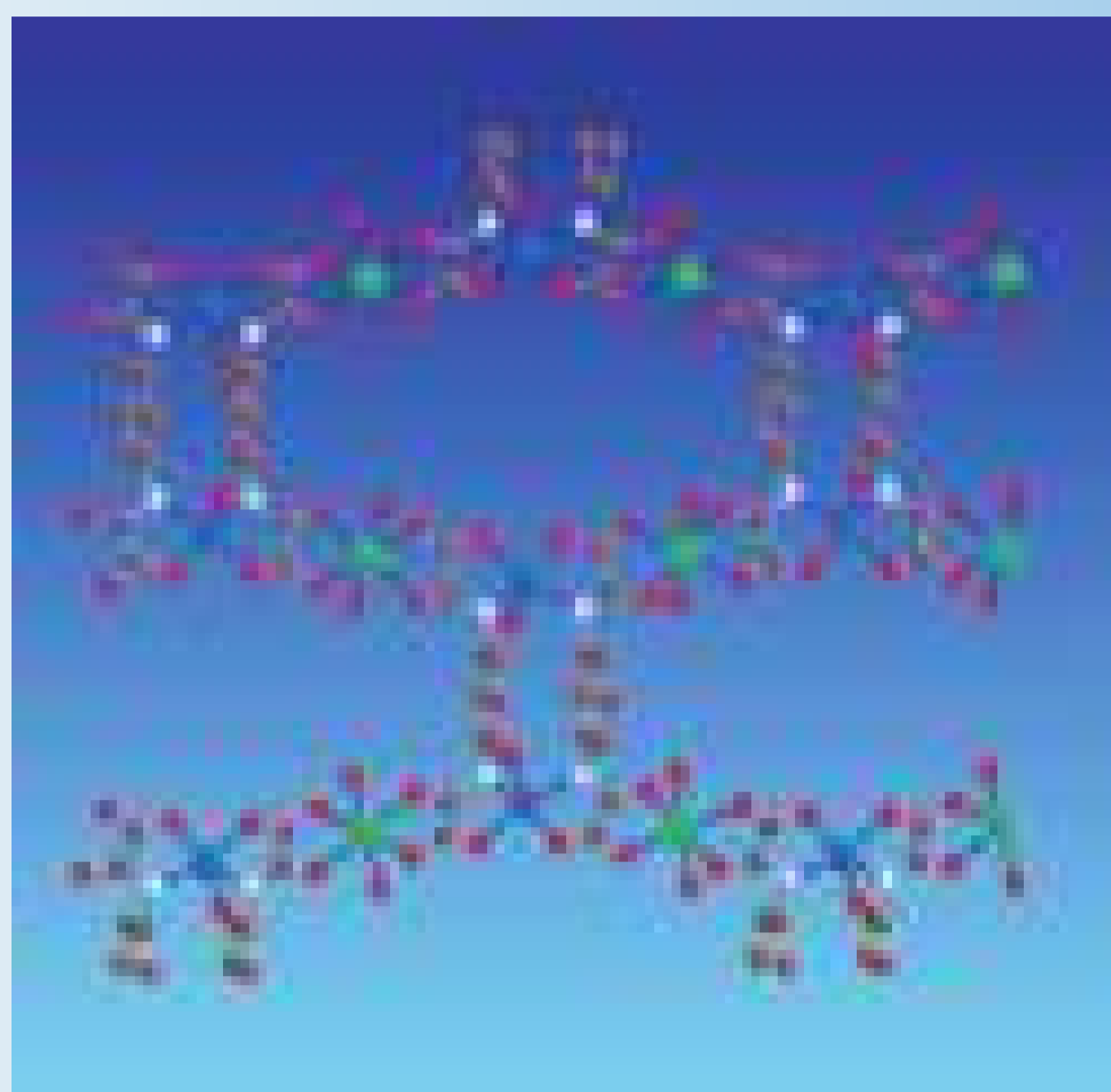
l' H_2 hydro-
gène ?



Institut de Chimie Moléculaire et des Matériaux d'Orsay UMR8182

287 personnes
dont 106 étudiants

www.icmo.u-psud.fr



Précipitation d'un complexe



Spectromètre de masse

OBJECTIFS

- **Architectures moléculaires complexes**

Méthodologie en synthèse organique, catalyse asymétrique, chiralité

- **Chimie-Biologie**

Chimie biologique des sucres, rôle des métaux dans le monde vivant, synthèse de molécules d'intérêt thérapeutique

- **Matériaux et nanochimie**

Oxydes métalliques à propriétés remarquables, métaux, biomatériaux, nanomatériaux, surfaces, couches minces

- **Environnement**

Chimie verte, chimie organique dans l'eau, dépollution, photosynthèse, hydrogène, catalyse biomimétique

- **Calcul**

Simulation numérique, modélisation moléculaire, chimie quantique



Salle de distillation



Spectromètre PRE





Après le pétrole... l' H_2 hydrogène ?

H_2 : vecteur des énergies de demain

Énergies fossiles
=
sources de pollutions



- Émission de gaz à effet de serre
- Modifications climatiques
- Réchauffement de la planète
- Réserves limitées
- Conflits pour le contrôle des réserves

Jules Verne, *l'Île mystérieuse*

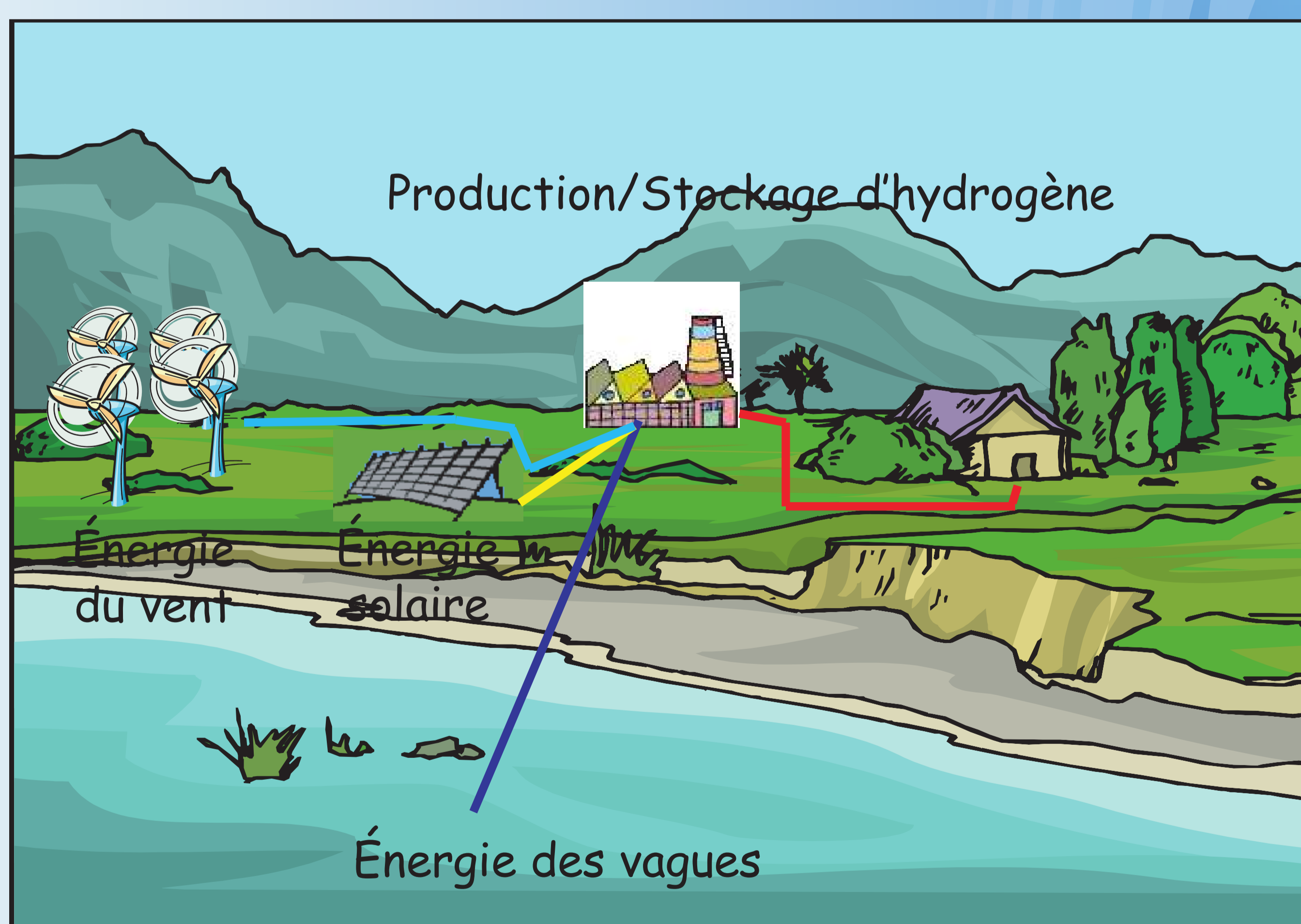
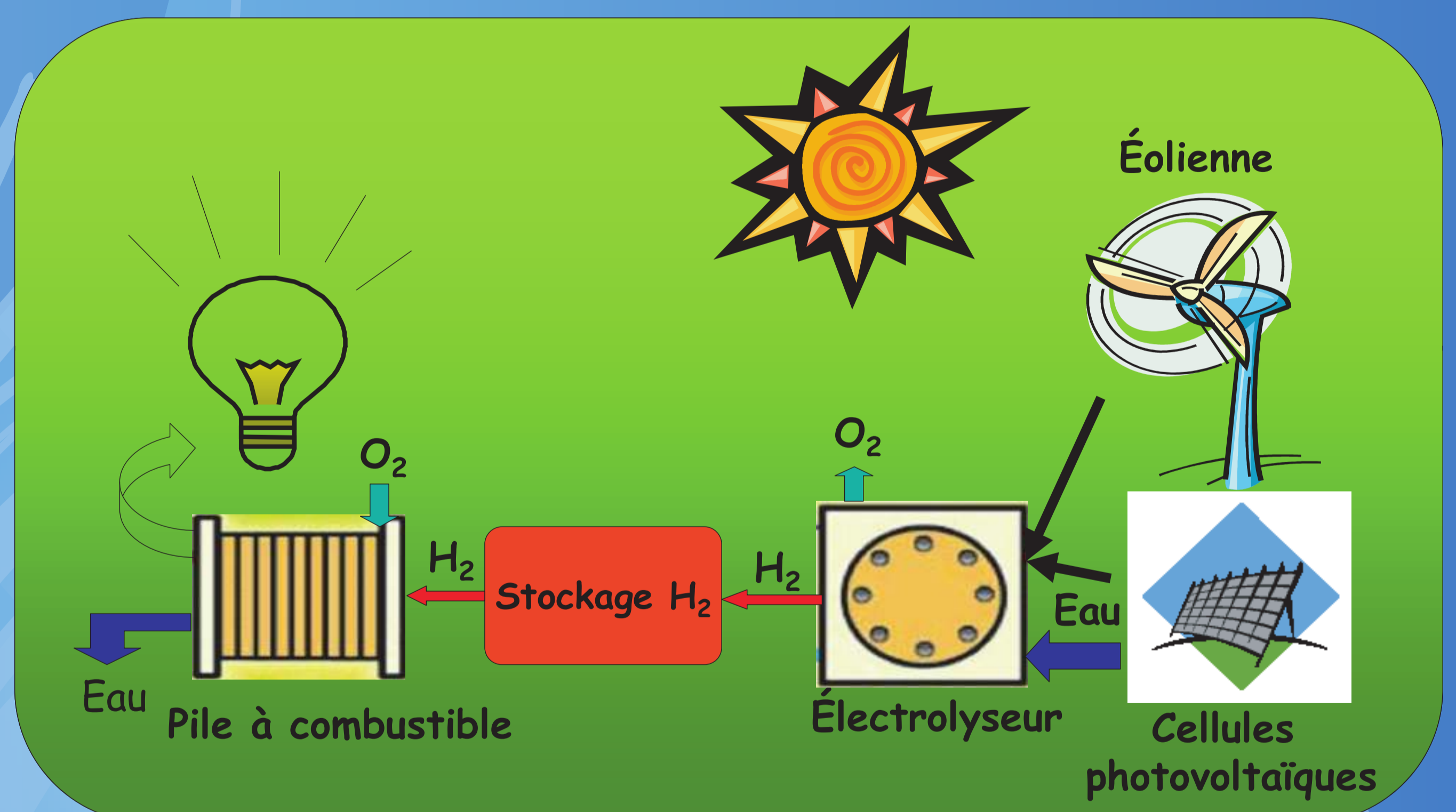
« Oui mes amis, je crois que l'eau sera un jour employée comme combustible, que l'hydrogène et l'oxygène... fourniront une source de chaleur et de lumière inépuisable et d'une intensité que la houille ne saurait avoir. »

Cyrus Smith

Un cycle écologiquement propre

stockage des énergies renouvelables grâce à l'eau décomposée en hydrogène (H_2) et oxygène (O_2)

L'eau consommée est intégralement restituée



Une chaîne technologique maîtrisée...

- systèmes éoliens, photo-voltaiques
- production d'hydrogène par électrolyse
- transport et stockage
- utilisation : piles à combustible

... à optimiser



Contact :
P. MILLET - Université Paris-sud, ICMO, Bât. 410, 91405 - Orsay cedex
Tél : 01 69 15 48 12
pierre.millet@icmo.u-psud.fr



Production d'hydrogène par électrolyse de l'eau sur membrane polymère acide (PEM)

C. Puyenchet¹, C. Etievant¹, A. Deschamps¹, P. Millet²

1- CETH, Innov'Valley Entreprises, Route de Nozay, 91460 Marcoussis, France; Tél : +33-1.6963.6857, e-mail : christophe.puyenchet@ceth.fr

2- Université Paris-sud, ICMMO, Bâtiment 410, 91405 Orsay Cedex, France; Tél : +33-1.6915.4812, e-mail : pierre.millet@icmo.u-psud.fr

OBJECTIFS

- Développer un électrolyseur du type GenHy® 1000
- Production d'H₂ : 1000 L/h
- Production d'O₂ : 500 L/h

PROGRAMME DE RECHERCHE

- Projet européen GenHy® PEM
- 10/2005 - 10/2008 ; budget : 2,2 millions d'euros
- Soutien région Île-de-France

Utilisation des énergies renouvelables

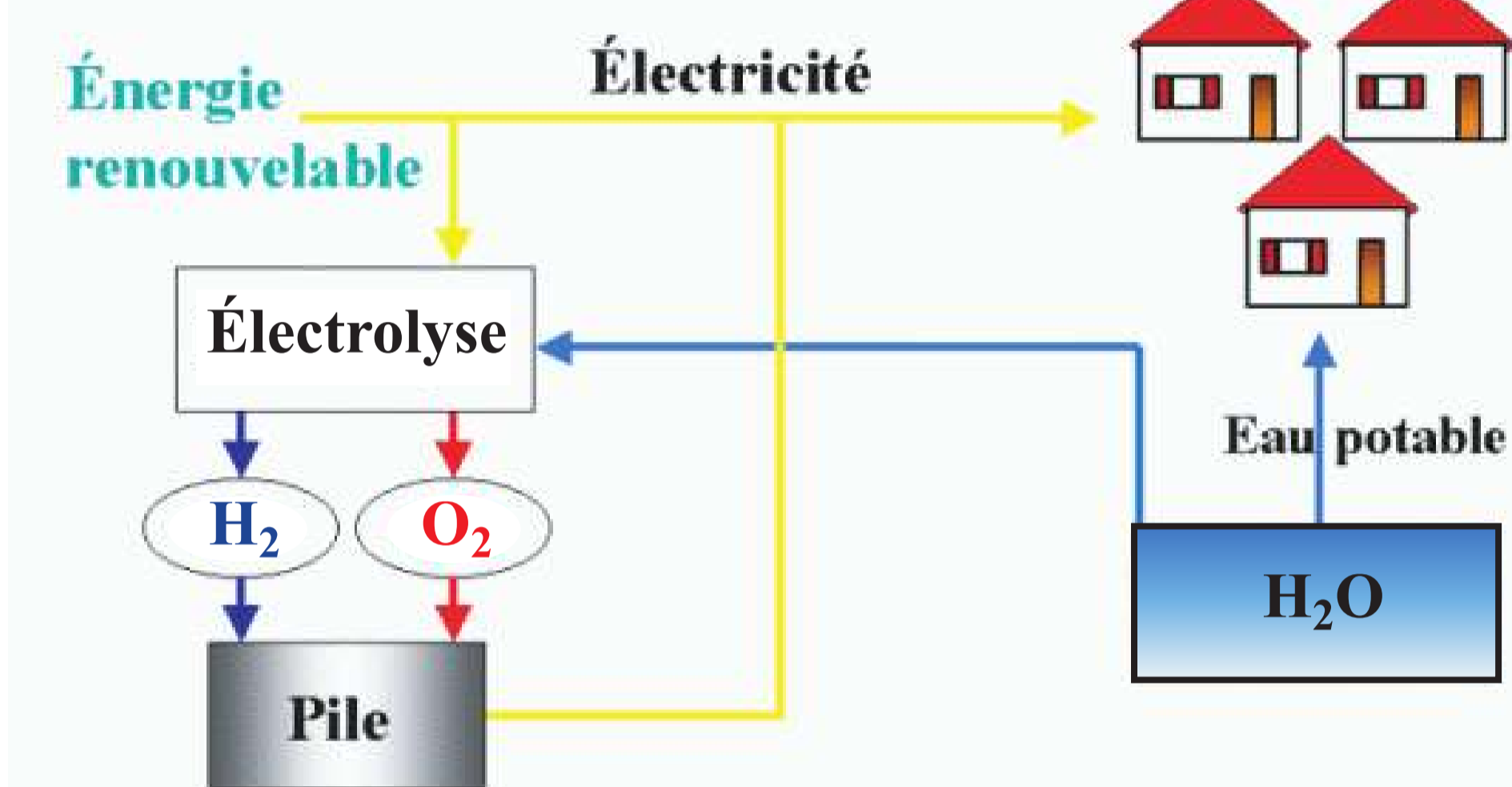


Figure 1 : Schéma d'une installation permettant de capter les énergies renouvelables pour satisfaire les besoins énergétiques domestiques

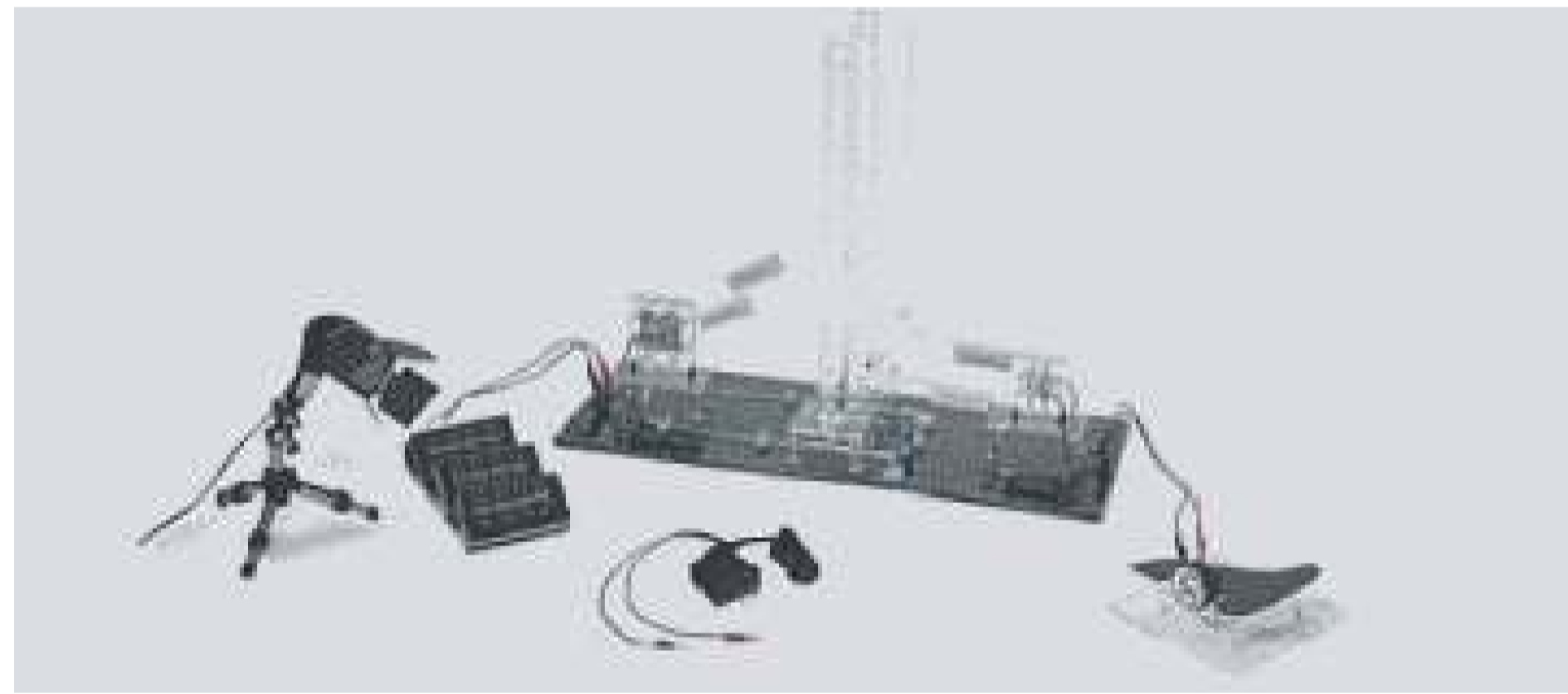


Figure 2 : Maquette illustrant le cycle des énergies renouvelables et le rôle de l'hydrogène comme vecteur énergétique

Principe de l'électrolyseur PEM

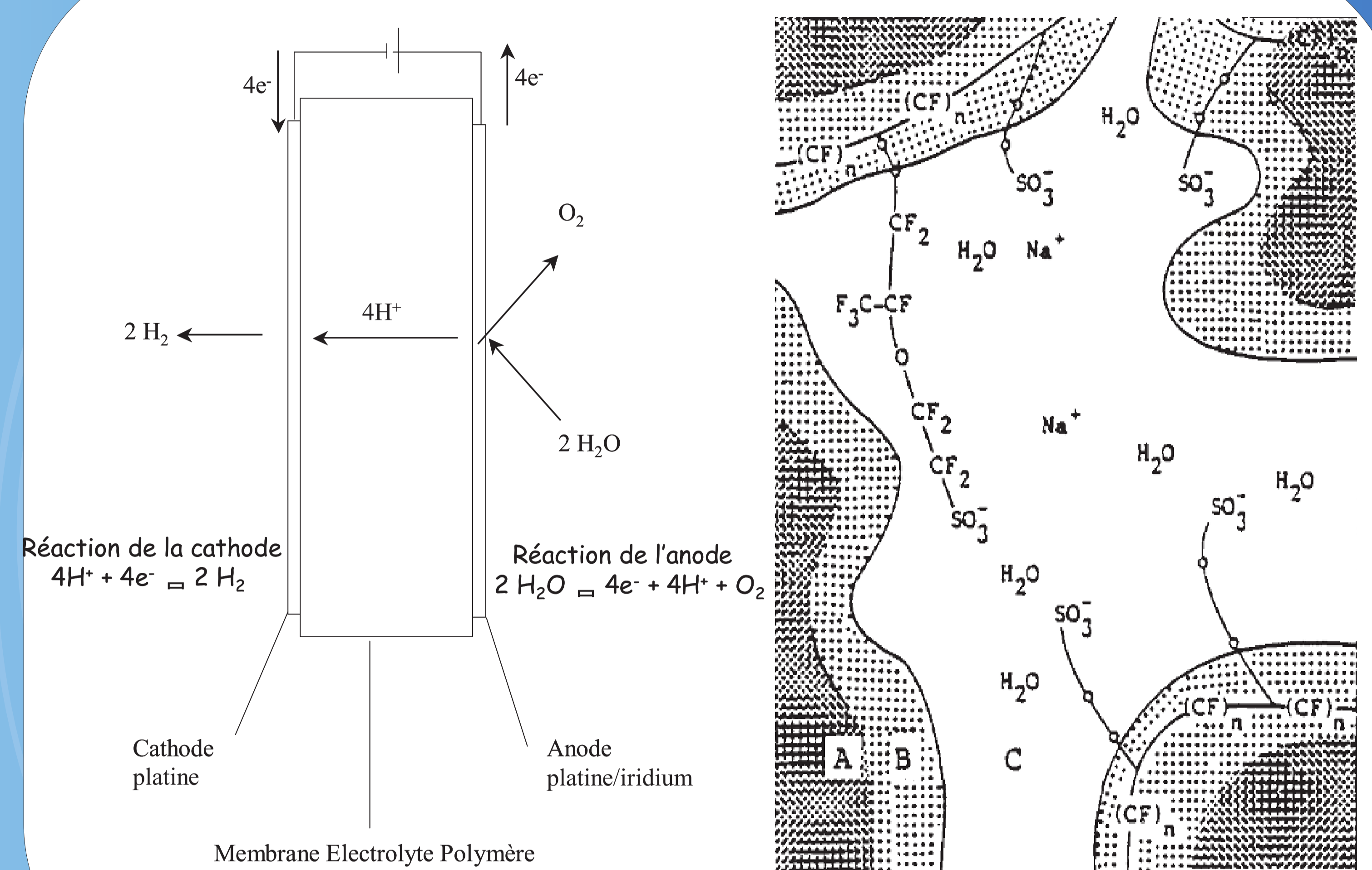


Figure 3 : Cellule d'électrolyse PEM

Figure 4 : Microstructure du polymère (Nafion®) utilisé comme électrolyte solide

Applications industrielles



Figure 5 : Mono-cellule de 250 cm² en test

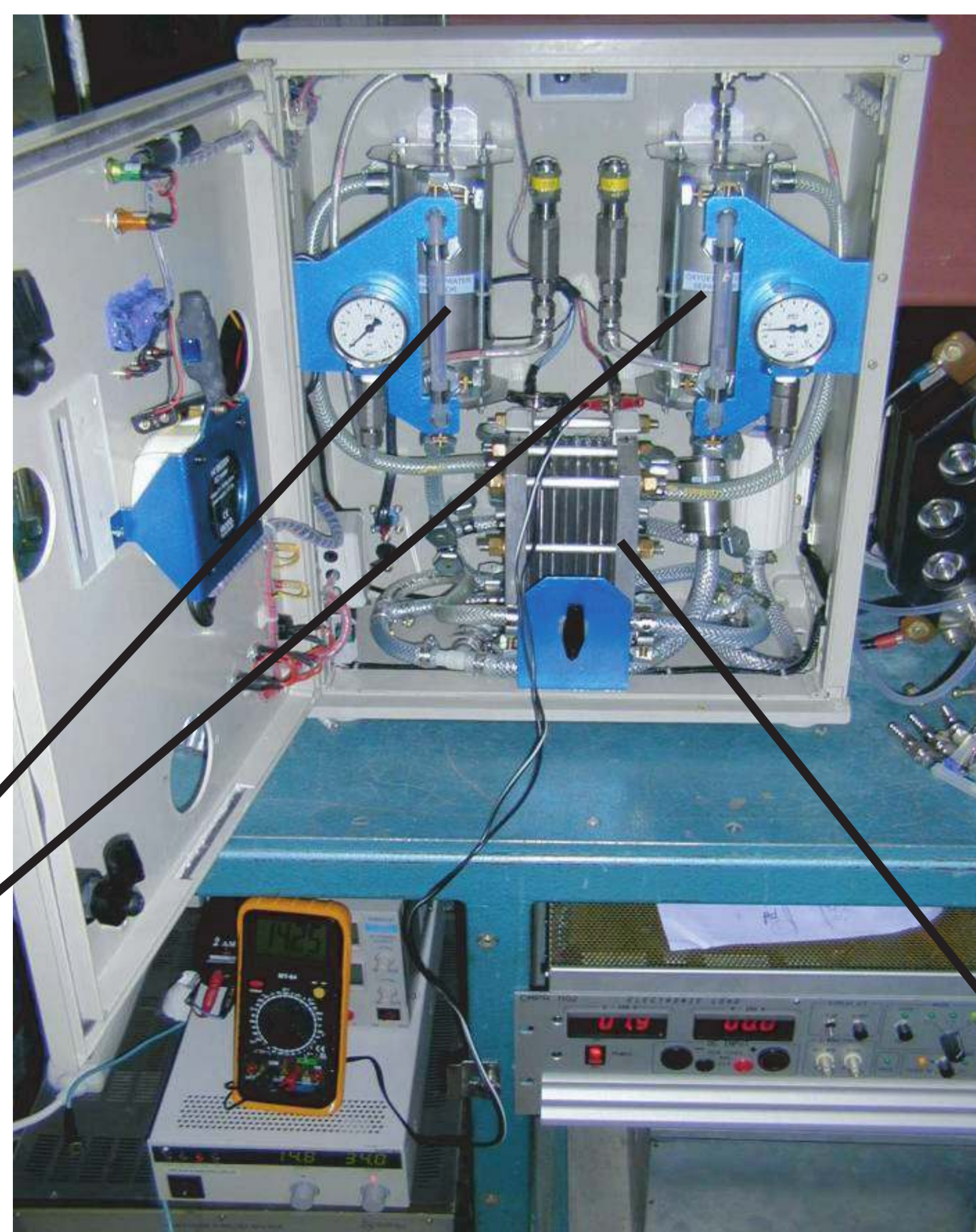


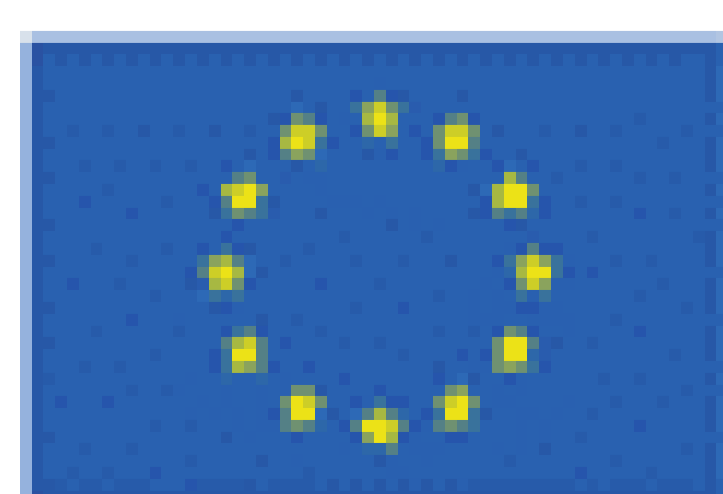
Figure 6 : Electrolyseur PEM de classe GenHy®100 pour des applications en laboratoire



Figure 7 : Electrolyseur PEM de classe GenHy®1000 pour des applications résidentielles

Réservoir d'eau pure

Électrolyseur PEM : hydrogène 100L/h





Production d'hydrogène par réformage de bio-éthanol. Purification par perméation gazeuse.

E. Gernot¹, F. Auprêtre¹, A. Deschamps¹, C. Etievant¹, P. Millet²

1- CETH, Innov'Valley Entreprises, Route de Nozay, 91460 Marcoussis, France; Tél : +33-1.6963.6857, e-mail : eric.gernot@ceth.fr

2- Université Paris-sud, ICMO, Bâtiment 410, 91405 Orsay Cedex, France; Tél : +33-1.6915.4812, e-mail : pierre.millet@icmo.u-psud.fr

Les bio-carburants : une façon commode de stocker l'hydrogène

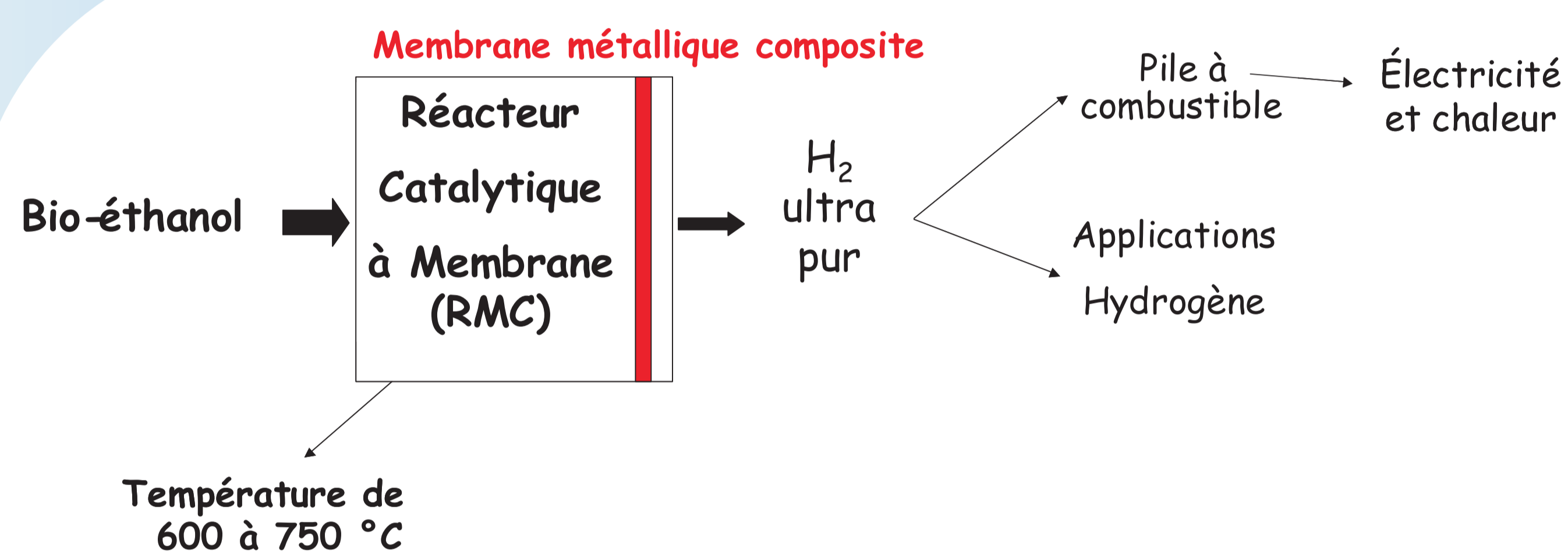
OBJECTIFS

- Production d'hydrogène par réformage de bio-carburant
- Production de H₂ > 99,99999 % pour les applications pile à combustible
- Résistance aux cycles thermiques (25 - 700 °C)

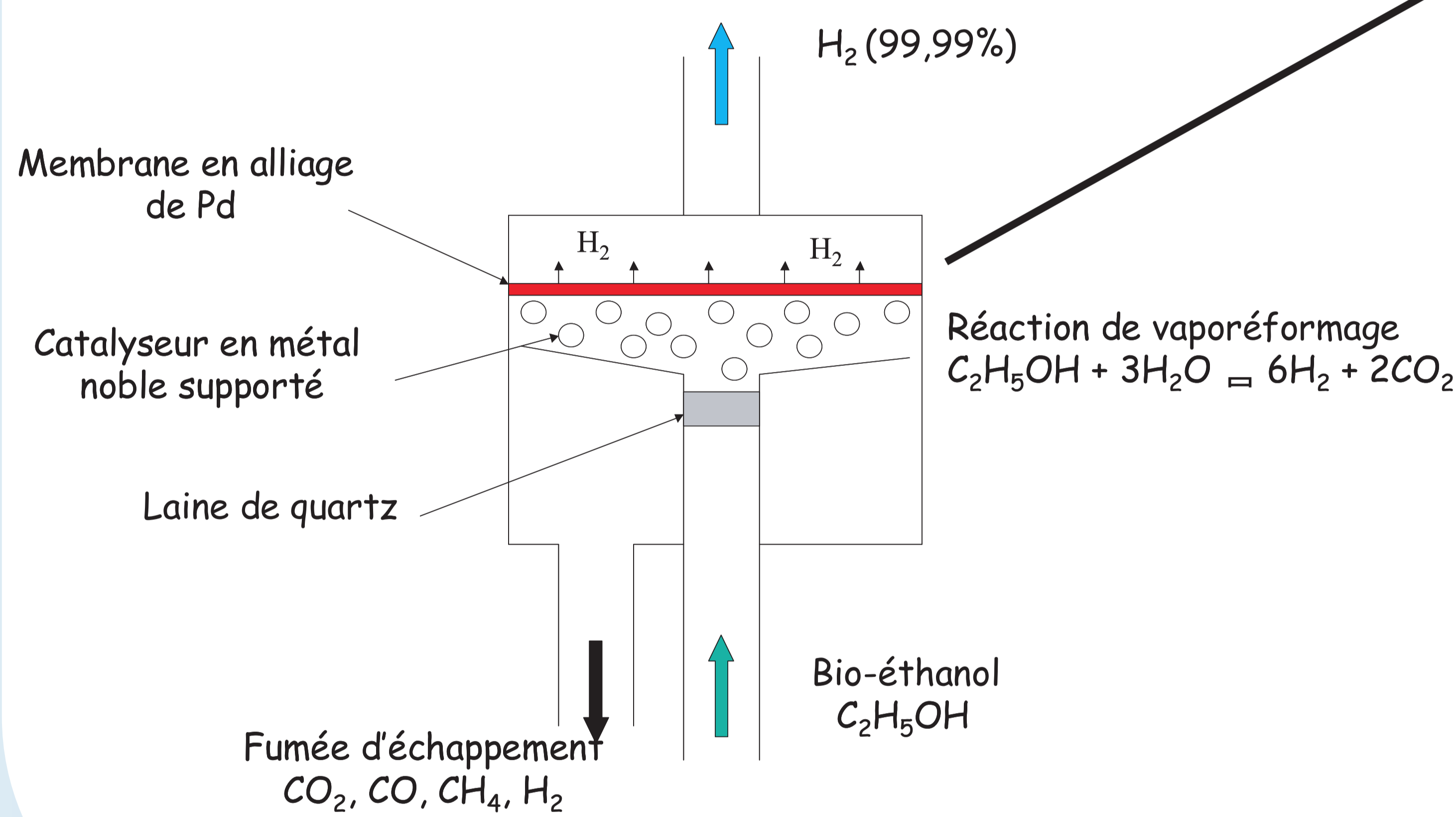
APPLICATIONS

- Cogénération stationnaire
- Réformage embarqué pour transport
- Alimentations électriques de secours

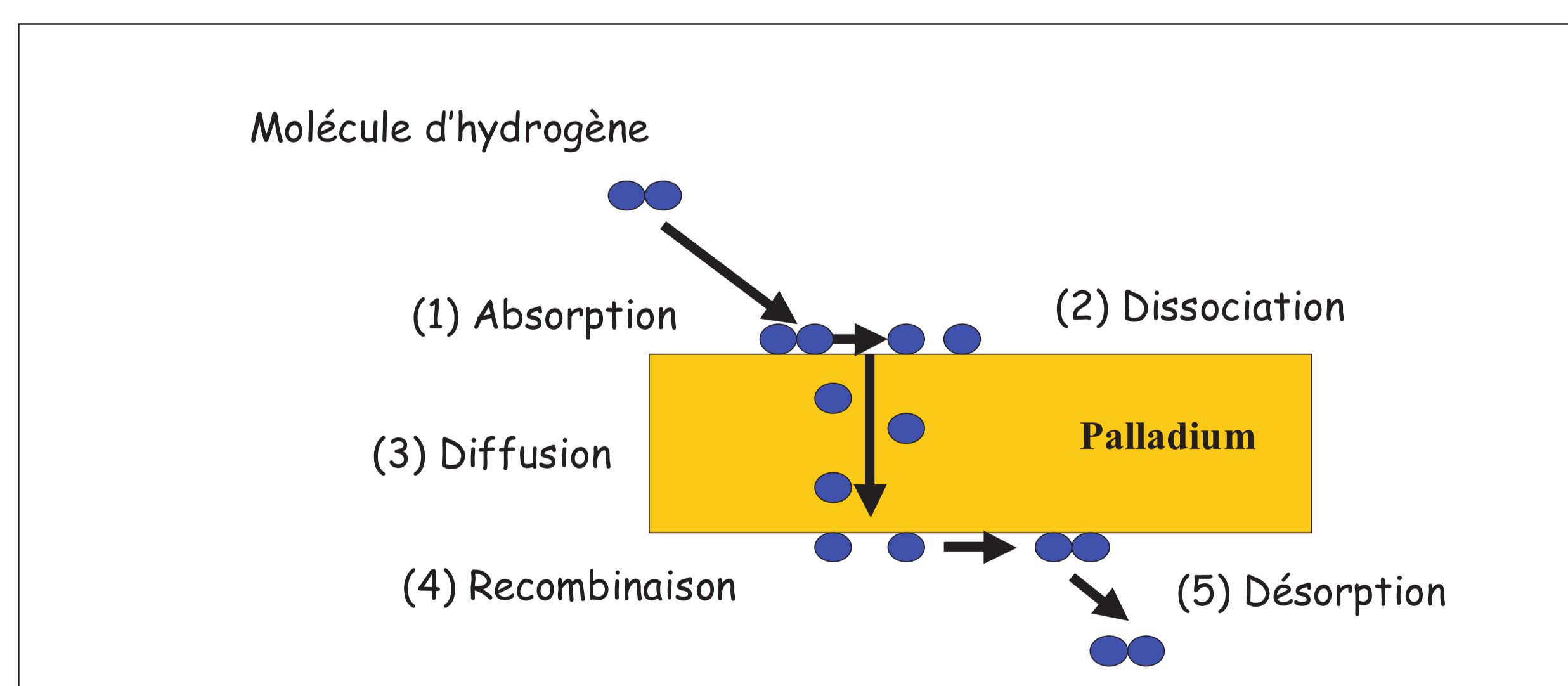
Principe du réformage d'éthanol



Banc test de réformage d'éthanol



Purification par perméation gazeuse à travers des feuilles de palladium



Mécanisme de perméation

1. Absorption du gaz à la surface du métal
2. Dissociation en hydrogène atomique : $H_2 \text{ adsorbé} \rightarrow 2 H_{ad}$
3. Diffusion au sein de la membrane : $H_{ad} \rightarrow H_{\text{métal}}$
4. Recombinaison de H atomique en H moléculaire $2 H_{ad} \rightarrow H_2 \text{ adsorbé}$
5. Désorption sur la face aval de la membrane $H_2 \text{ adsorbé} \rightarrow H_2 \text{ (gaz)}$



Hydrogène et transport

C. Puyenchet¹, C. Etievant¹, A. Deschamps¹, P. Millet²

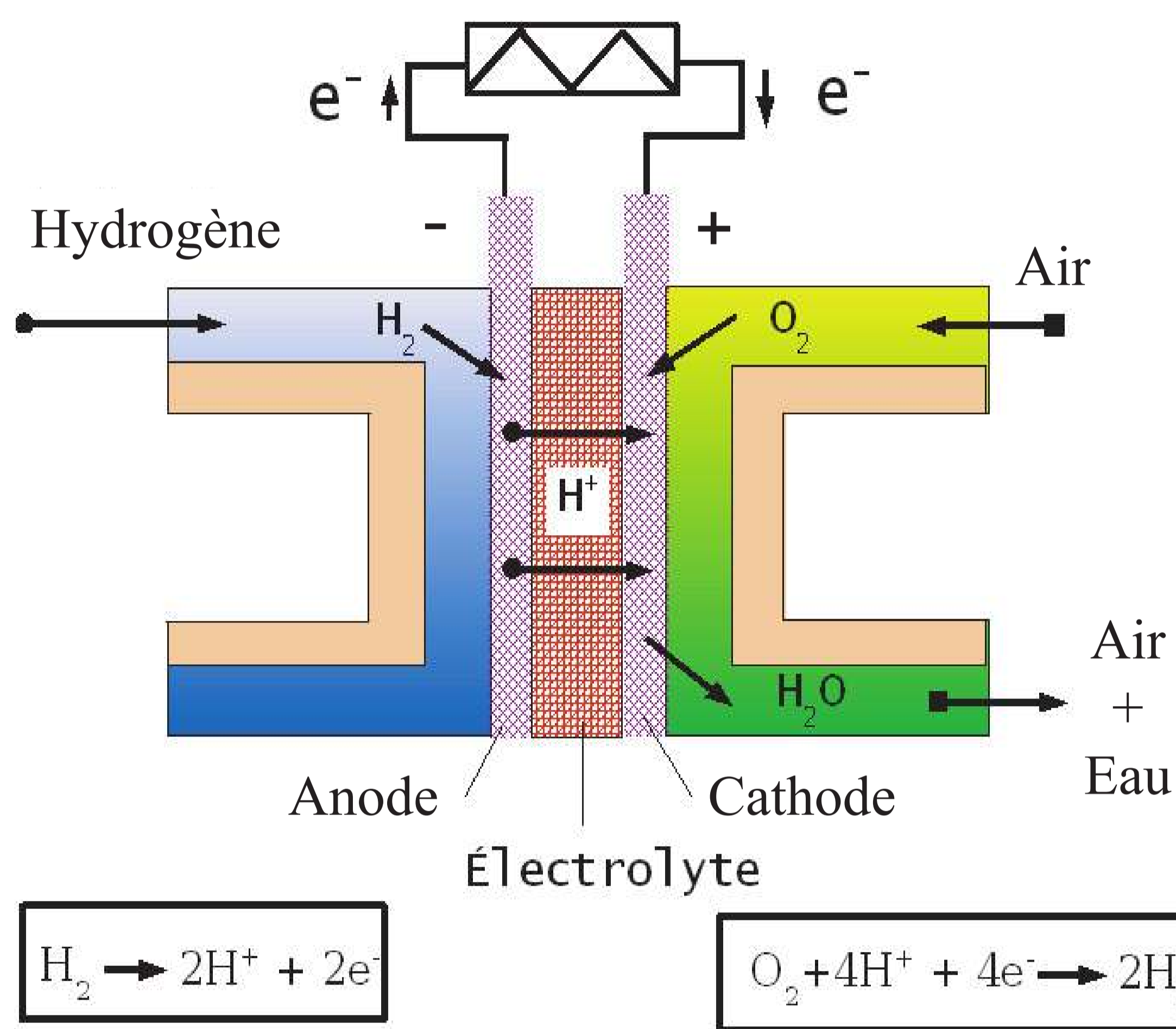
1- CETH, Innov'Valley Entreprises, Route de Nozay, 91460 Marcoussis, France; Tél : +33-1.6963.6857, e-mail : christophe.puyenchet@ceth.fr

2- Université Paris-sud, ICMMO, Bâtiment 410, 91405 Orsay Cedex, France; Tél : +33-1.6915.4812, e-mail : pierre.millet@icmo.u-psud.fr

L'HYDROGÈNE PEUT ÊTRE UTILISÉ POUR DES APPLICATIONS DE TRANSPORT

- Véhicules non polluants
- Véhicules silencieux
- Applications urbaines

Principe de la pile à combustible



Tension de la pile: $E = E_{cathode} - E_{anode} < 1,23$ volt à 25 °C

Figure 1 : Principe d'une pile à combustible H_2/O_2 avec le détail des réactions électrochimiques

Structure d'une pile à combustible

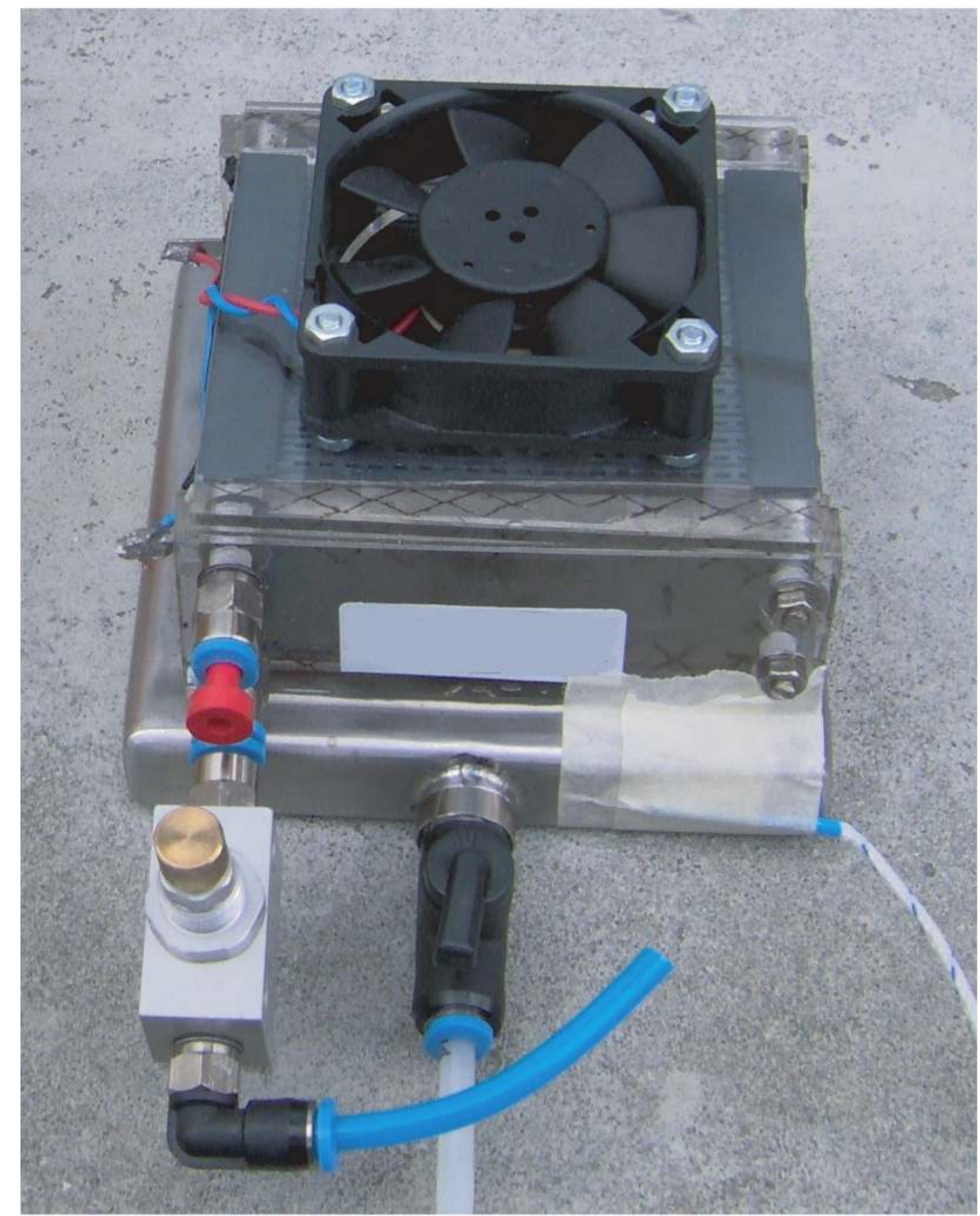


Figure 2 : photographie d'une pile à combustible H_2/O_2 commerciale de 250 W

Applications potentielles : le transport urbain



Figure 3 : TrotHynet® à pile à combustible avec alimentation en hydrogène par un réservoir d'hydrure métallique



Figure 4 : Modèle réduit de véhicule automobile à pile à combustible-électrolyseur intégré

Pile à combustible PEMFC de 250 W

Stockage d'hydrogène basse pression (hydrure métallique)