

Série STL - Classe terminale

Enseignement de sciences physiques & chimiques en laboratoire

Systemes & Procédés

Proposition d'une étude de cas
autour de la production autonome d'électricité

Activités autour de la pile à combustible

Sommaire

- * Le sous-système réel : La pile à combustible
- * Description du système didactique
Choix d'un système "adapté"
- * Description de quelques activités expérimentales
- * Prolongements

Le système réel

Pile IDATECH FCS1200

1 kW – 48 V DC

Rendement 20 – 26 %

Dim: 800 x 700 x 700 mm
65 kg

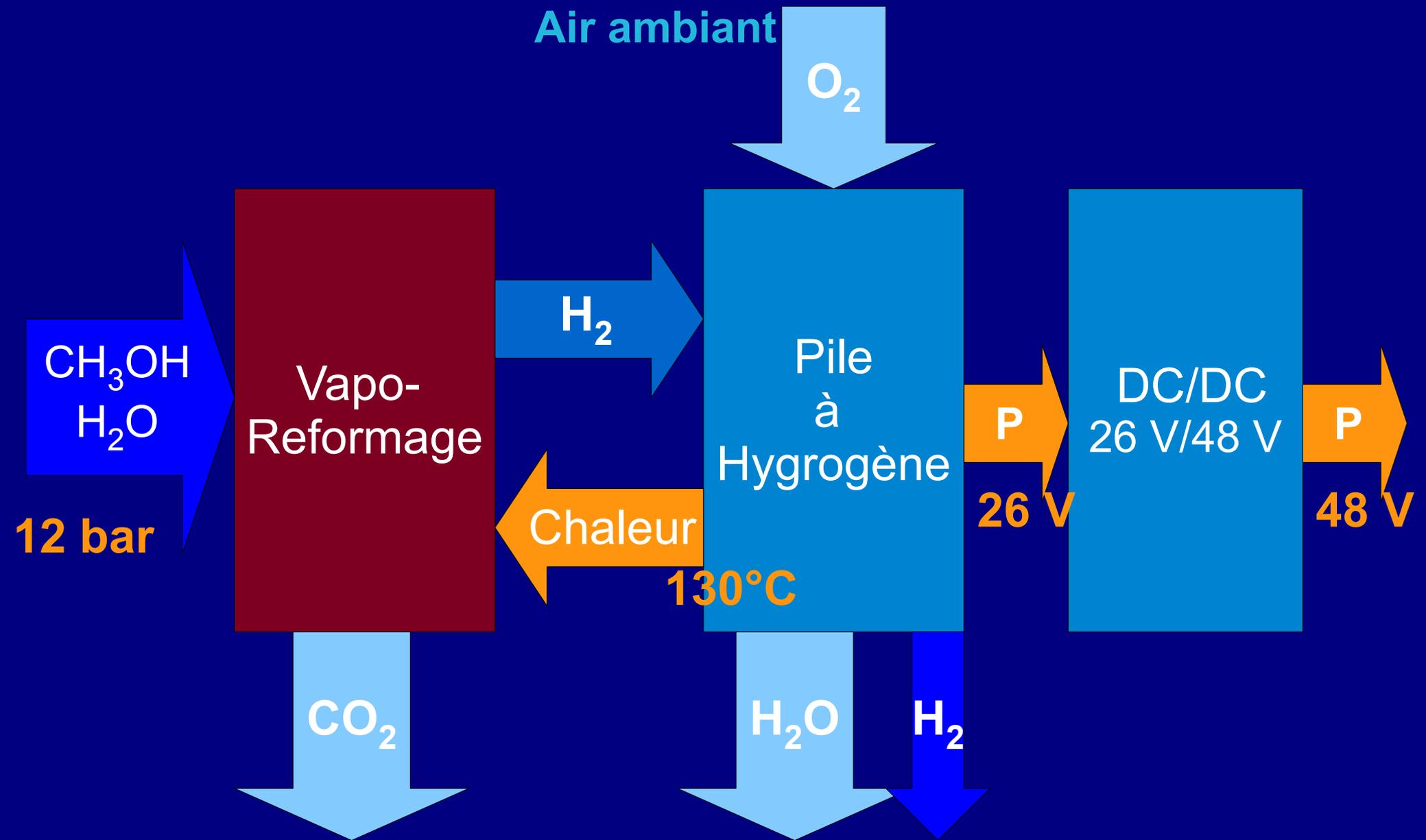


Coeur de pile PEMFC Ballard (**Proton Exchange Membrane Fuel Cell**)
Combustible : mélange équimolaire méthanol / eau déminéralisée
→ Evolution vers éthanol, GPL

Consommation de combustible : 1,4 l/h à 1 kWe, 0,2 l/h en veille

Durée de vie 1500 à 2000 heures de fonctionnement

Structure de la pile à combustible

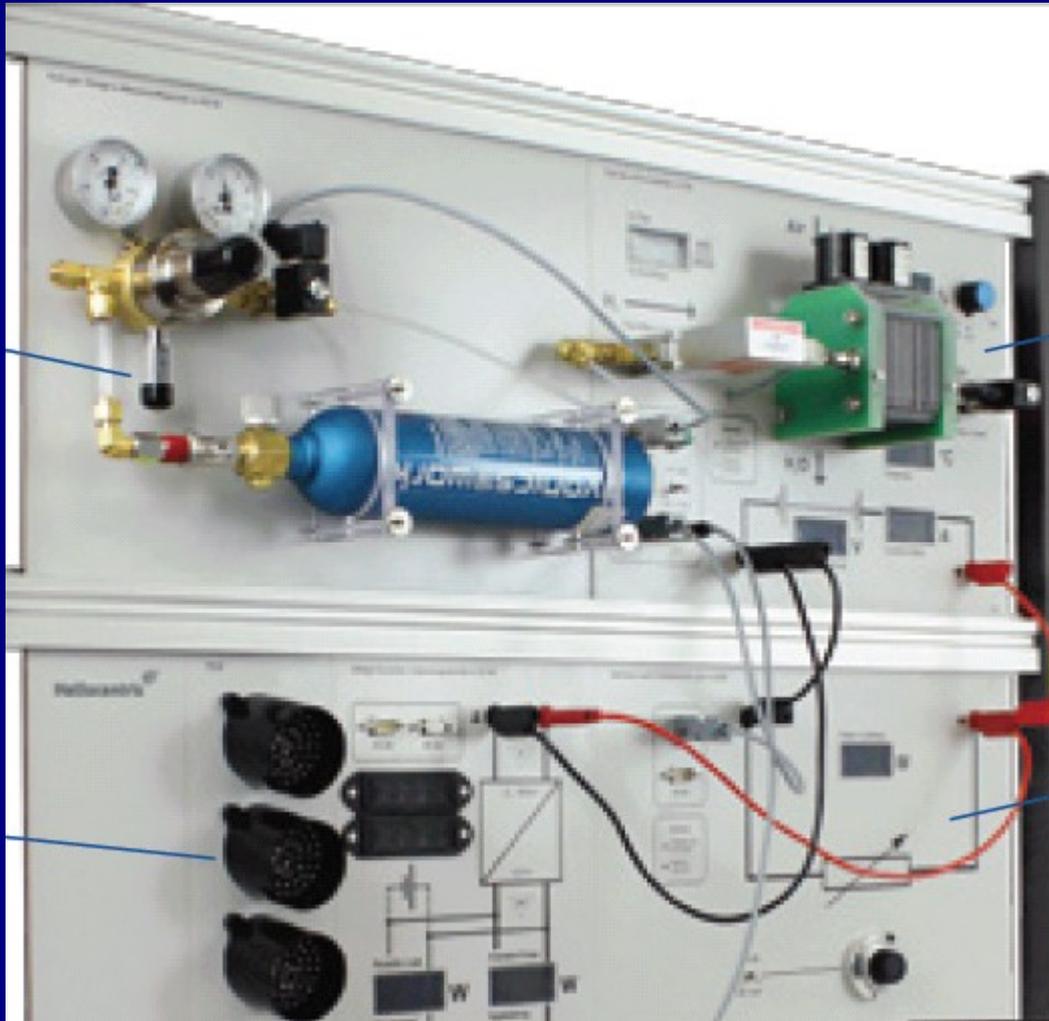


Choix d'un système didactique

4 types de système :

- Maquette didactique "proche" d'un système réel
- Petit module du commerce
- Module élémentaire DPEM (méthanol)
- Module élémentaire PEM

Système didactique "réel"



Type PEM

50 W

5 V

Coût élevé, > 10 000 €

Contraintes liées à l'alimentation en hydrogène

Pile du commerce



Stockage H₂
Hydrures métalliques

Libération de H₂ par
décomposition catalytique d'une
solution aqueuse de borohydrure
de sodium :



Pile à usage unique !

1 W

3,6 – 5,2 V

220 mA

30 W.h

Durée de vie : 5 mois

185 g

Dimension : 96 x 67 x 37mm

< 100 €

Module élémentaire alimenté au méthanol



Type DPEM

10 mW

0,5 V

Méthanol (3%)

Abordable : < 100 €

Faible puissance

Manipulation du méthanol !

Module élémentaire



Type PEM

0,5 W

0,4 V – 1 V

1 A

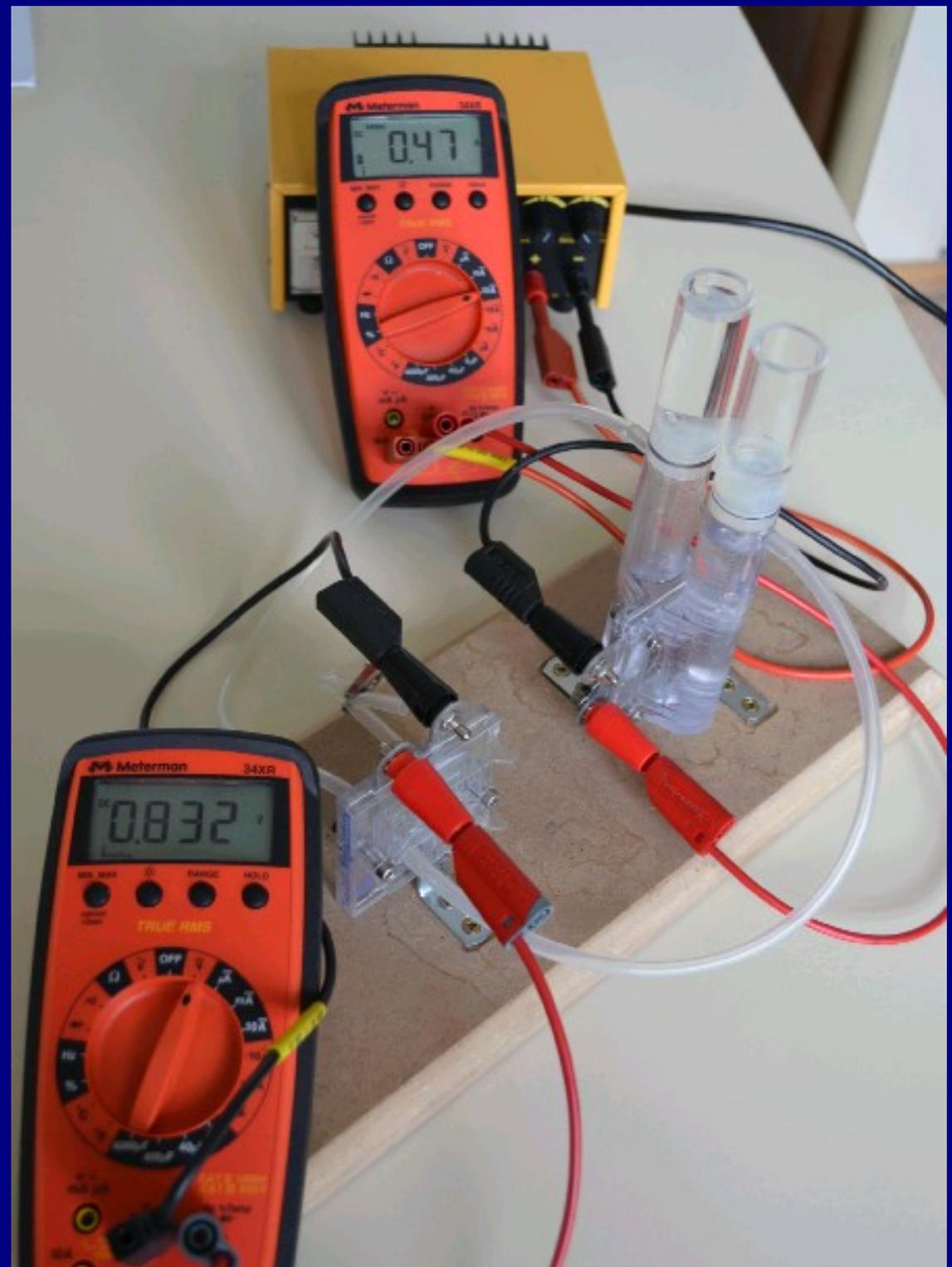
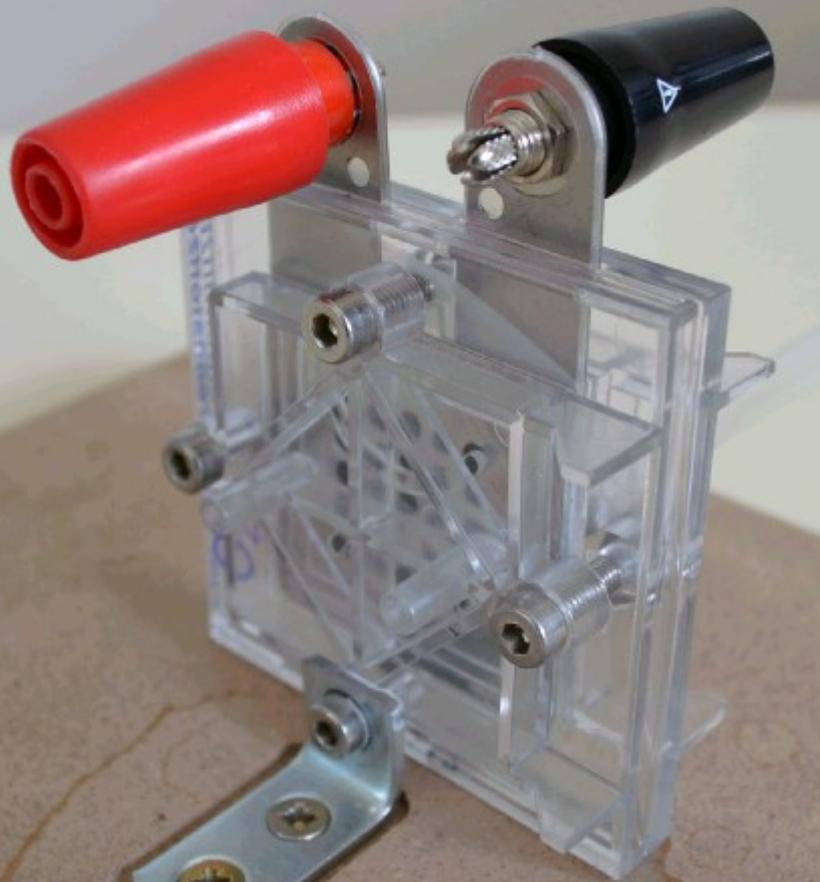
7 mL H₂ / min pour 1 A



Abordable : < 200 €

Exploitation expérimentale possible

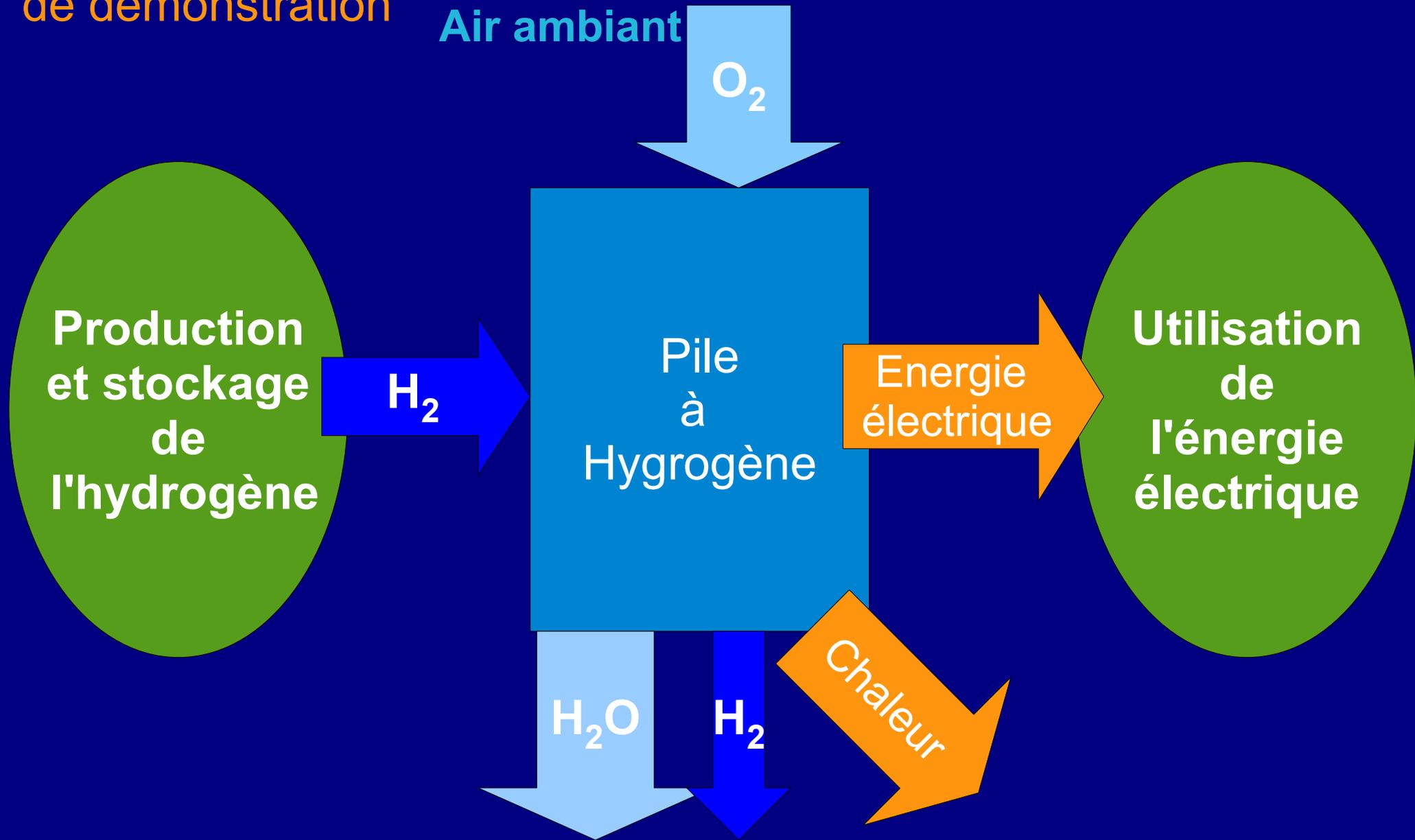
Quelques expériences



Quelques expériences

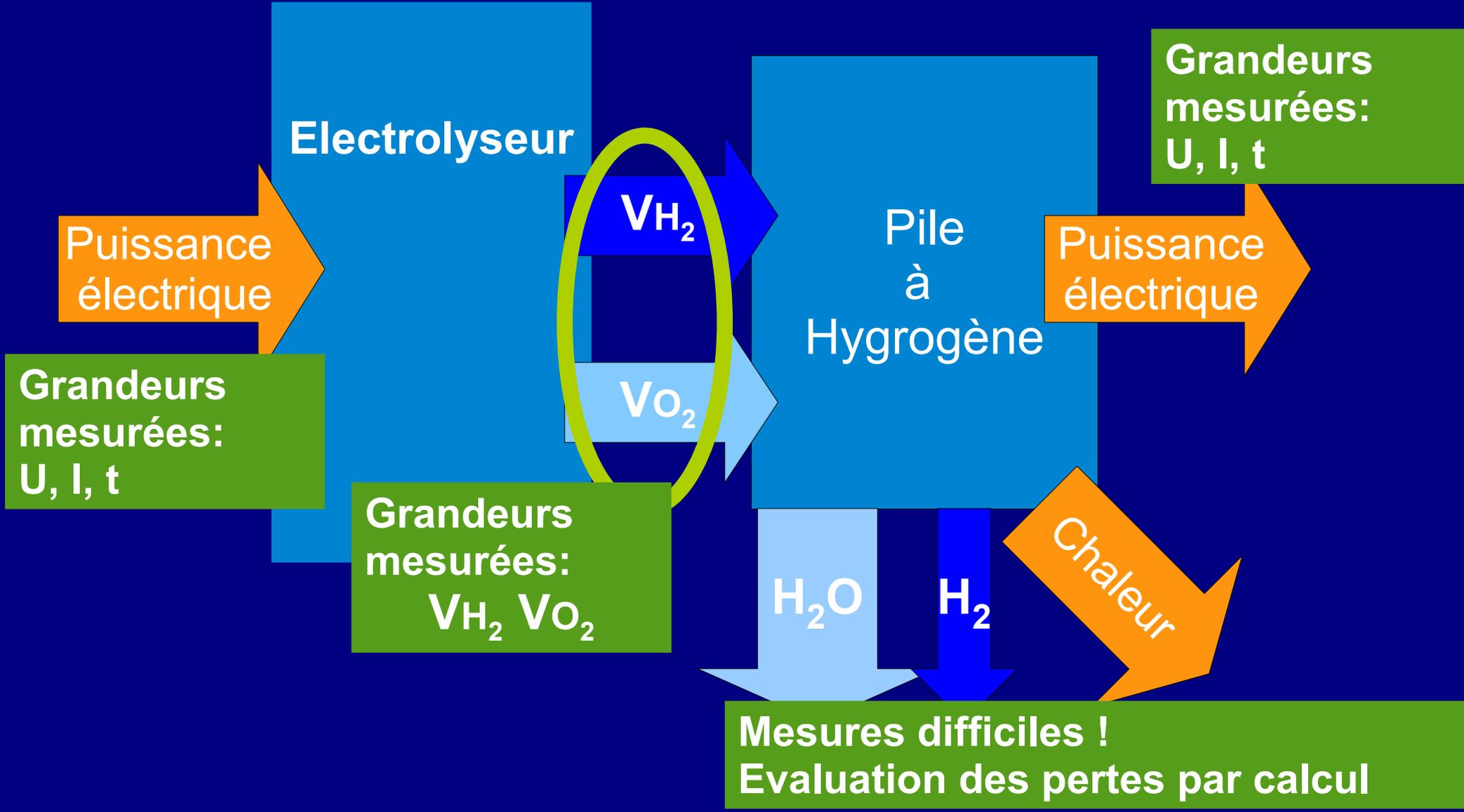
- * Production d'hydrogène par électrolyse de l'eau
- * Caractéristique de la pile
- * Phénomènes transitoires

Les questions autour de l'utilisation d'une pile à hydrogène de démonstration



Attention aux "décalages" avec le système réel !

Mesures et exploitations possibles



Evaluation du rendement de l'électrolyseur
Evaluation du rendement électrique de la chaîne

Around of electrolysis

Characteristics :

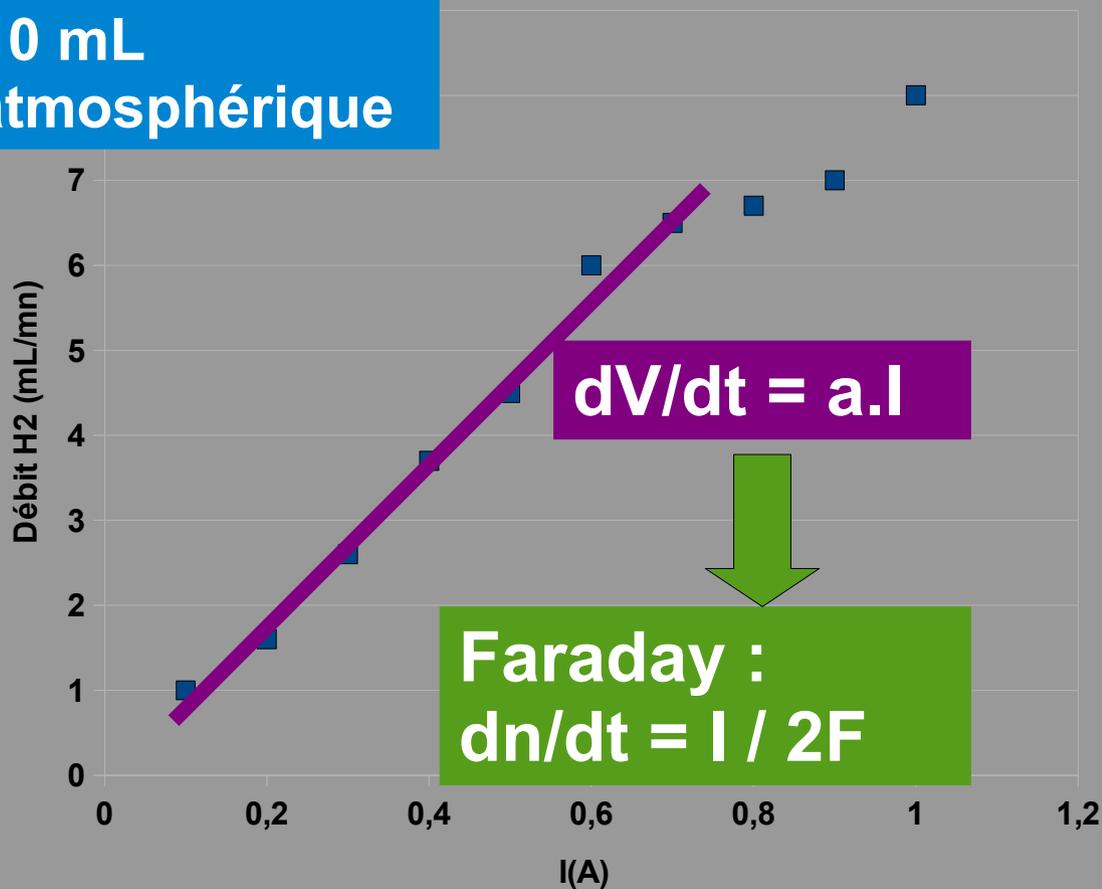
1,4 - 1,8 V
0 - 500 mA

Maximum flow : 3,5 mL / mn
(in reality > 6 mL / mn
for $I \approx 0,8A$)

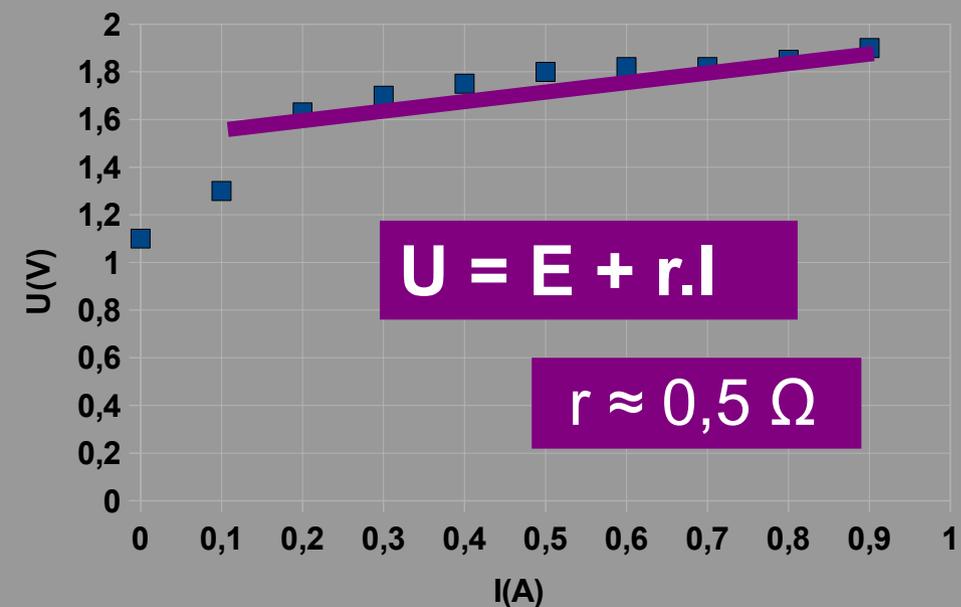
Storage : 10 mL
at atmospheric pressure



Débit H2



Electrolyseur



Electrolyse / Exploitations & Prolongements

* Evaluation du rendement (Faraday) :

$\eta \approx 65 \%$

Production de $n = 8 \cdot 10^{-5}$ moles d' H_2 pour $W_{\text{elec}} = 29 \text{ J}$

* Sur les modes de production de H_2 :

Quelles sources d'énergie ?

Quels procédés ?

Combustible fossile
& Biomasse
Reformage

Gazéification

Pyrolyse

Electricité

Electrolyse

Chaleur (solaire)

Dissociation
thermochimique
de H_2O

* Stockage

Sous pression
350 → 700 bar

Hydrures
métalliques

Nanostructures
de carbone

Autour de la pile

Energie chimique
 ΔG
- 273 kJ / mol H_2
(à 25°C)

Combustion de H_2

Energie électrique
 $n.F.E^0$
 $E^0 = 1,23 V$
(à l'équilibre)

Caractéristiques :

0,4 – 1V
 $I_{max} = 1 A$

Consommation :
7 mL / min pour $I = 1 A$

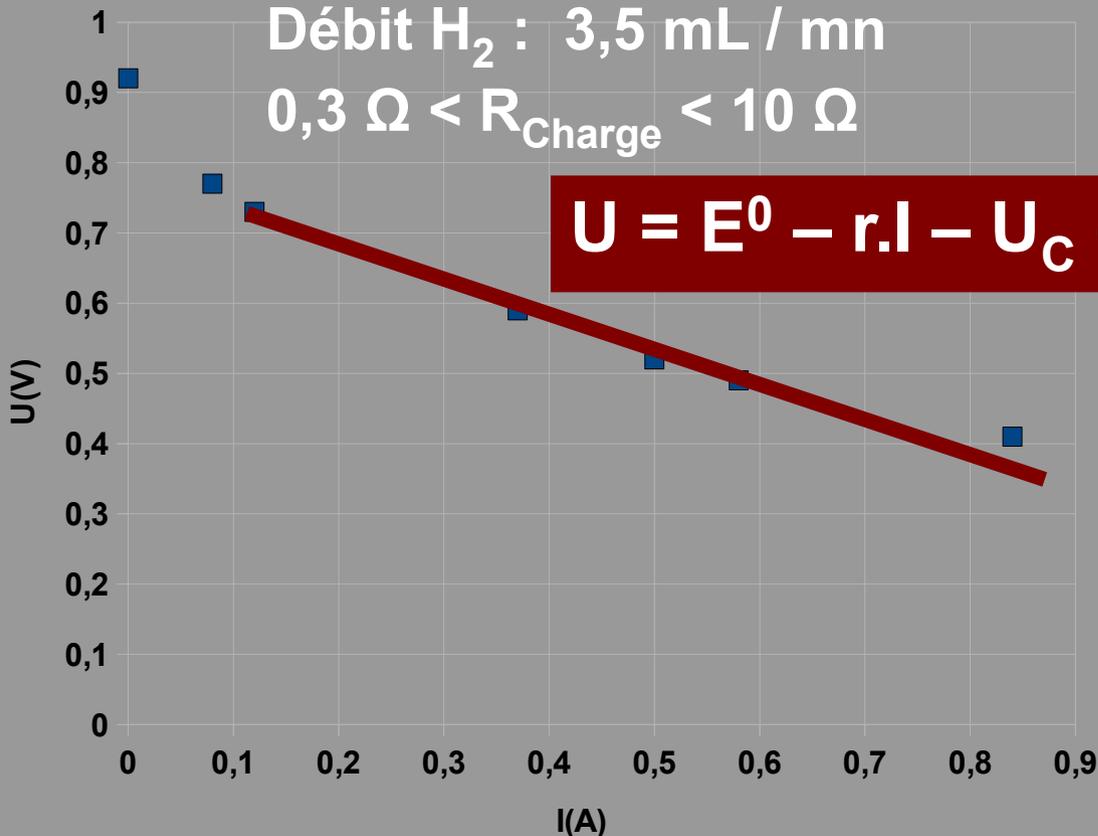
Pile PEM

$U=f(I)$

Débit H_2 : 3,5 mL / mn
 $0,3 \Omega < R_{Charge} < 10 \Omega$

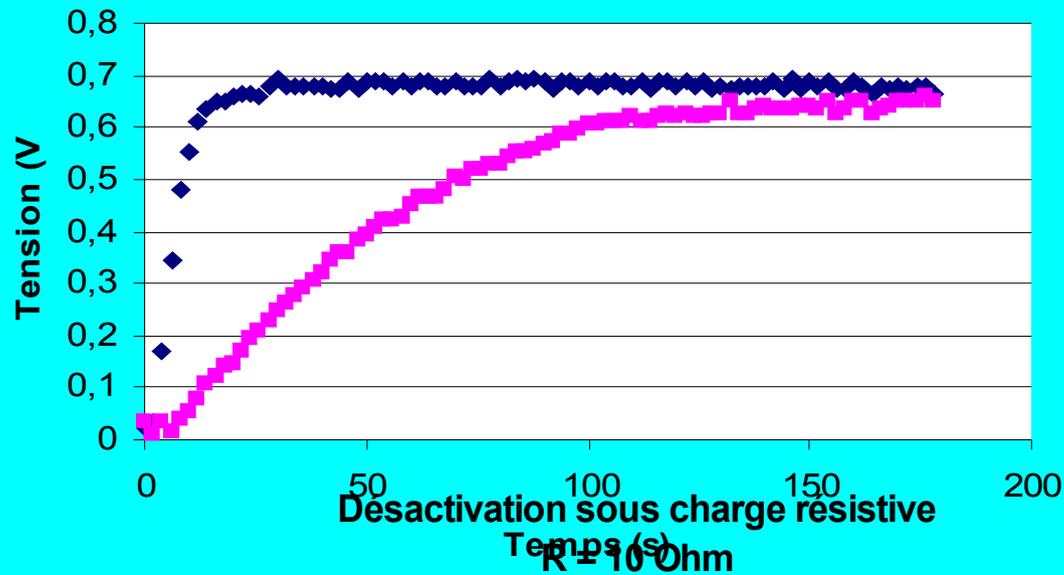
$$U = E^0 - r.I - U_C - U_A$$

Détermination
de la résistance interne
(membrane) : $r \approx 0,5 \Omega$



Phénomènes transitoires

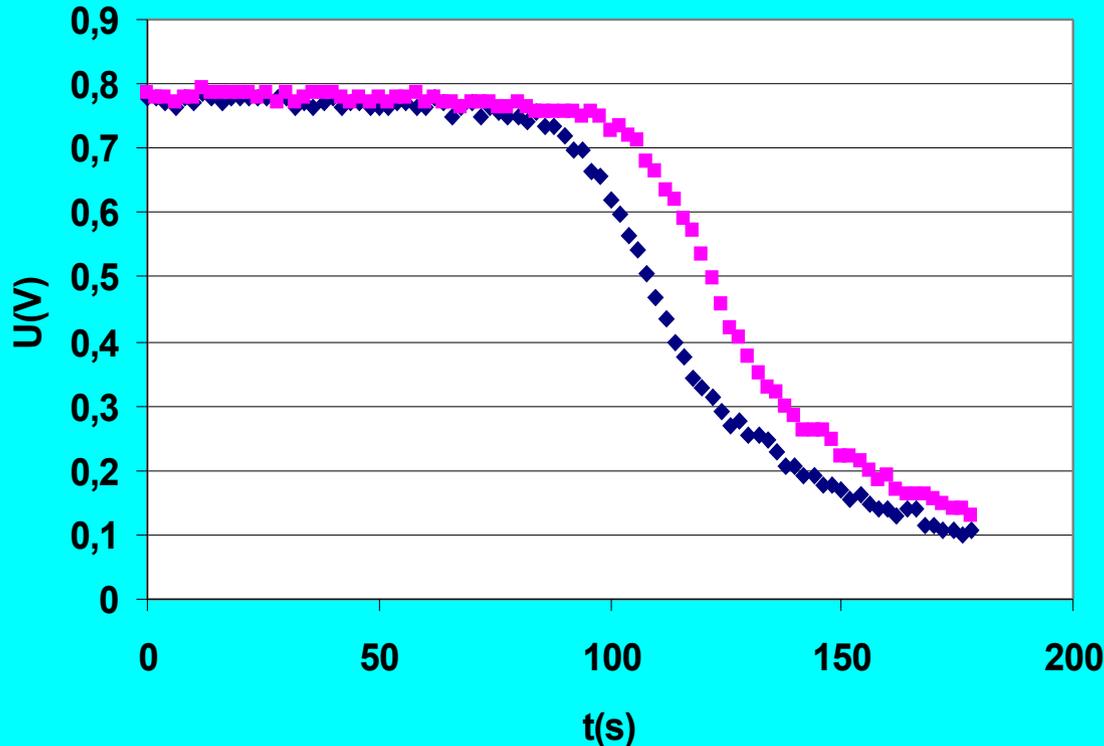
transitoire



"Activation" de la pile à vide

* Mise en service non instantanée !

→ Rejets au démarrage
→ Rendement variable



"Désactivation" de la pile sous charge résistive $R = 10 \Omega$

Pile à combustible / Exploitations & Prolongements

$\eta \approx 65 \%$

Du rendement de la chaîne {électrolyseur-pile} → Rendement de la pile

$\eta \approx 25 \%$

$\eta \approx 38 \%$

Puissance utile sous charge résistive : $P_u \approx 120 \text{ mW}$

Puissance absorbée par l'électrolyseur : $P_{abs} \approx 480 \text{ mW}$

* Notion de volume à stocker pour une puissance d'utilisation donnée :
e.g. Pour la consommation électrique d'une ménage sur 1 an ?

2500 kW.h → 3 000 m³ d'H₂ à P= 1 bar ! (pile $\eta \approx 30 \%$)

* Pile : Réaction exothermique
Rendement = f(T)

Contrôle de la chaleur (Régulation)
Cogénération

* Les différents types de piles à combustible

Matériaux / membranes / Catalyseurs

* Les domaines d'applications des piles à combustible

Sur les domaines d'applications des piles à combustible ...

Expédition "Clipperton" - Jean-Louis Etienne



Technical specifications

- Power range 0,5 to 2,5 kW)
- Overload capacity 5 kW in 1 second
- User voltage 110 V AC / 60 Hz
230 V AC / 50 Hz
48 V DC
Battery charger mode 48 V DC
- Output sinusoid THD¹ < 5% with resistive load
- Electrical protection surge protection and short-circuit
- Noise 50 dba at 1 meter
- WWeight w / o storage 75 kg
- Dimensions 66 x 48 x 48 cm (200 liters)
- Maximum power Instantaneous transient°C
- Storage temperature -40°C to + 70°C
- Operating temperature 0°C to +45°C
- Maximum altitude Up to 3 000 meters operating
- EC label
- UL/CSA labeling in process

¹ Total Harmonic Distorsion

Visite de sites

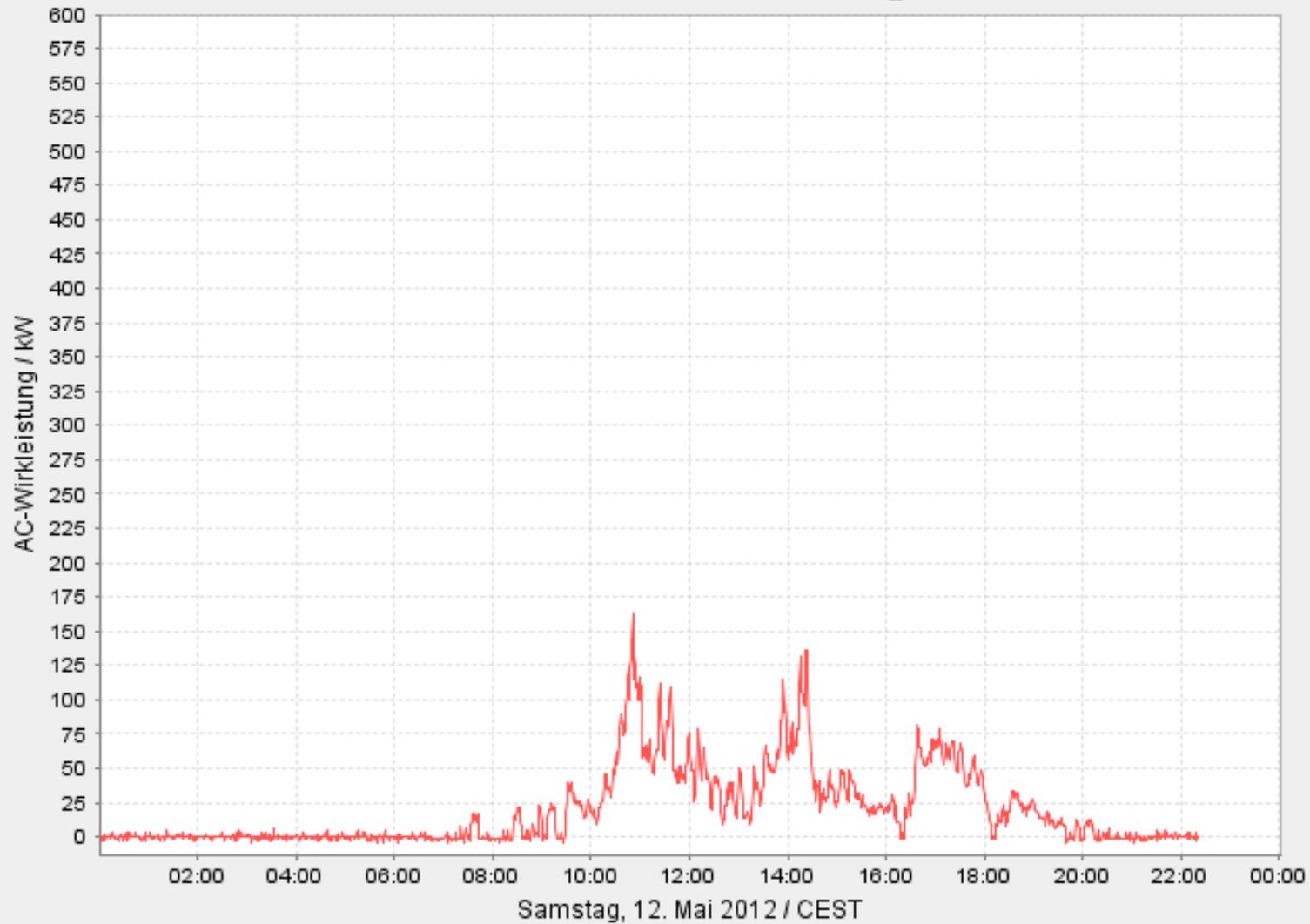
Laboratoire de recherche en électronique, Electrotechnique et système - Belfort



Visite de sites



Mont-Soleil AC-Wirkleistung



Visite de sites Quartier Vauban de Fribourg-en-Brisgau

