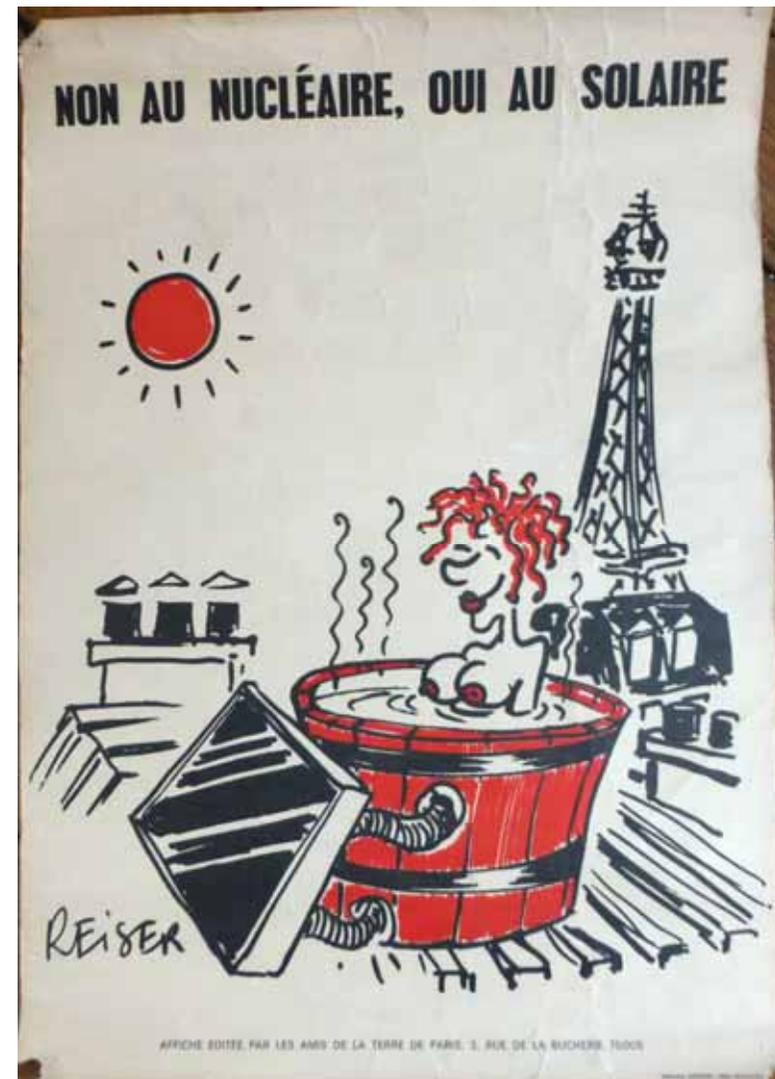


# Décarbonation Directe du Méthane par Plasma Thermique

- Contexte
- Concept & technologie
- Point de la situation
- Perspectives

- Réchauffement climatique
- Combustion (CO<sub>2</sub>)
- Epuisement ressources fossiles (conv)
- NG vs Oil
- Dans la perspective d'un déploiement massif des **ENR** pour la production d'électricité faiblement carbonée, les **Plasma Thermiques** sont une des alternatives les plus crédibles susceptible de remplacer les procédés de **combustion**
- **Stockage** (Power To Chemicals, electrofuels...)



- Vecteur d'Énergie **Propre**
- **Forte** densité énergétique massique
- **Zéro direct CO2** émissions (utilisation)
- **MAIS...**

- 95 % de la production : Steam Reforming NG (Coal or oil)



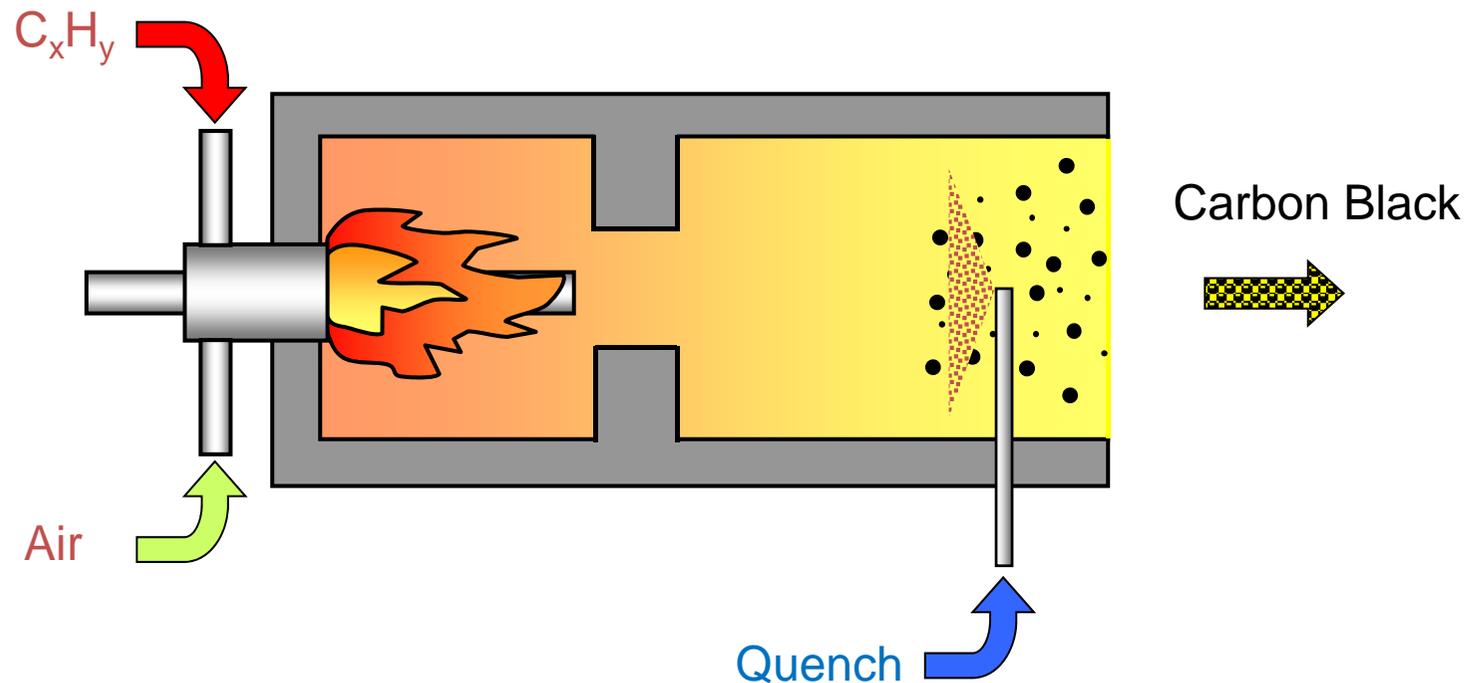
- Fortement endothermique

+ 252 kJ.mole<sup>-1</sup>

**9.5 kg CO<sub>2</sub> / kg H<sub>2</sub>**

- Moyenne (production mondiale) **12 kg CO<sub>2</sub> / kg H<sub>2</sub>**

## Furnace process : 1942, 12 M tons (2018)



Faibles rendements carbone,  $CO_2$ ,  $NO_x$ ,  $SO_x$ ...

Steam Reforming CH <sub>4</sub> (SR) $\text{CH}_4 + 2 \text{H}_2\text{O}_{(l)} \rightarrow \text{CO}_2 + 4 \text{H}_2$	<b>+ 252 kJ.mole<sup>-1</sup></b> <i>8.7 kWh / kg H<sub>2</sub></i> <i>0.725 kWh / Nm<sup>3</sup> H<sub>2</sub></i> <b>9.5 kg CO<sub>2</sub> / kg H<sub>2</sub></b>
Electrolyse de l'eau $\text{H}_2\text{O}_{(l)} \rightarrow \text{H}_2 + \frac{1}{2} \text{O}_2$	<b>+ 285 kJ.mole<sup>-1</sup></b> <i>39.6 kWh / kg H<sub>2</sub></i> <i>3.3 kWh / Nm<sup>3</sup> H<sub>2</sub></i> <b>électricité</b>
Décarbonation Directe CH <sub>4</sub> (DMD) $\text{CH}_4 \rightarrow \text{C} + 2 \text{H}_2$	<b>+ 75 kJ.mole<sup>-1</sup></b> <i>5.2 kWh / kg H<sub>2</sub></i> <i>0.43 kWh / Nm<sup>3</sup> H<sub>2</sub></i> <b>électricité</b>

# Plasma thermique ?

---

- Source d'enthalpie contrôlable et réglable
- Zéro émission directe CO<sub>2</sub>
- Particulièrement adapté pour les procédés endothermiques ET nécessitant de hautes températures

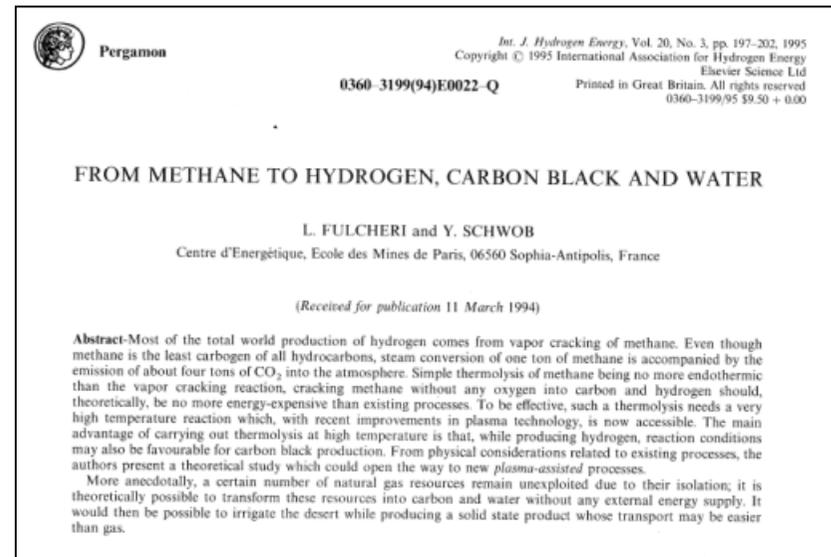
## Décarbonation Directe



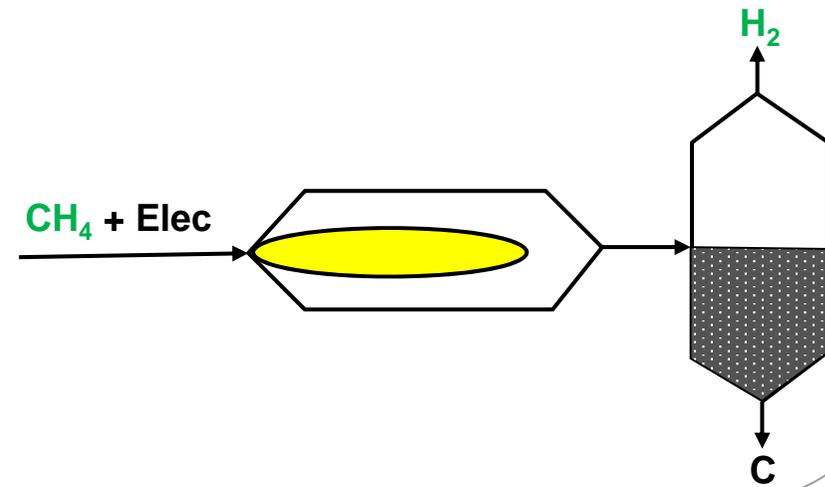
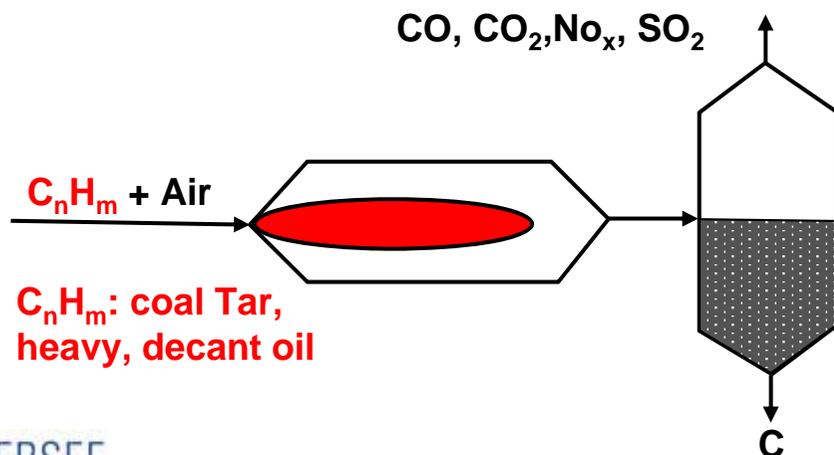
# Procédé Plasma

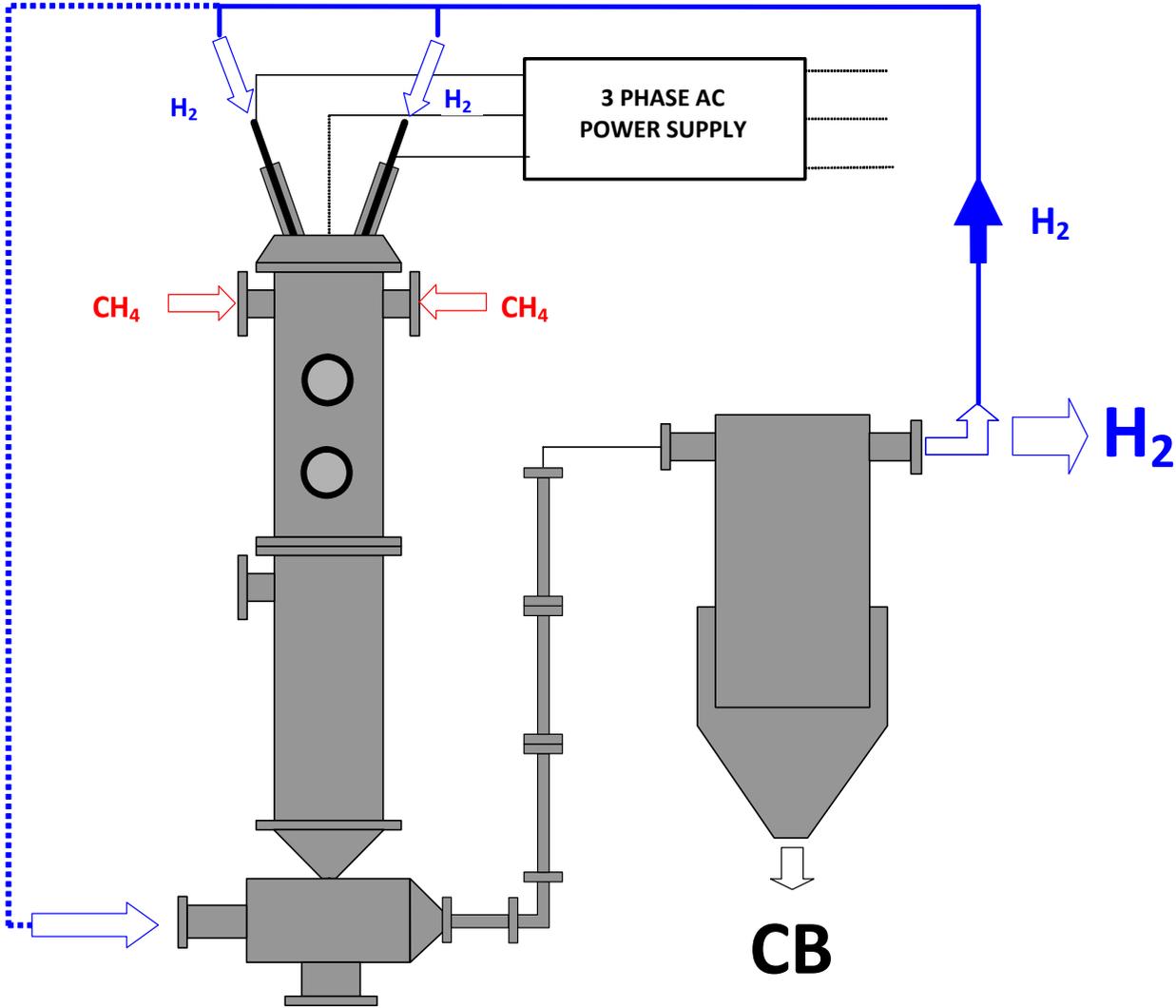
- Remplacement de la combustion incomplète d'un HC **lourd** par la décomposition thermique du **Méthane**  
 $\text{CH}_4 \rightarrow \text{C} + 2 \text{H}_2$

- Co synthèses de deux produits valorisables Zéro  $\text{CO}_2$  (direct)
- 100% rendement carbone
- Nouveaux grades CB

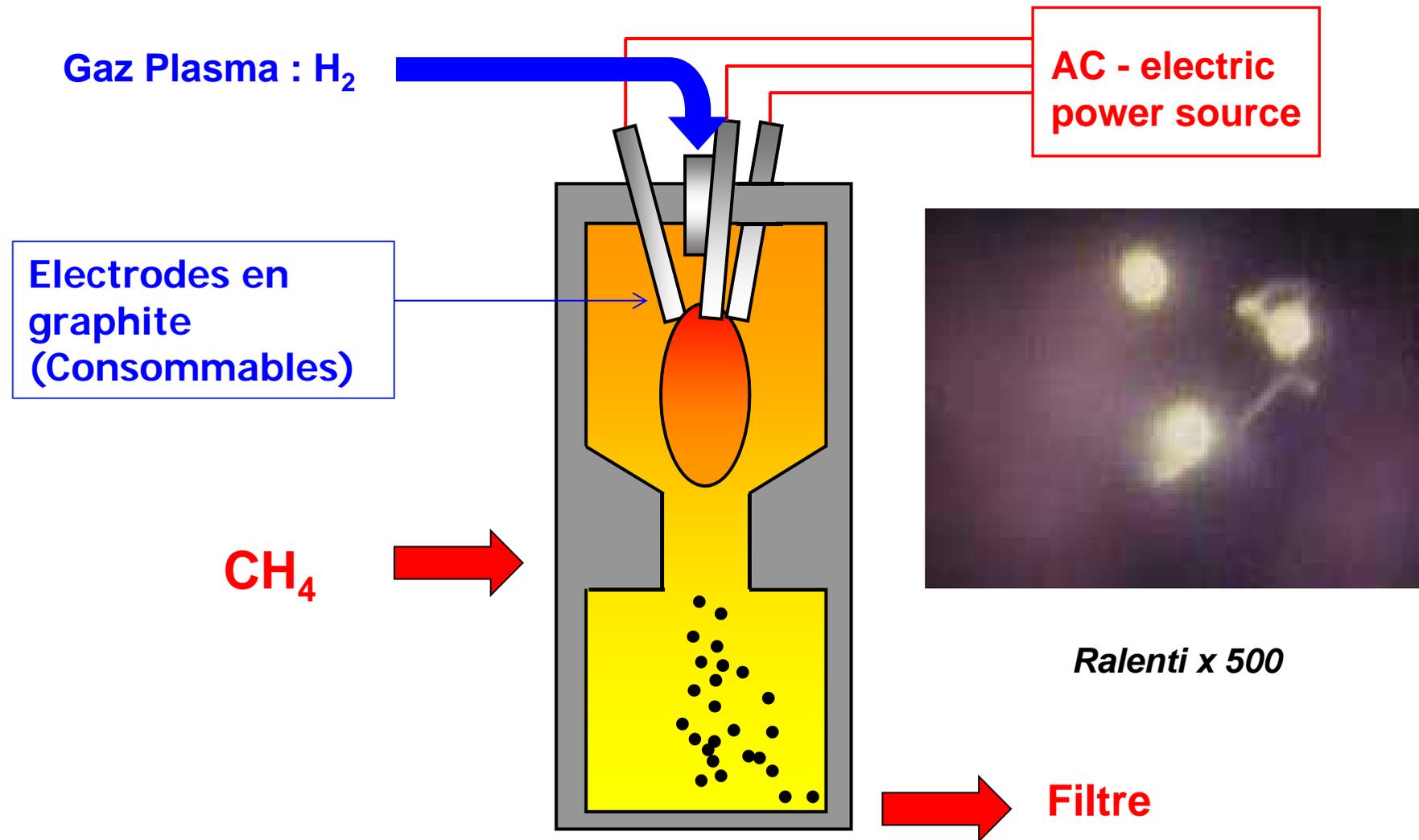


1993: démarrage des recherches  
25 ans R&D

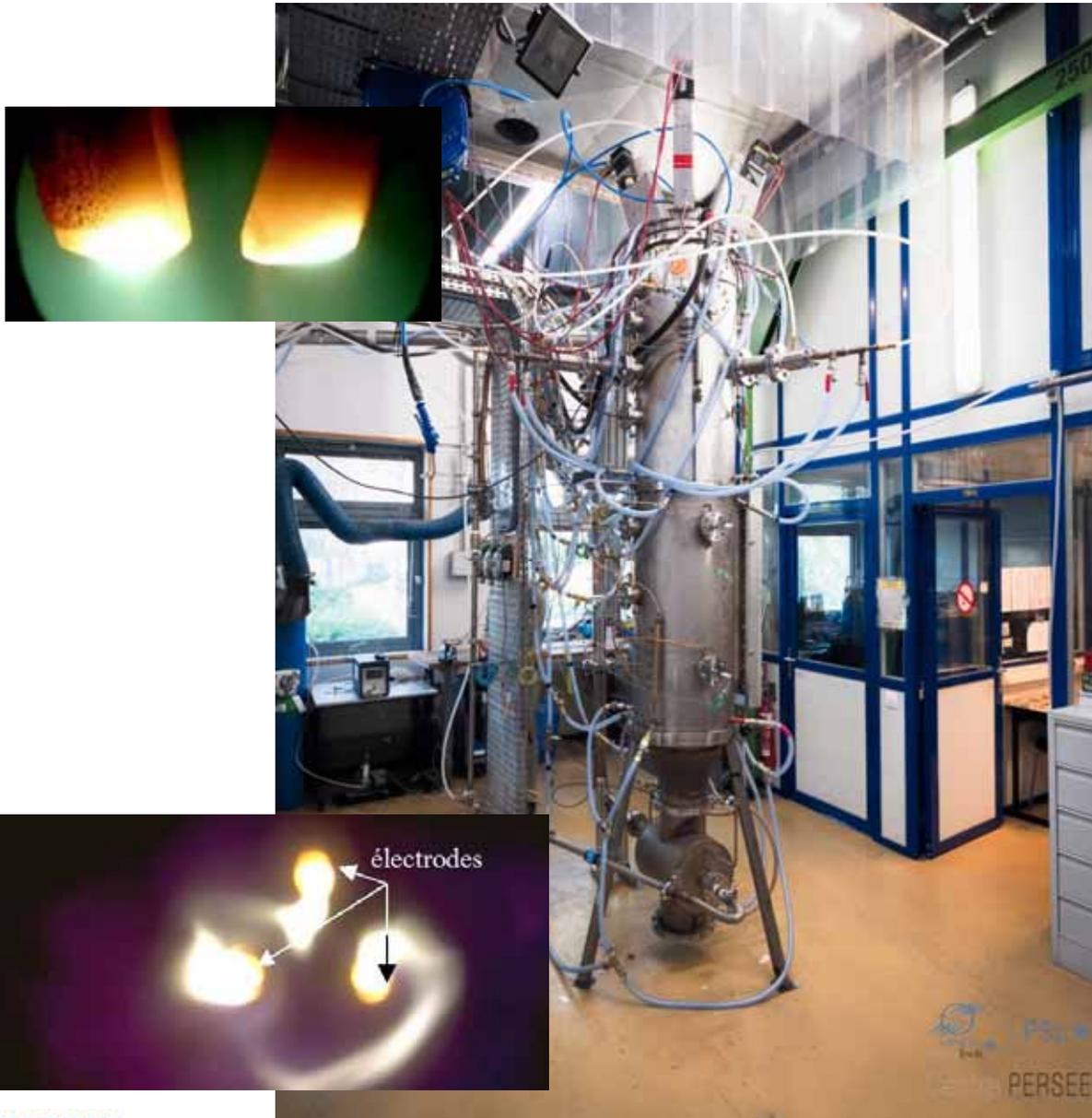




# 3-phase AC



# Prototype (MPT)



**Puissance :** 250 kW

**Capacité :** 20 kg/h

**Lining/throat:** graphite

**Filtration :** ensachage automatique

**Injection:** conception avancée

## **Diagnostics**

- U, I, P
- Pyrométrie optique
- EOS
- Calorimétrie
- Sondes mobiles (scan radial)
- GC, GC-MS, IR, NDIR, QLC
- Imagerie Ultra Rapide

# Point de la situation

## ● Technologie disruptive

→ Carbon Black

→ Hydrogène : « la manière grise »\*

\* Cédric Philibert, expert IEA

<http://cedricphilibert.net/lhydrogene-la-maniere-grise/>

Pilote 1 MW, Mountain View USA-CA

1<sup>ere</sup> unité commerciale CB&H<sub>2</sub> en cours de construction, *Olive Creek One*, Nebraska

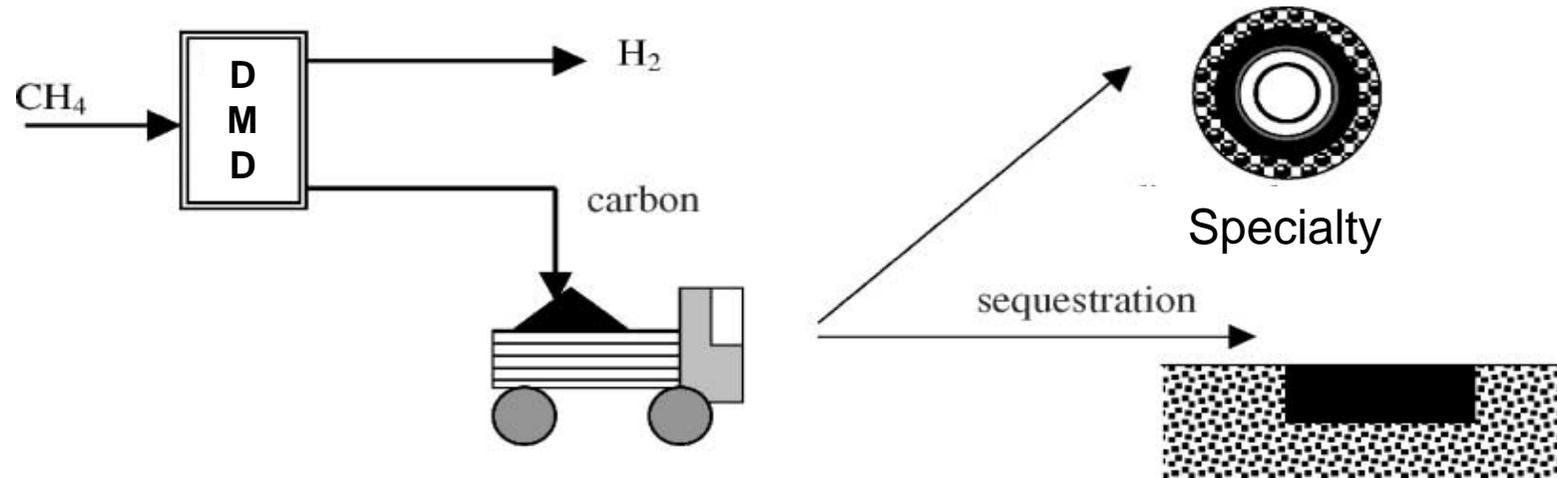
Monolith Materials

<http://monolithmaterials.com/>

# Perspectives

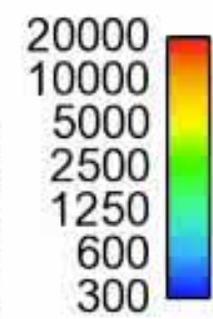
- Même si la DMD nécessite entre **0.7 et 1 kWh** par  $\text{Nm}^3 \text{H}_2$ , cela reste très inférieur à l'électrolyse de l'eau qui nécessite entre **4 to 6 kWh** par  $\text{Nm}^3 \text{H}_2$
- Réelle alternative au SR (**zéro direct  $\text{CO}_2$  vs 9.5 tonnes $_{\text{CO}_2}$  / tonne $_{\text{H}_2}$** )
- Une des alternatives les plus crédibles pour la production d' $\text{H}_2$  « vert » compatible avec l'objectif de **\$2/kg $\text{H}_2$**  fixé par le **DOE**
- **Applications du carbone à grande échelle ?**
- **Taxe  $\text{CO}_2$  ?**

# ...Plus long terme

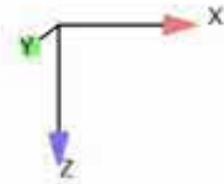


- Alternative à CCS ?

Temperature (K)



The end



Time = 2.000e-005 s

11 07  
2018

PROGRAMME

## Inauguration de la plateforme PLASMA

10.00 - 10.30

Accueil café, remise de badges, organisation pour les visites de l'après-midi - Welcome coffee, badges, organisation small groups for afternoon visits

10.30 - 11.00

■ «Mot de bienvenue» - «Welcome speech»

Arnaud Rigacci, directeur du centre PERSEE

Head of research centre PERSEE

■ «Une Ecole au service de la science et de la société»

Vincent Lafèche, directeur de MINES ParisTech

Director of MINES ParisTech

■ «ARMINES, partenaire opérateur de recherche orientée et de formation par la recherche»

Patricia Renaud, directrice d'Armines

Head of Armines

■ «Clean and efficient carbon black and hydrogen»

Rob Hanson, co-fondateur et CEO de MONOLITH Materials

Co-founder and CEO of MONOLITH Materials

11.00 - 11.30

Pause - Break

11.30 - 12.30

■ Keynote, «Procédés haute température plasma et solaire, contribution à la transition énergétique»

Gilles Flamant, directeur du laboratoire CNRS PROMES

(Odeillo et Perpignan)

Head of CNRS laboratory PROMES (Odeillo et Perpignan)

■ MONOLITH & MINES ParisTech, a partnership to develop new particles

Pete Johnson, co-fondateur et CTO, MONOLITH Materials

Co-founder and CTO, MONOLITH Materials

12.30 - 13.00

■ Breaking the ruban - Présentation de la plateforme Plasma

Laurent Fulcheri, directeur de recherche, PERSEE

Research director, PERSEE

13.00

Lunch

Après-midi : visite de la plateforme Plasma par petits groupes de personnes (10-15) - Visit of the plasma platform by small groups

*Vincent Lafèche, directeur de MINES ParisTech, a l'honneur de vous inviter à l'inauguration de la plateforme PLASMA, du centre de recherche PERSEE en partenariat avec la société californienne MONOLITH Materials, le 11 juillet prochain.*

*La visite sera clôturée par un lunch auquel nous serons ravis de vous accueillir.*

*Dans cette attente,*

*Salutations distinguées*

INVITATION

# Inauguration de la plateforme PLASMA

11 juillet 2018 à 10h30

Amphi Mozart  
MINES ParisTech  
1, rue Claude Daunesse  
Sophia Antipolis

réponse souhaitée avant le 06 juillet par mail : [persee@mines-paristech.fr](mailto:persee@mines-paristech.fr)

+33 (0)4 93 95 75 40

Sophia-Antipolis, 06904, FR

info@plenesys.com



CONTACT



HOME

ABOUT

TECHNOLOGY

SERVICES

CONTACT



# The Next Generation Plasma Torches.

Highly efficient, innovative technology.

READ MORE

## Cookies



This website uses cookies to improve functionality and performance. If you continue browsing the site, you are giving implied consent to the use of cookies on this website. [Find out more.](#)