



liten
cea tech

CARBURANTS SOLAIRES

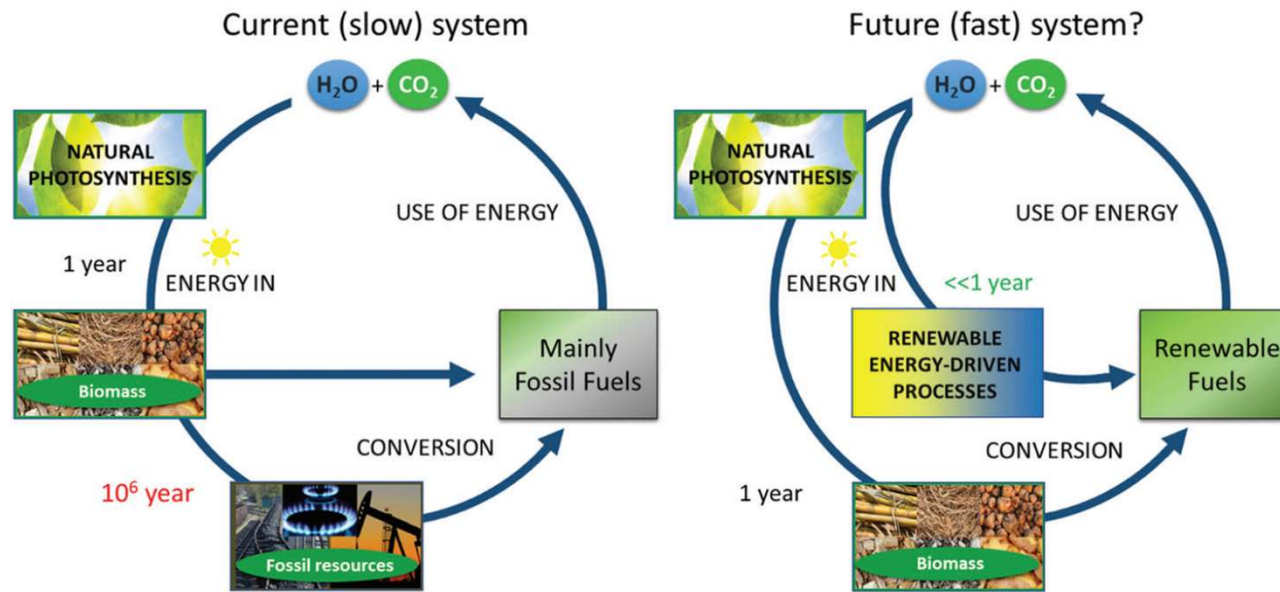
CEA-Laboratoire des Systèmes Solaires et Thermodynamiques (L2ST) | Sylvain RODAT

- **Activités du laboratoire des systèmes solaires et thermodynamiques (L2ST)**
- **Les carburants solaires (contexte et enjeux, les différentes voies de production)**
- **Le projet HYDROSOL-beyond**
- **Conclusion et perspectives**

- **Missions du laboratoire :**
 - Développer des composants pour l'énergie solaire et la conversion thermodynamique
 - Etudier l'intégration de ces composants dans les systèmes énergétiques

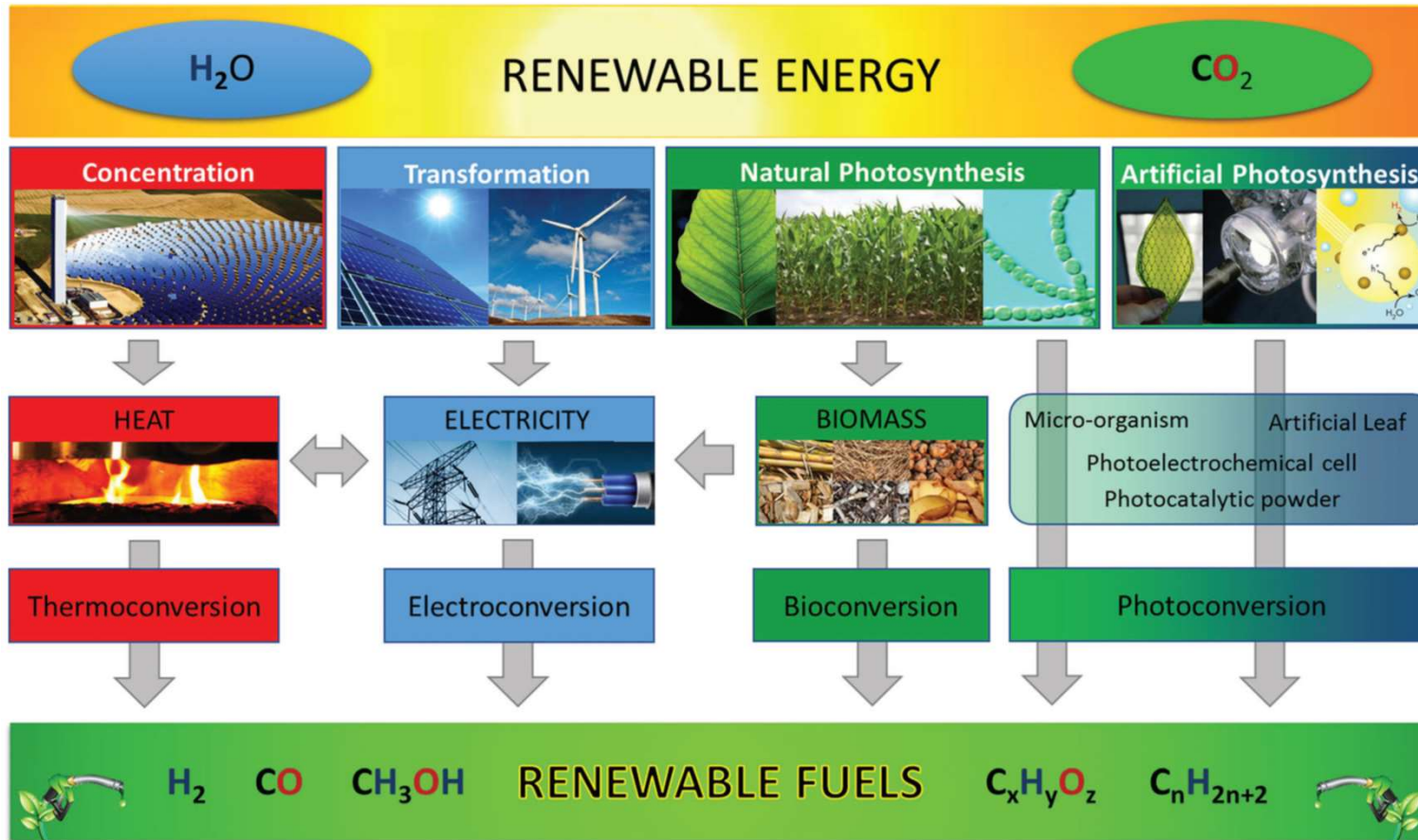
- **Principales thématiques :**
 - Heat to Cold/Water
 - Heat to Power
 - Power to Heat
 - Heat to Fuel

LES CARBURANTS SOLAIRES : CONTEXTE ET ENJEUX



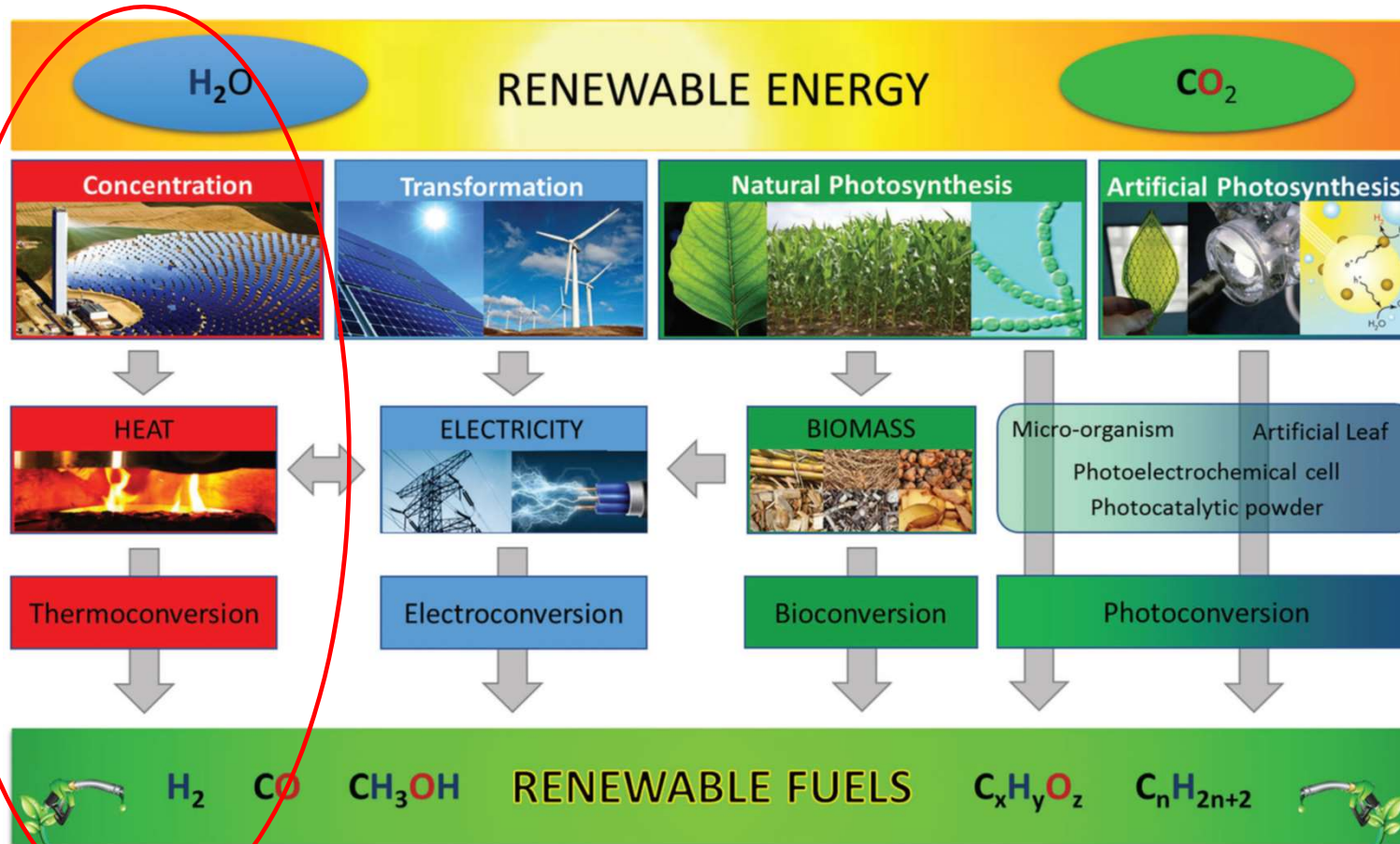
ENJEUX : Les carburants solaires doivent permettre un cycle du carbone court afin de minimiser l'accumulation de CO_2 dans l'atmosphère. Ils permettent aussi de stocker et transporter l'énergie solaire, énergie variable et inégalement répartie sur le globe.

LES CARBURANTS SOLAIRES : LES DIFFERENTES VOIES DE PRODUCTION



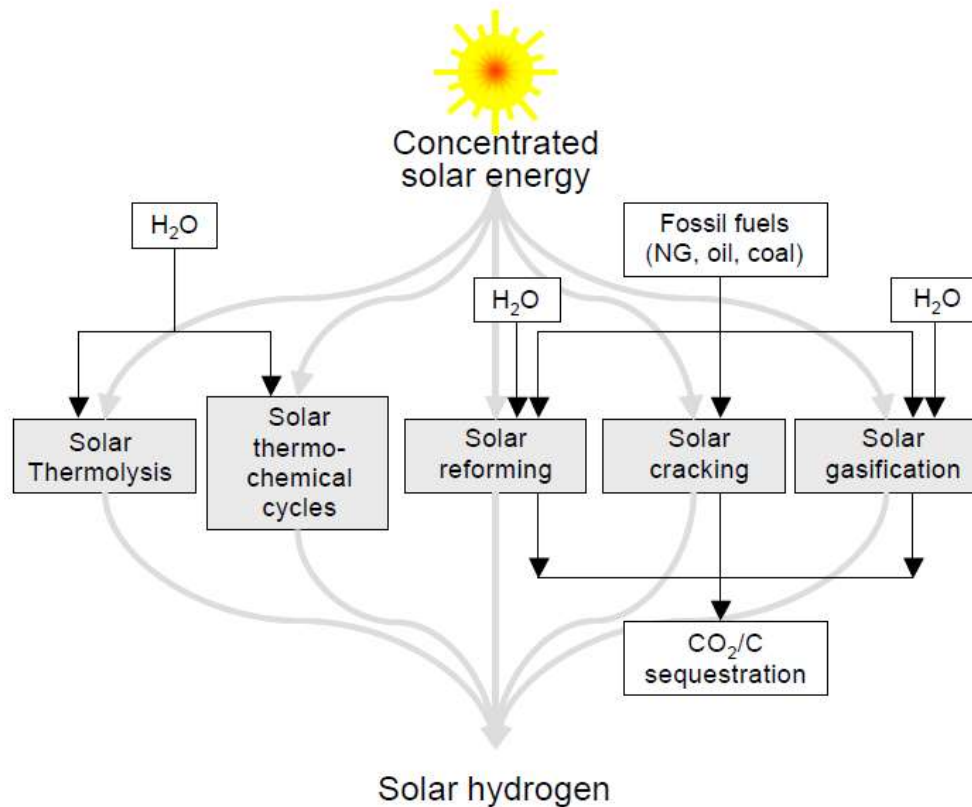
Detz, R. J., Reek, J. N., & Van Der Zwaan, B. C. C. (2018). The future of solar fuels: when could they become competitive?. *Energy & Environmental Science*, 11(7), 1653-1669.

LES CARBURANTS SOLAIRES : LES DIFFERENTES VOIES DE PRODUCTION



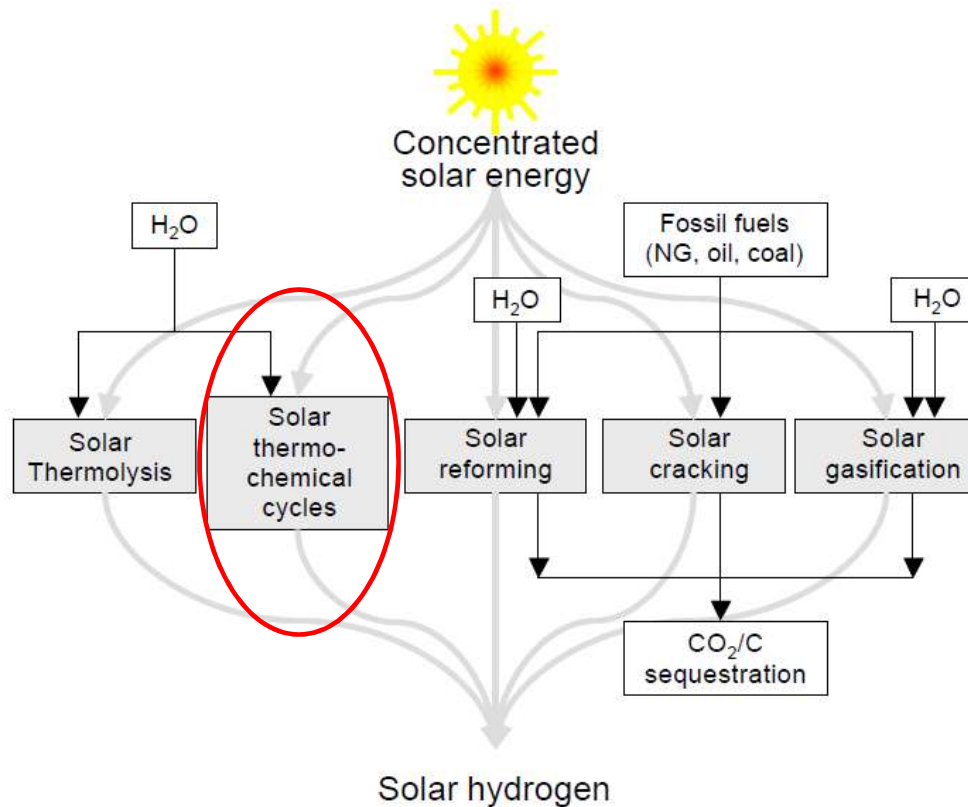
Detz, R. J., Reek, J. N., & Van Der Zwaan, B. C. C. (2018). The future of solar fuels: when could they become competitive?. *Energy & Environmental Science*, 11(7), 1653-1669.

LES CARBURANTS SOLAIRES : LES DIFFERENTES VOIES DE PRODUCTION



« Oui, mes amis, je crois que l'eau sera un jour utilisée comme combustible, que l'hydrogène et l'oxygène, qui la constituent, utilisés isolément ou simultanément, fourniront une source de chaleur et de lumière inépuisable et d'une intensité que la houille ne saurait avoir. [...] L'eau est le charbon de l'avenir », Jules Verne, L'île mystérieuse, 1875.

LES CARBURANTS SOLAIRES : LES DIFFERENTES VOIES DE PRODUCTION



« Oui, mes amis, je crois que l'eau sera un jour utilisée comme combustible, que l'hydrogène et l'oxygène, qui la constituent, utilisés isolément ou simultanément, fourniront une source de chaleur et de lumière inépuisable et d'une intensité que la houille ne saurait avoir. [...] L'eau est le charbon de l'avenir », Jules Verne, L'île mystérieuse, 1875.



PROJET HYDROSOL-BEYOND

Thermochemical HYDROgen production in a SOLar structured reactor: facing the challenges and beyond

Début : 1/1/2019

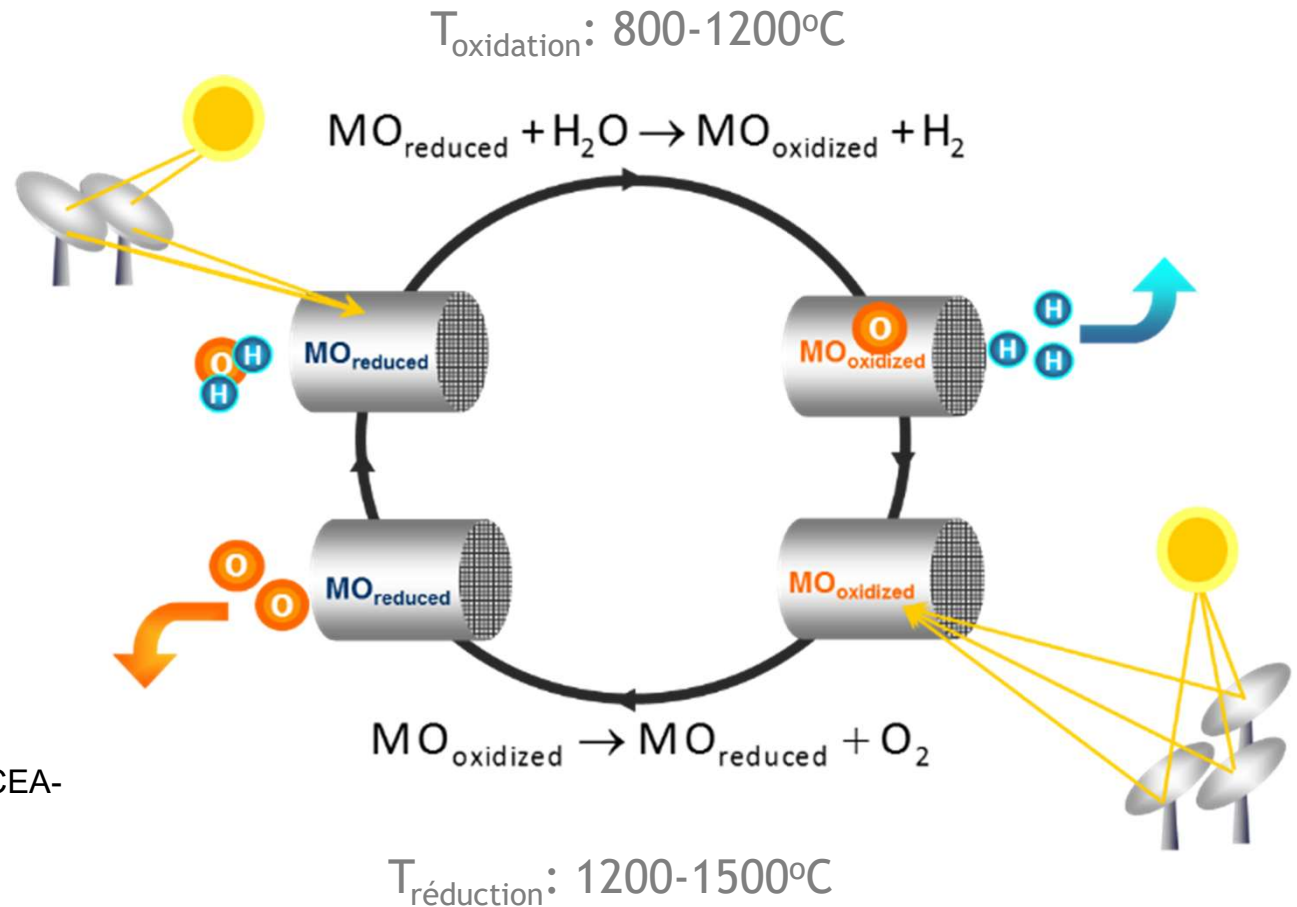
Fin : 31/12/2022

Programme: HORIZON 2020

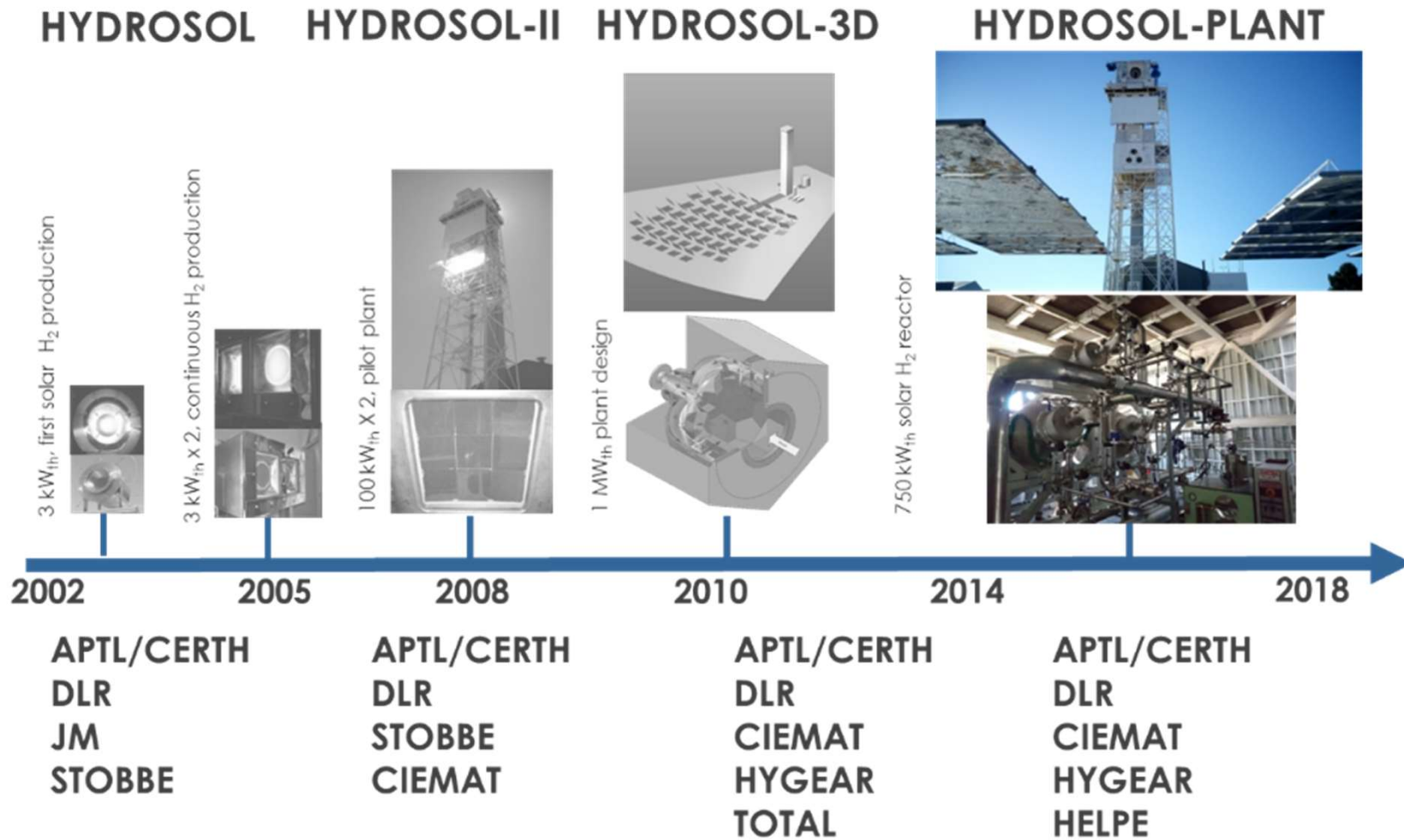
Total budget: 2,999,940€

Coordinator: APTL/CPERI/CERTH- Greece

Partners: DLR-Germany, CIEMAT-Spain, HYGear-The Netherlands, ENGICER-Switzerland, SUPSI-Switzerland, CEA-France, ABENGOA-Spain



PROJET HYDROSOL-BEYOND : HISTORIQUE



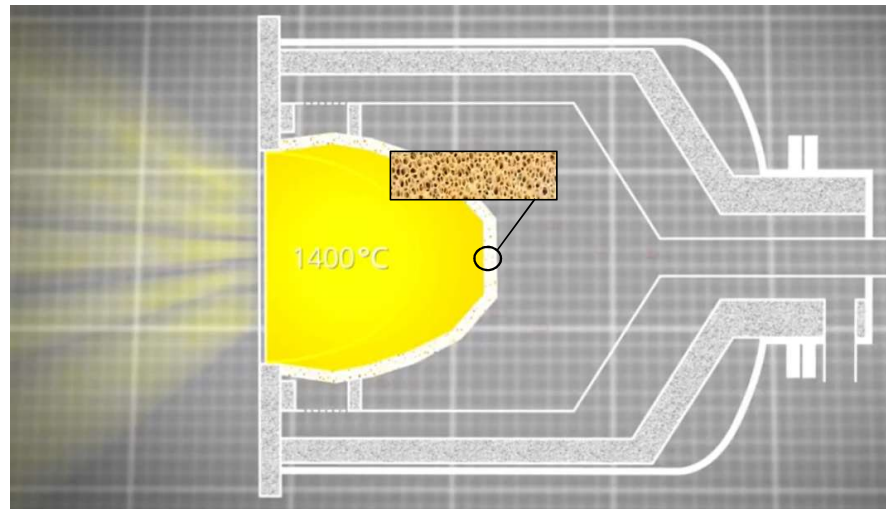
PROJET HYDROSOL-BEYOND : PROBLEMATIQUES

MATERIAUX

Matériaux du réacteur soumis aux cyclages thermiques et hautes températures (>1400°C)

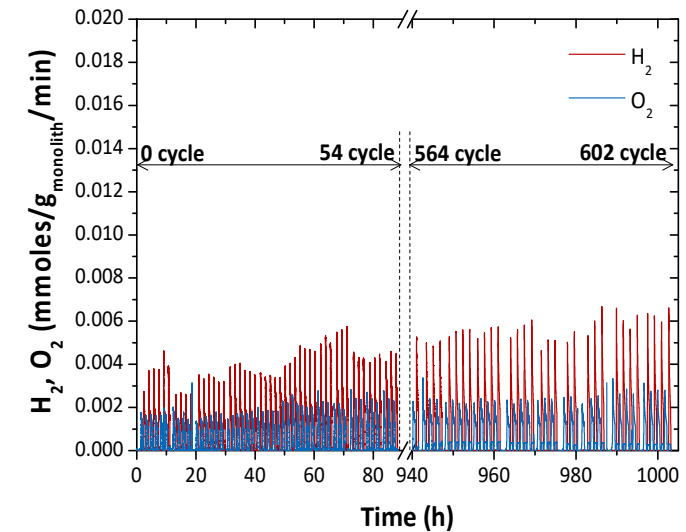
OPTIQUE

Rayonnement solaire concentré (>X1000)
-Centrale à tour avec surconcentrateur
-Fonctionnement alternatif de 2 chambres de réaction (oxydation/réduction)
nécessite de développer une stratégie de pointage dynamique



REACTIONS

Matériaux réactifs soumis aux cyclages thermiques et réactifs (désactivation)



THERMIQUES

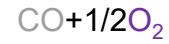
Isolation, récupération de chaleur

L'énergie solaire à concentration peut permettre de produire des carburants solaires, à partir de CO_2 et H_2O , afin de stocker et transporter la ressource.

Problématiques : matériaux hautes températures, concentration de l'énergie solaire, maximiser les transferts de chaleur et de masse, aller vers des procédés continus (stockage, hybridation...)

Avec l'énergie solaire on peut tout faire...

On peut convertir le CO₂ atmosphérique

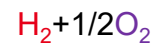


Fischer
Tropsch
(exo)

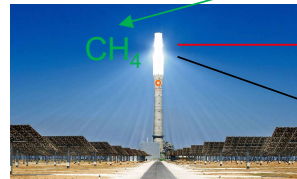


Carburant
solaire liquide

On peut produire H₂



Et on peut remplir les mines de charbon

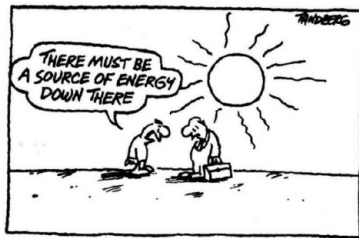


Et l'utilisation de l'énergie solaire peut même contribuer à refroidir la Terre*...

*Hu, A., Levis, S., Meehl, G. A., Han, W., Washington, W. M., Oleson, K. W., ... & Strand, W. G. (2016). Impact of solar panels on global climate. Nature Climate Change, 6(3), 290.

Avec les carburants solaires, tout rentre dans l'ordre...!





MERCI POUR VOTRE ATTENTION

THANKS FOR YOUR ATTENTION

Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives
Alternative Energies and Atomic Energy Commission
17 av des martyrs 38000 GRENOBLE France
<http://iten.cea.fr>

Établissement public à caractère industriel et commercial
Public establishment with commercial and industrial character
RCS Paris B 775 685 019

INES Site
Institut National de l'Énergie Solaire
National Solar Energy Institute
50 avenue du lac Léman
73375 Le Bourget-du-Lac France
+33 4 79 79 20 00

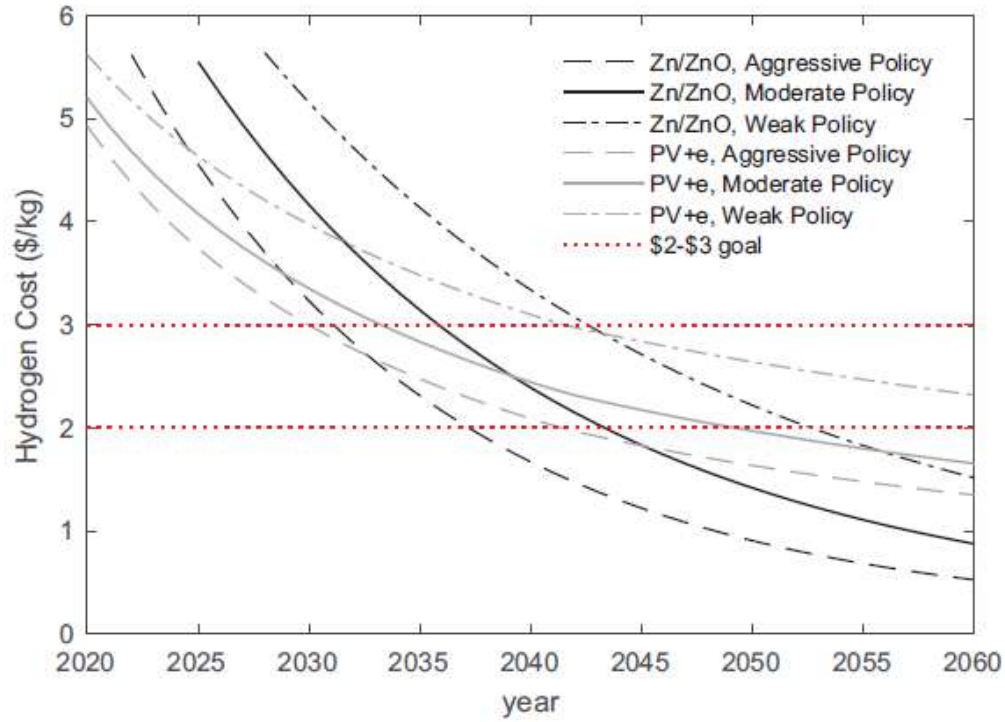
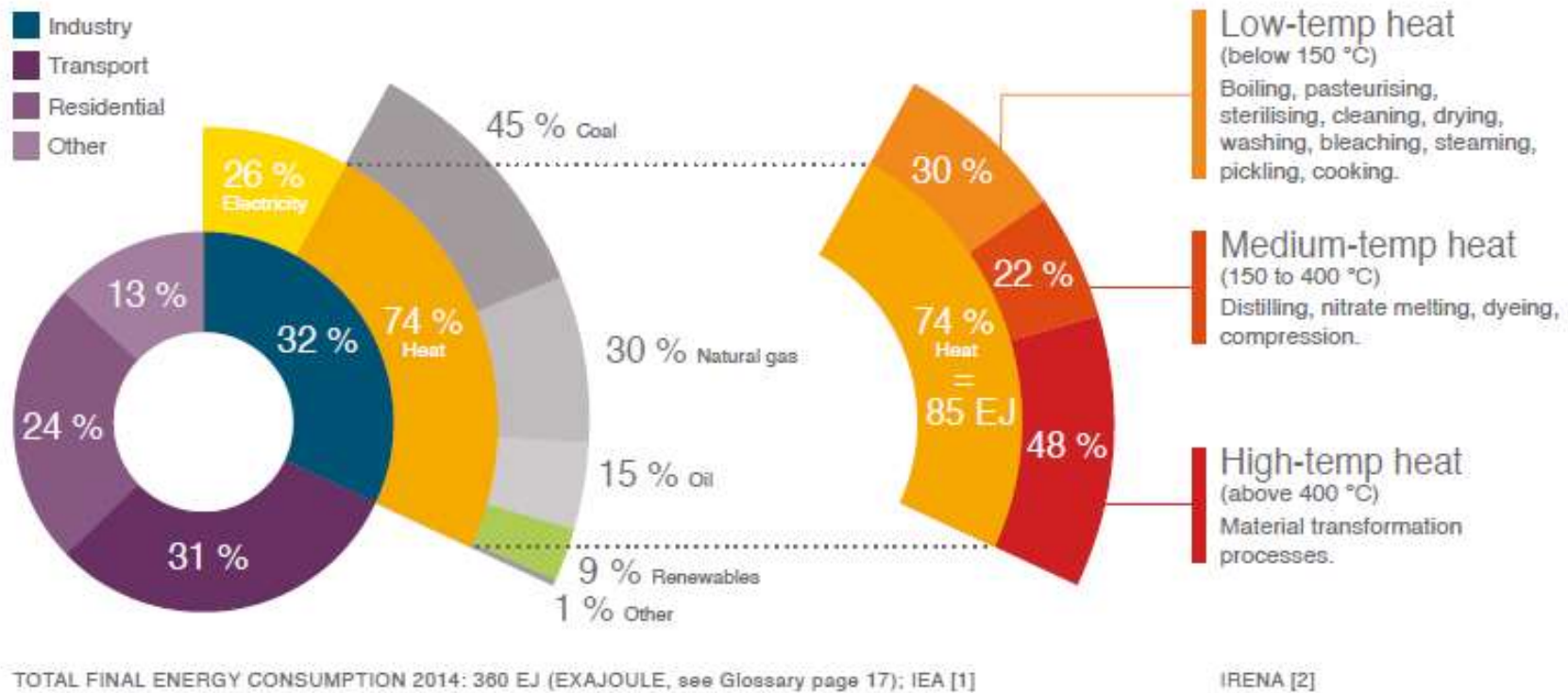


Fig. 1. Cost vs. year for H₂ produced via the Zn/ZnO cycle and PV+ electrolysis assuming aggressive, moderate, and weak policy scenarios.

Nicodemus, J. H. (2018). Technological learning and the future of solar H₂: A component learning comparison of solar thermochemical cycles and electrolysis with solar PV. Energy policy, 120, 100-109.

ENORMOUS GLOBAL HEAT DEMAND IN INDUSTRY



Nicodemus, J. H. (2018). Technological learning and the future of solar H₂: A component learning comparison of solar thermochemical cycles and electrolysis with solar PV. Energy policy, 120, 100-109.



Thermochemical
HYDROgen production in a
SOLar structured reactor:
facing the challenges and
beyond



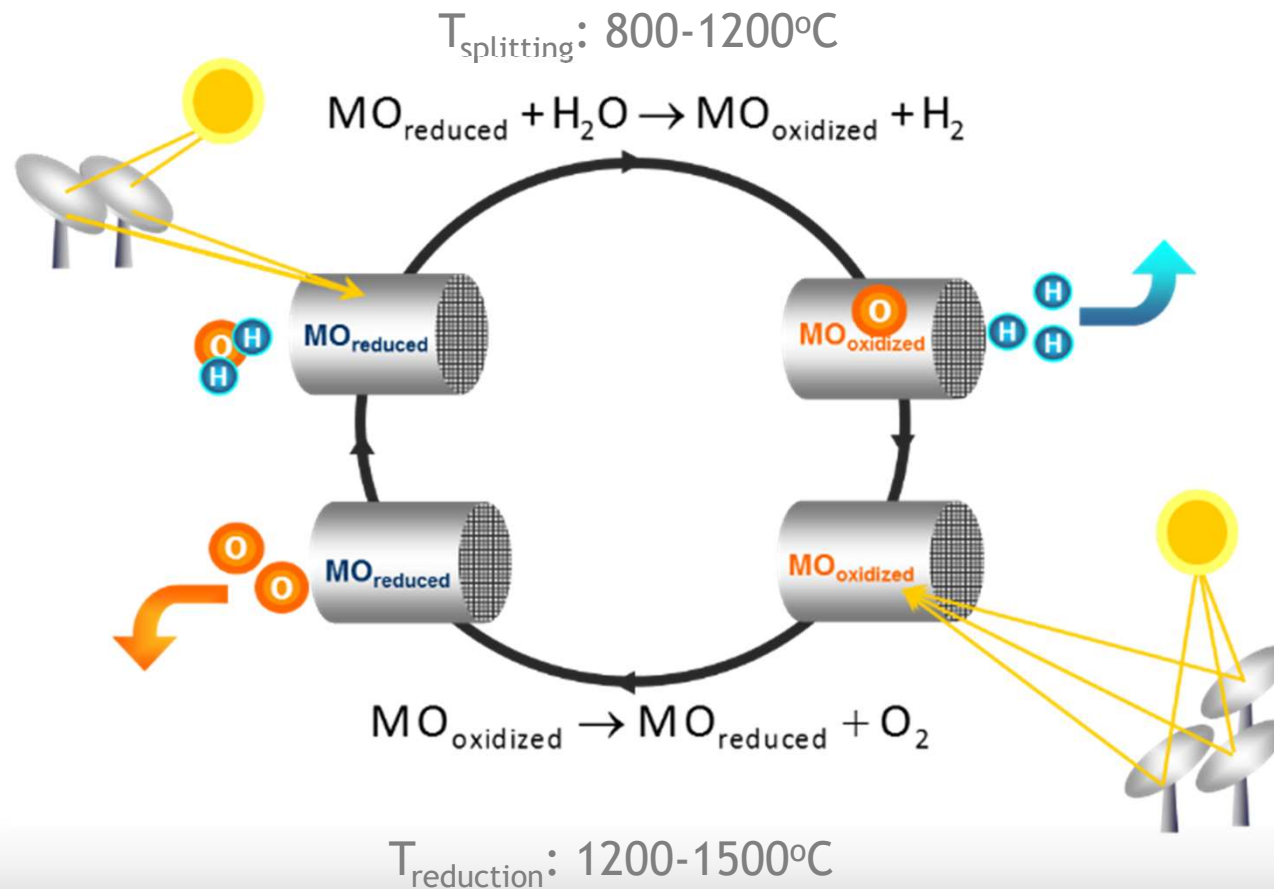
"This project has received funding from the Fuel Cells and Hydrogen 2 Joint Undertaking under grant agreement No 826379. This Joint Undertaking receives support from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme and Hydrogen Europe and Hydrogen Europe Research"



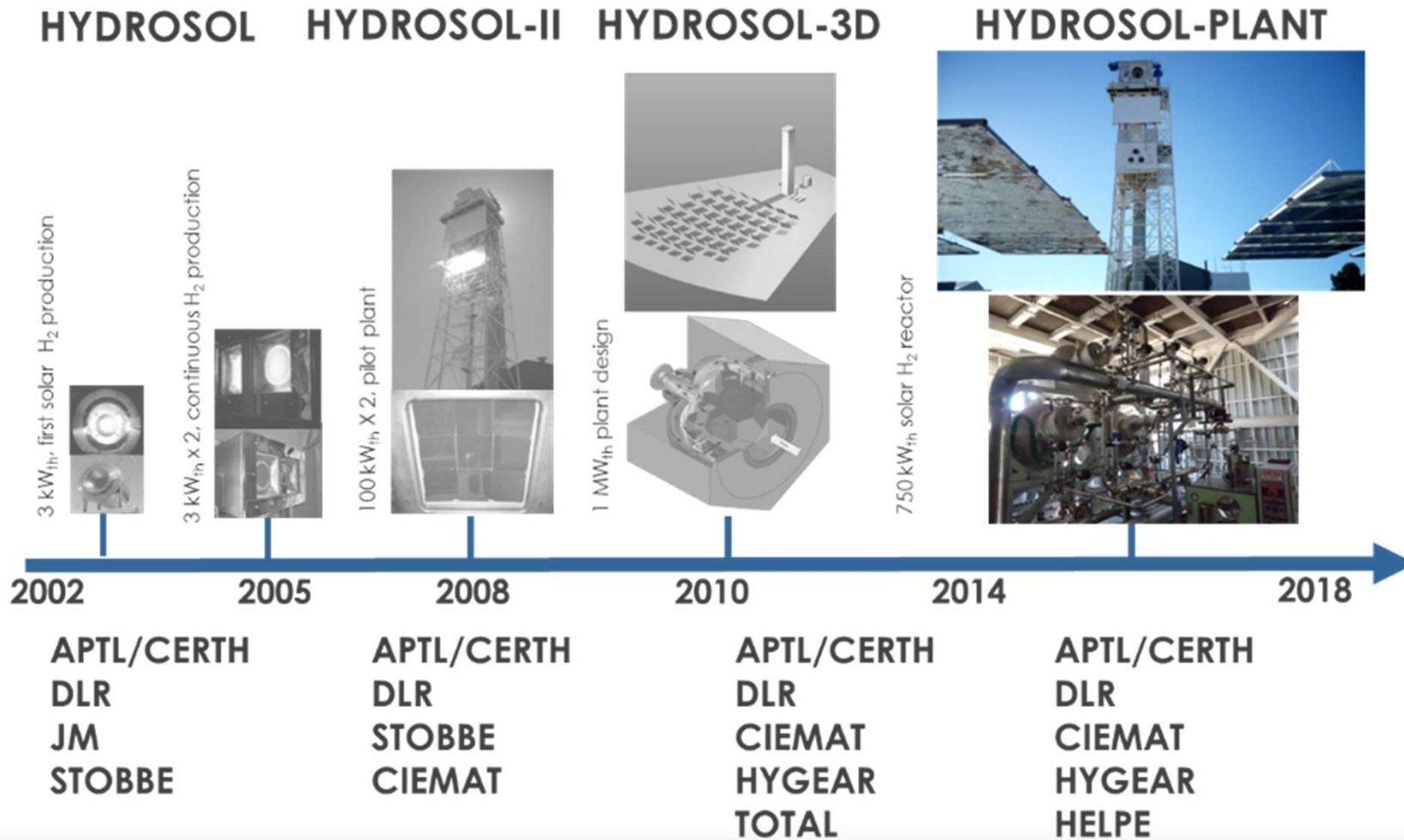
The HYDROSOL technology

Solar hydrogen production from water splitting

Monoliths coated or consisting entirely of redox materials capable of absorbing concentrated solar radiation

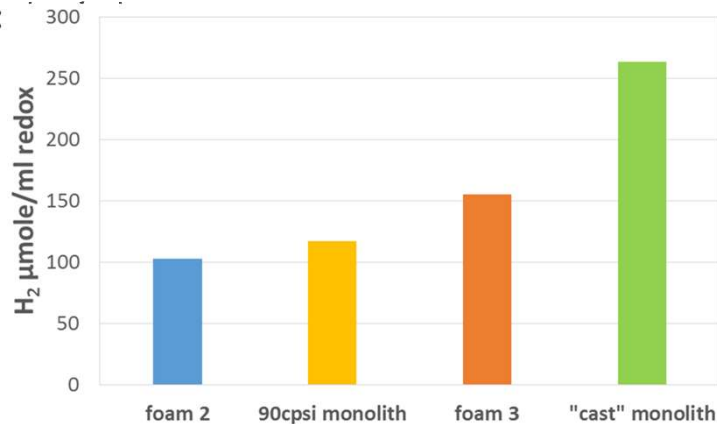


Previous HYDROSOL-projects



HYDROSOL-Plant achievements

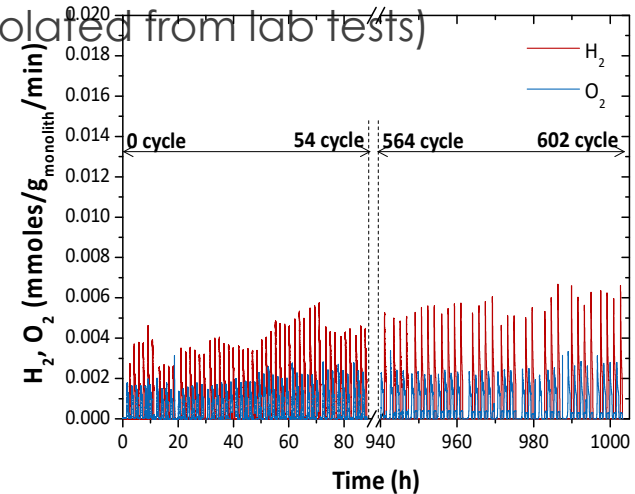
- Monolithic structures (honeycombs, foams) **consisting entirely** of the redox material



- Construction of three **90l solar monolithic reactors** consisting of Ni-ferrite and Ceria full scale foams (all-redox, coated)



- Over 1000 h of cyclic operation.** H₂ production at 3.3 kg/week (result extrapolated from lab tests)



- Largest solar redox thermochemical platform** to date for solar H₂ production



HYDROSOL-beyond

Start date: 1/1/2019

End date: 31/12/2022

Programme: HORIZON 2020

Funding Organization: FCH2-JU

Total budget: 2,999,940€

Coordinator: APTL/CPERI/CERTH- Greece

Partners: DLR-Germany, CIEMAT-Spain, HYGEAR-The Netherlands, ENGICER-Switzerland, SUPSI-Switzerland, CEA-France, ABENGOA-Spain

Main objectives

- **Address challenges identified in the previous project**
- **minimization of parasitic losses** related to inert gas consumption
- efficient **recovery of heat at rates >50%**
- redox materials and structures with enhanced stability (**>1000 cycles**) and with **production of hydrogen at levels three times higher** than that of the current state-of-the-art Ni-ferrite foams
- **long-term performance of materials** and key components under realistic boundary conditions using existing solar test facilities is needed.
- **improvement of the reactor design** and introduction of **novel reactor concepts**
- at least **5% efficiency** in the field tests at the **750kWth HYDROSOL solar platform** at the Plataforma Solar de Almeria in Spain

