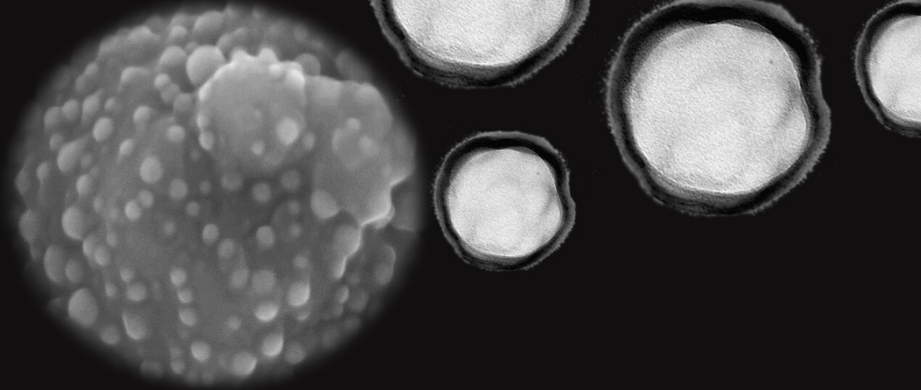




INSTITUTO DE  
TECNOLOGÍA  
QUÍMICA



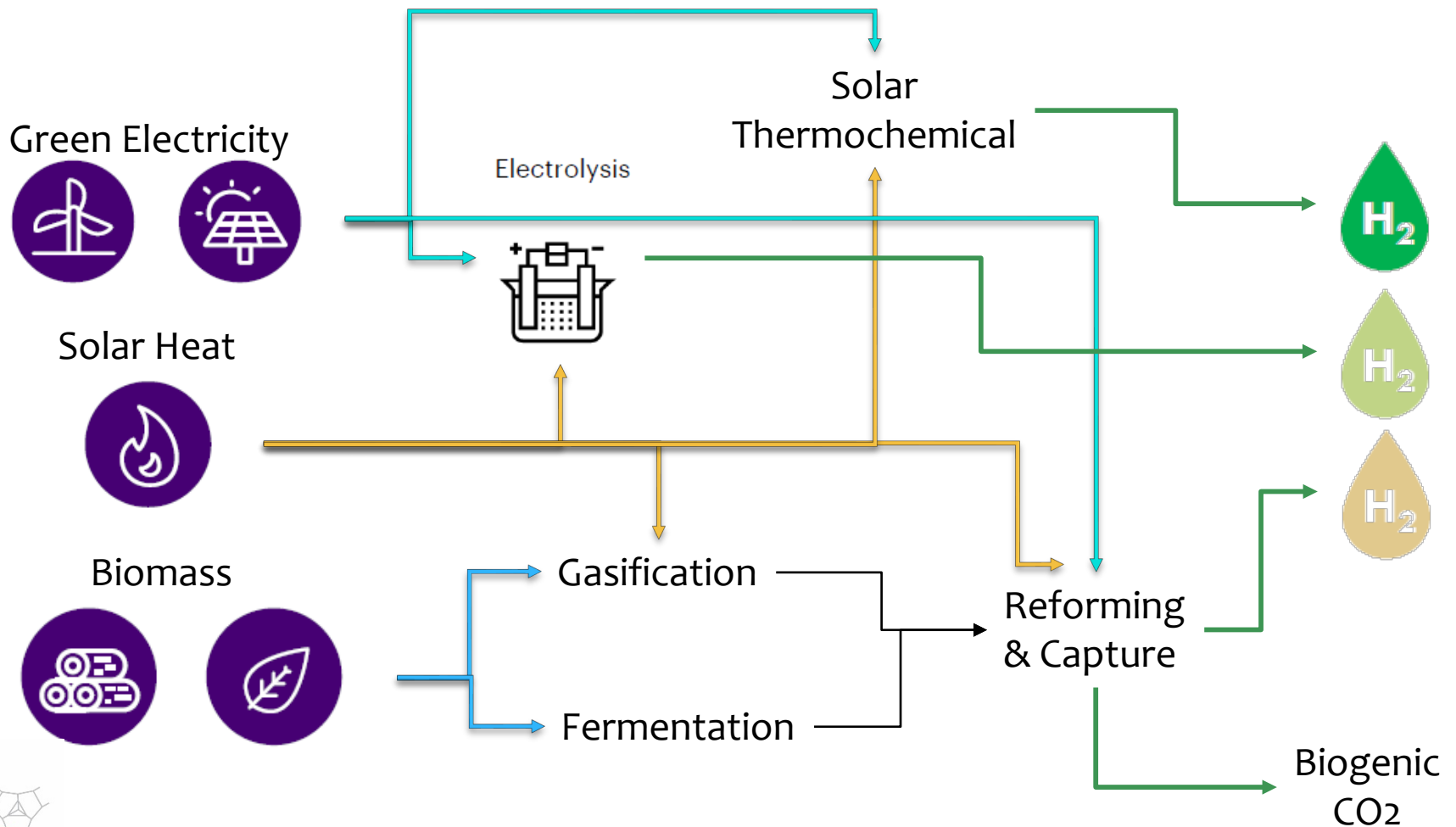
# Tecnologías habilitadoras para la producción de H<sub>2</sub> verde a partir de recursos sostenible

**Jose M. Serra**



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

# Rutas hacia Hidrógenos verdes



# Componentes y tecnologías habilitadoras

**Smart  
Catalysts**

**Electrochemical Cells**

**Smart Electric  
Heating**

**Smart  
Separations**

**Gasification &  
Pyrolysis**

**Heat  
Exchangers**

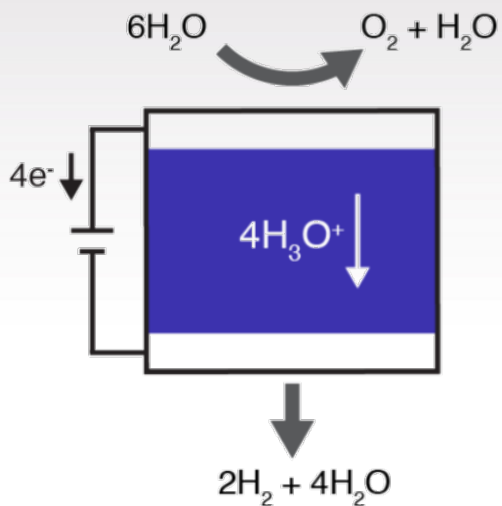
**Process  
Intensification**

**Operation-Flexible  
Scale-Flexible  
Compactness  
Elictrification**

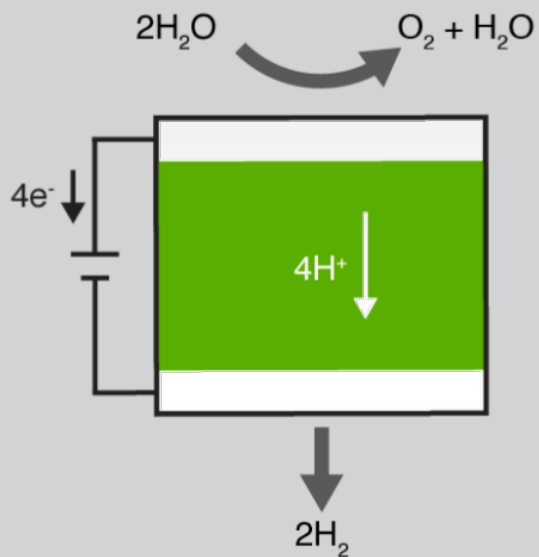


# Electrolysis

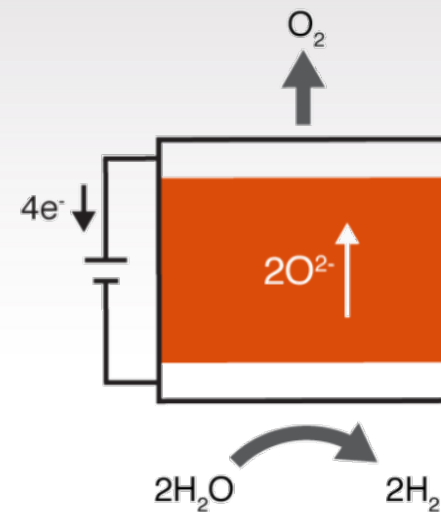
PEME  
( $<100\text{ }^\circ\text{C}$ )



PCE  
( $400\text{--}700\text{ }^\circ\text{C}$ )



SOE  
( $600\text{--}800\text{ }^\circ\text{C}$ )



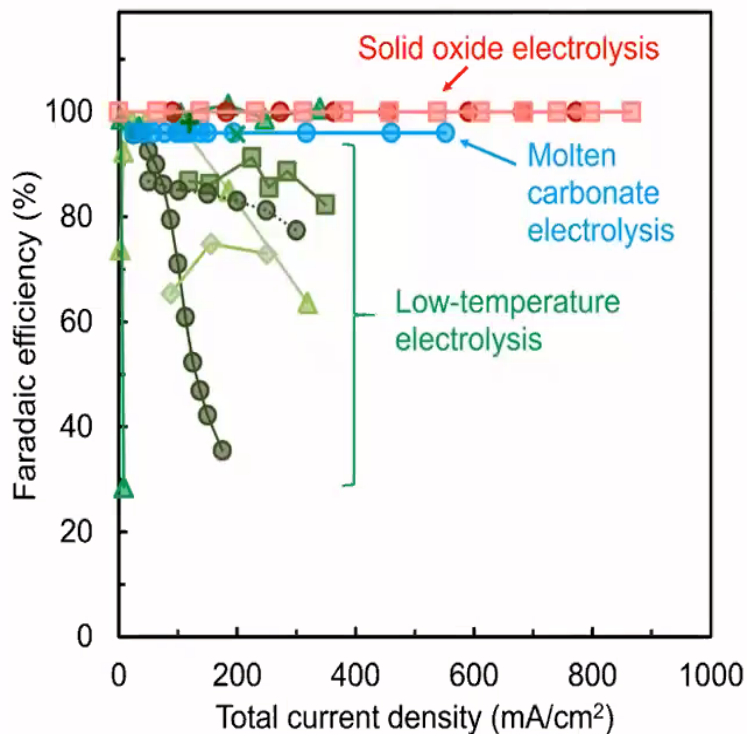
# Electrolysis

## Faradaic efficiency

- A measure of selectivity:

Current used for desired reaction

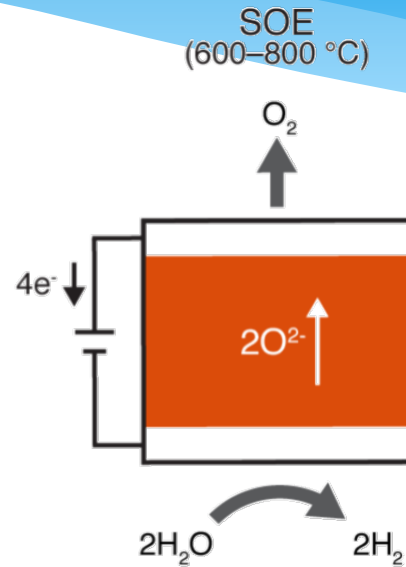
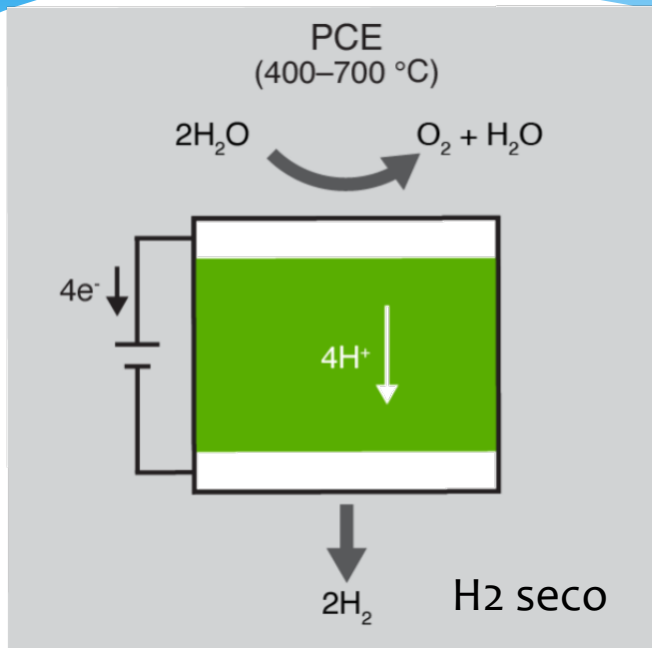
-----  
Total current



- Solid oxide electrolysis**
  - Ebbesen *et al.*, 16 cm<sup>2</sup> cell, 850°C
  - Küngas *et al.*, 8250 cm<sup>2</sup> stack, 750°C
- Molten carbonate electrolysis**
  - Kaplan *et al.*, 91 cm<sup>2</sup> cell, 800°C
  - Kaplan *et al.*, 29 cm<sup>2</sup> cell, 900°C
- Low-temperature electrolysis**
  - Verma *et al.*, 1 cm<sup>2</sup> cell, room temperature
  - Ma *et al.*, 1 cm<sup>2</sup> cell, room temperature
  - Kutz *et al.*, 5 cm<sup>2</sup> cell, room temperature
  - Kaczur *et al.*, 250 cm<sup>2</sup> cell, 45°C
  - Dufek *et al.*, 8 cm<sup>2</sup> cell, 60°C, 18.5 bar
  - Endrödi *et al.*, 183 cm<sup>2</sup> stack, 50°C
  - Haas *et al.*, 10 cm<sup>2</sup> cell, 30°C, low CO<sub>2</sub> flow
  - Haas *et al.*, 10 cm<sup>2</sup> cell, 30°C, high CO<sub>2</sub> flow



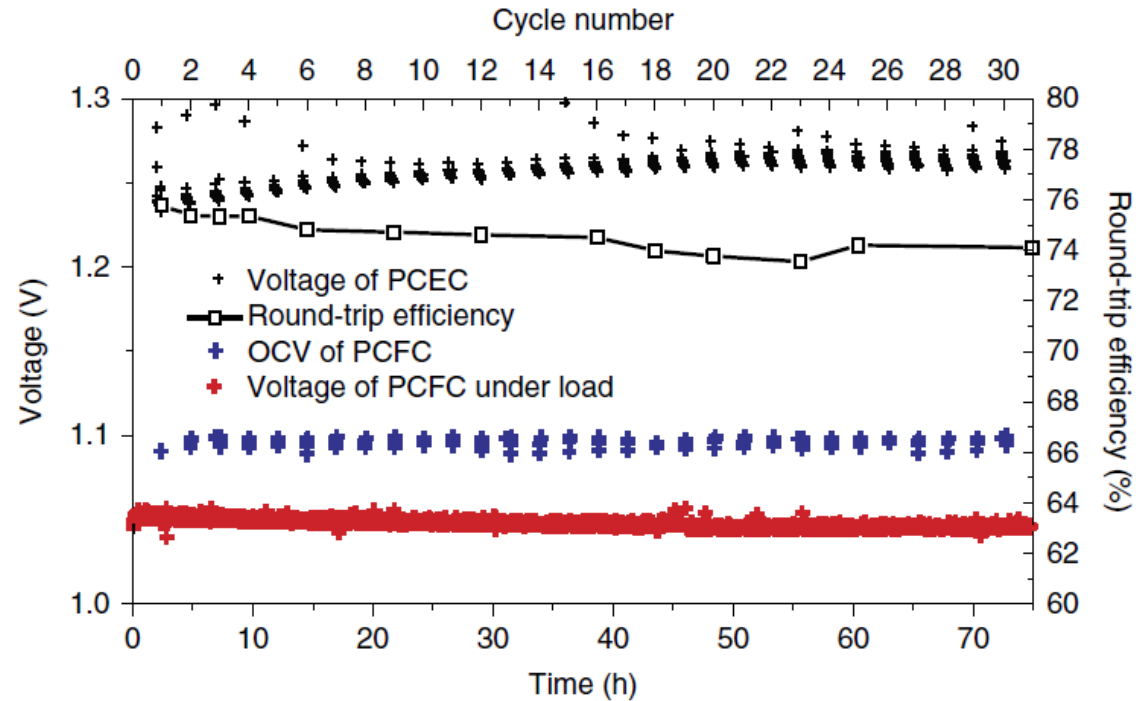
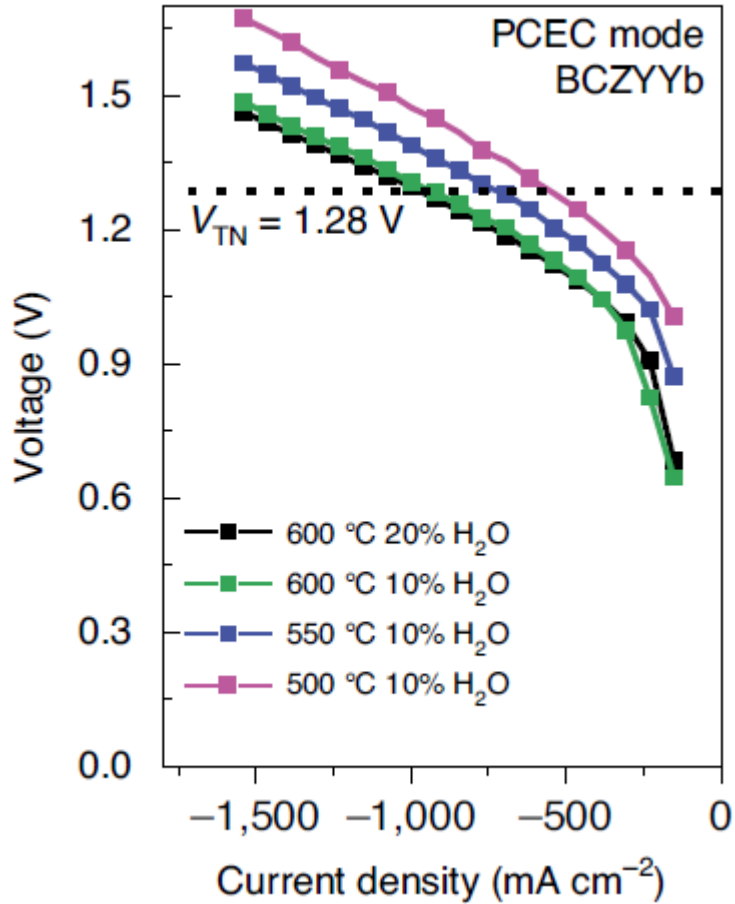
# Solid-Oxide Electrolysis



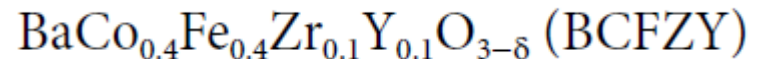
Tecnología SOEC y PCEC.  
Pro y contras a nivel técnico  
y económico.

- Alta temperatura facilita el uso de menos electricidad y más calor
- Tecnologías más competitivas para integración industrial (calor y/o reacción)
- Ni en la parte de H<sub>2</sub> (no metales preciosos, reciclado)
- Compresión electroquímica posible
- PCE mucho más inmadura: degradación materiales en electrólisis.
- Operación Reversible posible

# Applications – Electrolysis – Reversible Operation

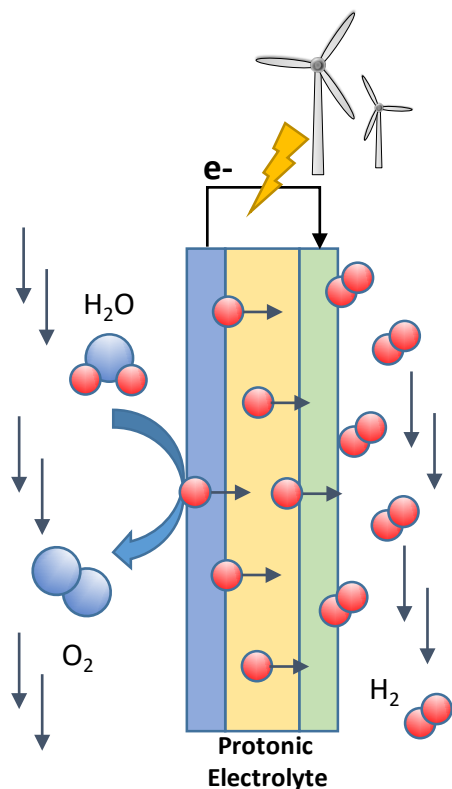


Ch. Duan and R. O'Rayre

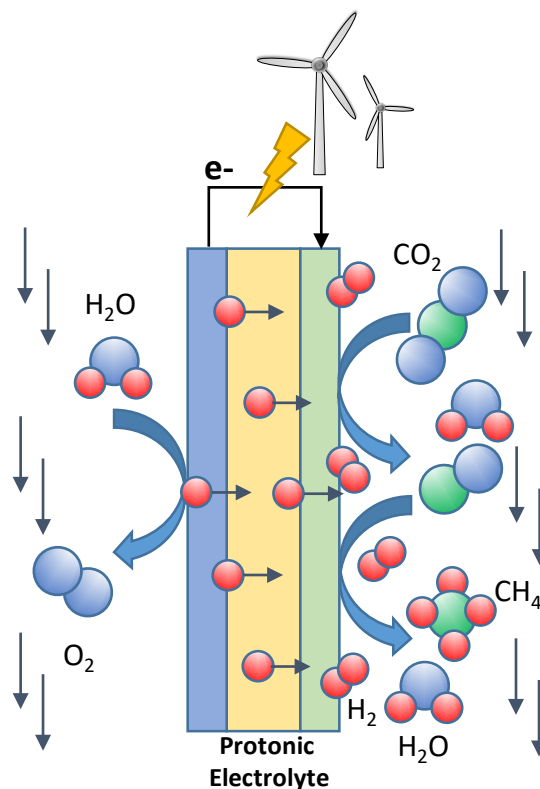


# Electrolysis – Co-electrolysis - Electrosynthesis

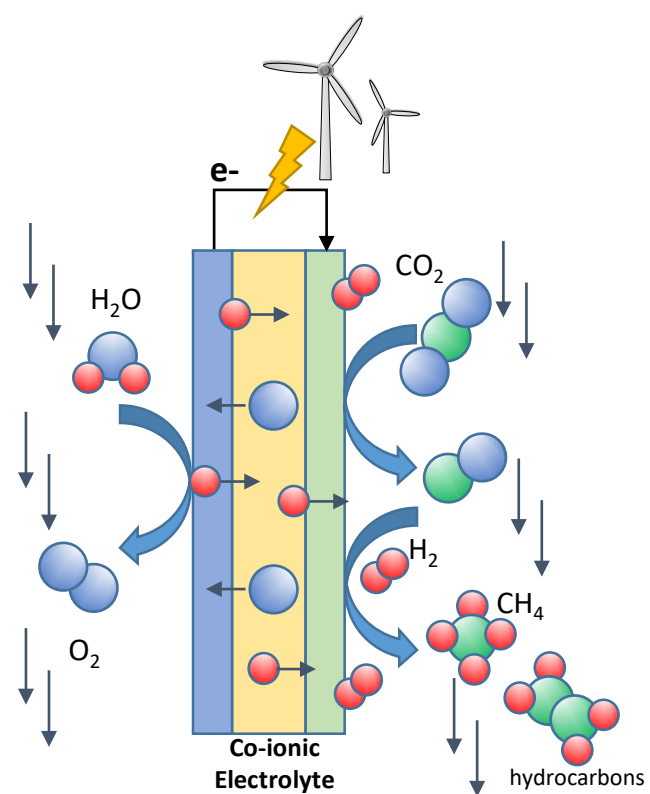
## Water Electrolysis



## Co-Electrolyzer



## Co-Electrolysis Reactor

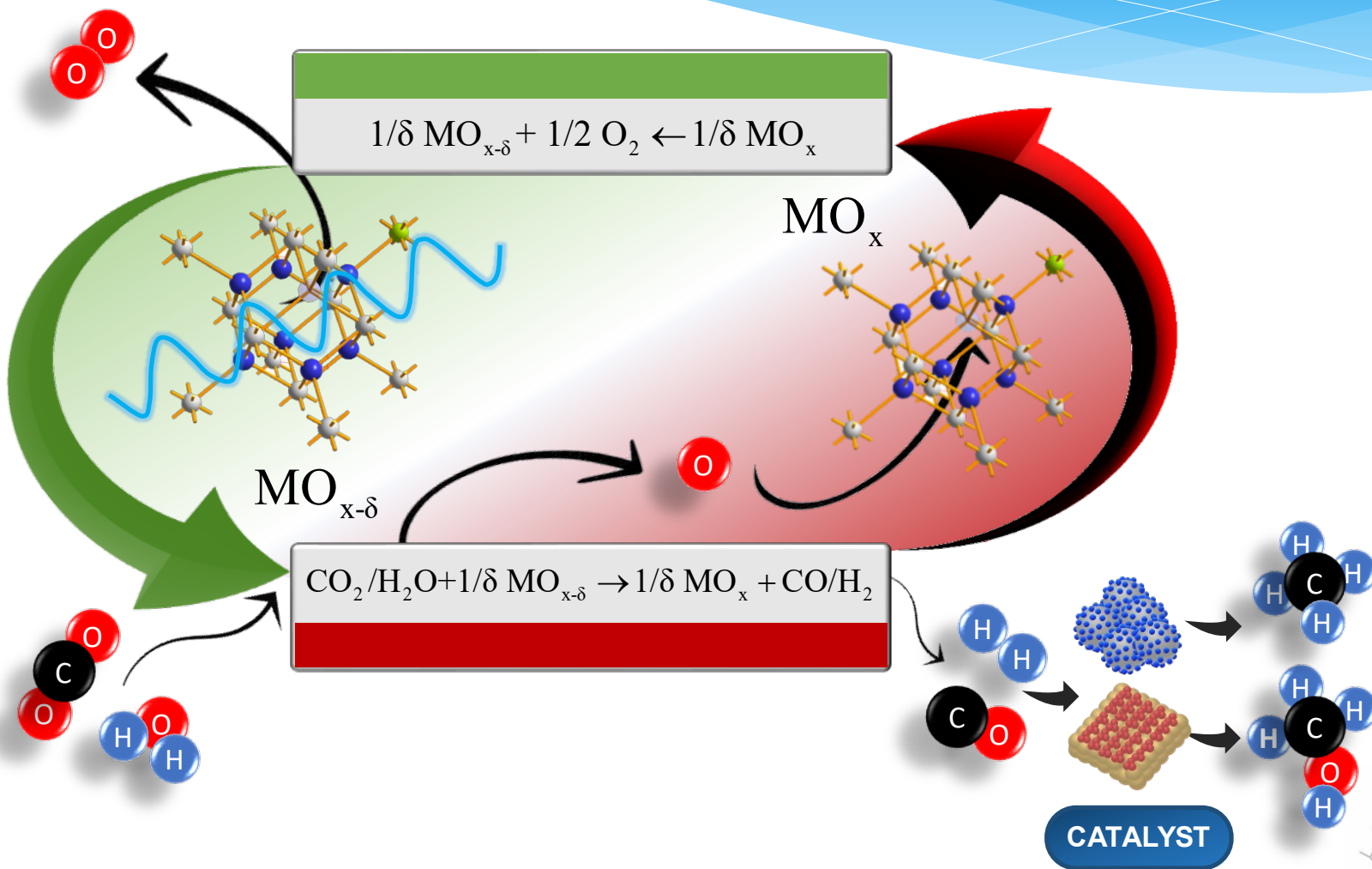


J.M. Serra, “Electrifying chemistry with protonic cells”,  
**Nature Energy** 4 (3) (2019) 178-179

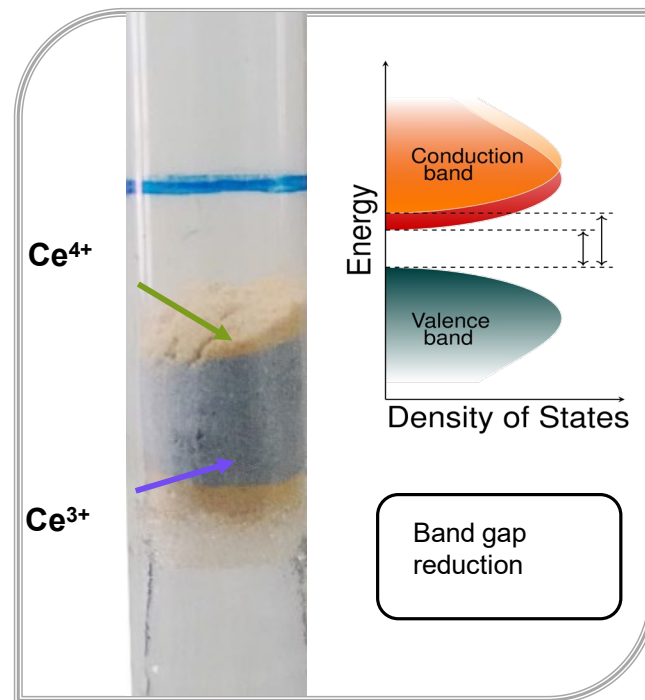
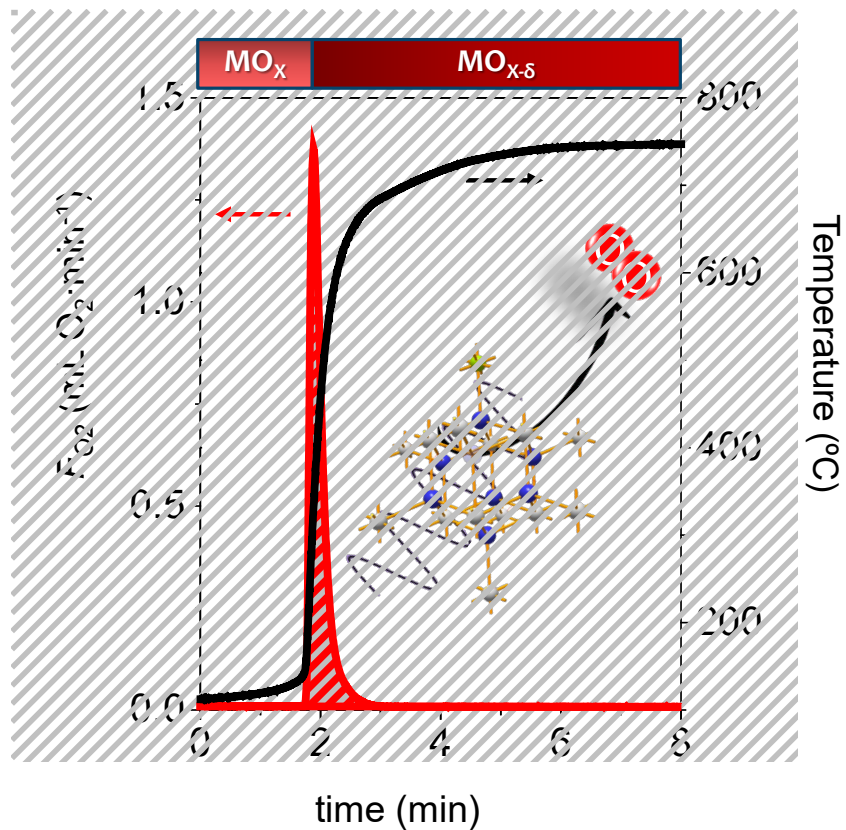




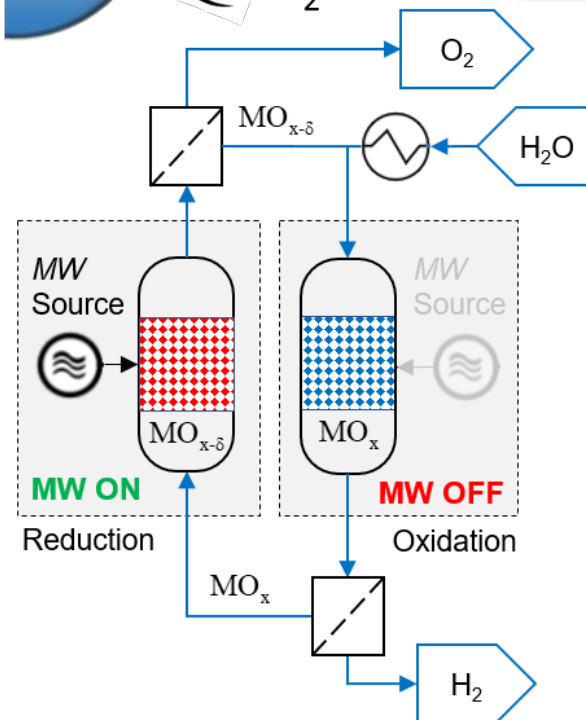
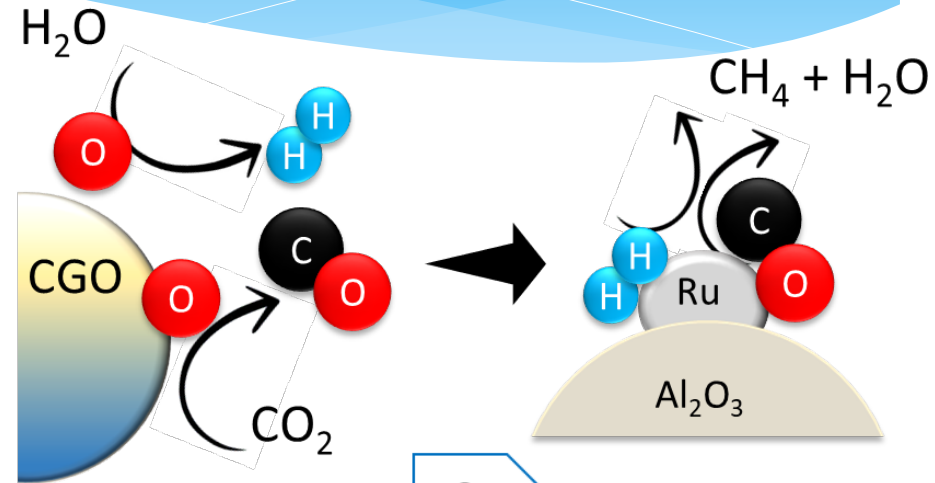
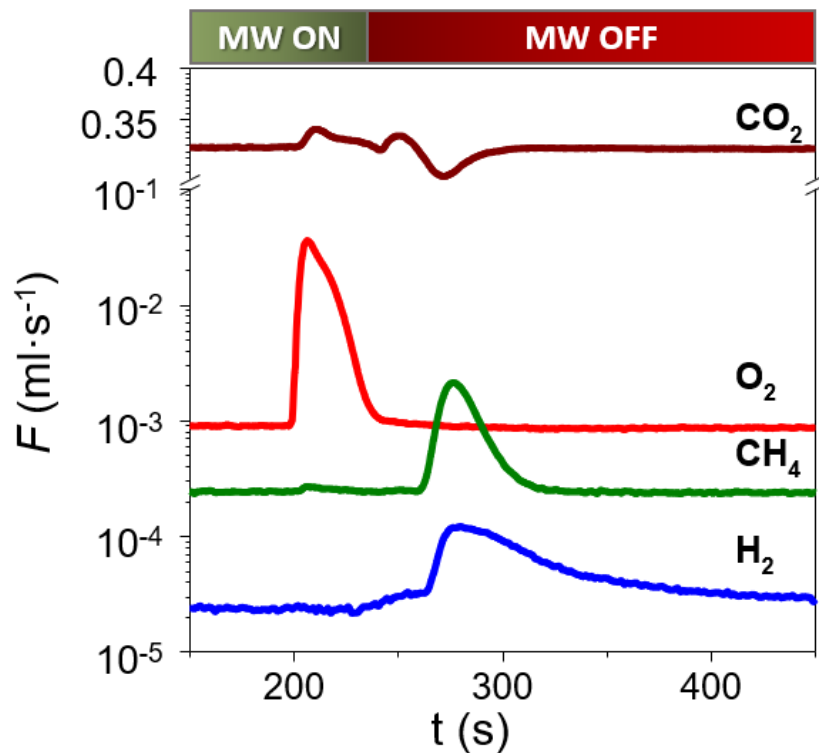
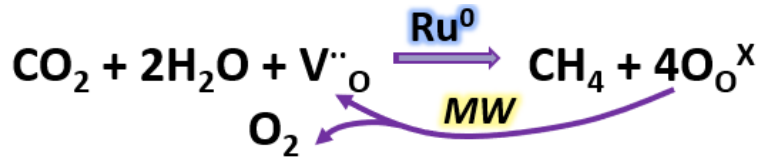
# Redox-Chemical Looping based on Microwaves



# Redox-Chemical Looping based on Microwaves

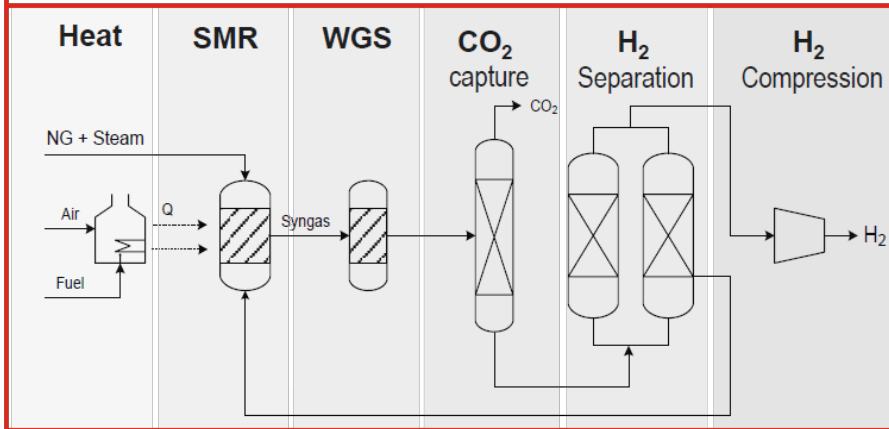


# Redox-Chemical Looping based on Microwaves



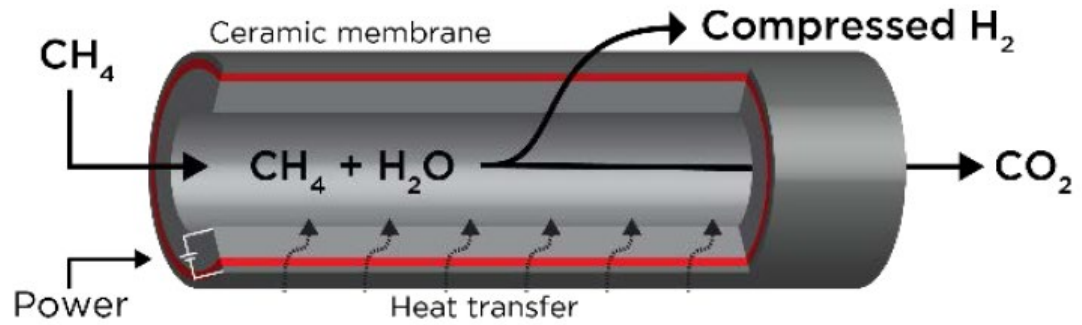
# Electrified Membrane Reformer (PMR)

## Steam Methane Reforming w. CCS (6 steps)



Process  
step  
reduction

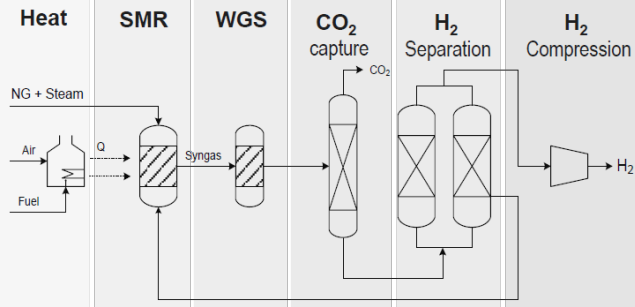
## Protonic Membrane Reforming (1 step)



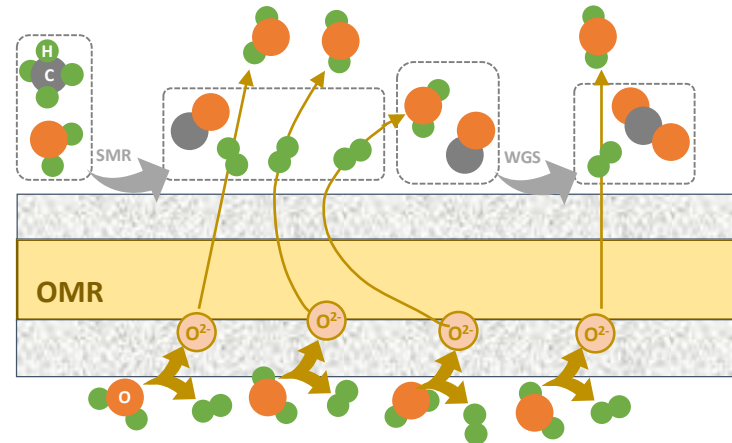
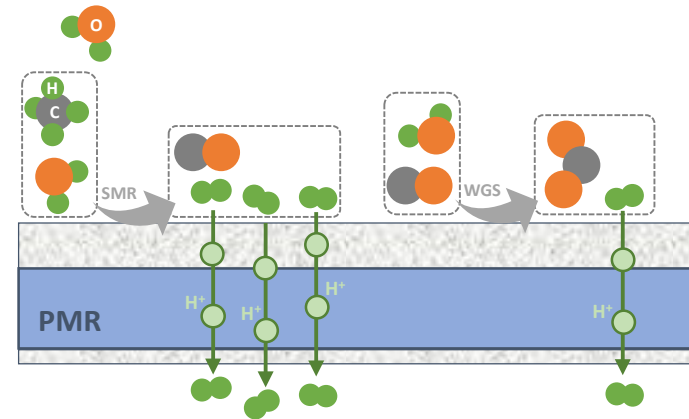
# Electrified Membrane Reformer (eMR)

Process  
step  
reduction

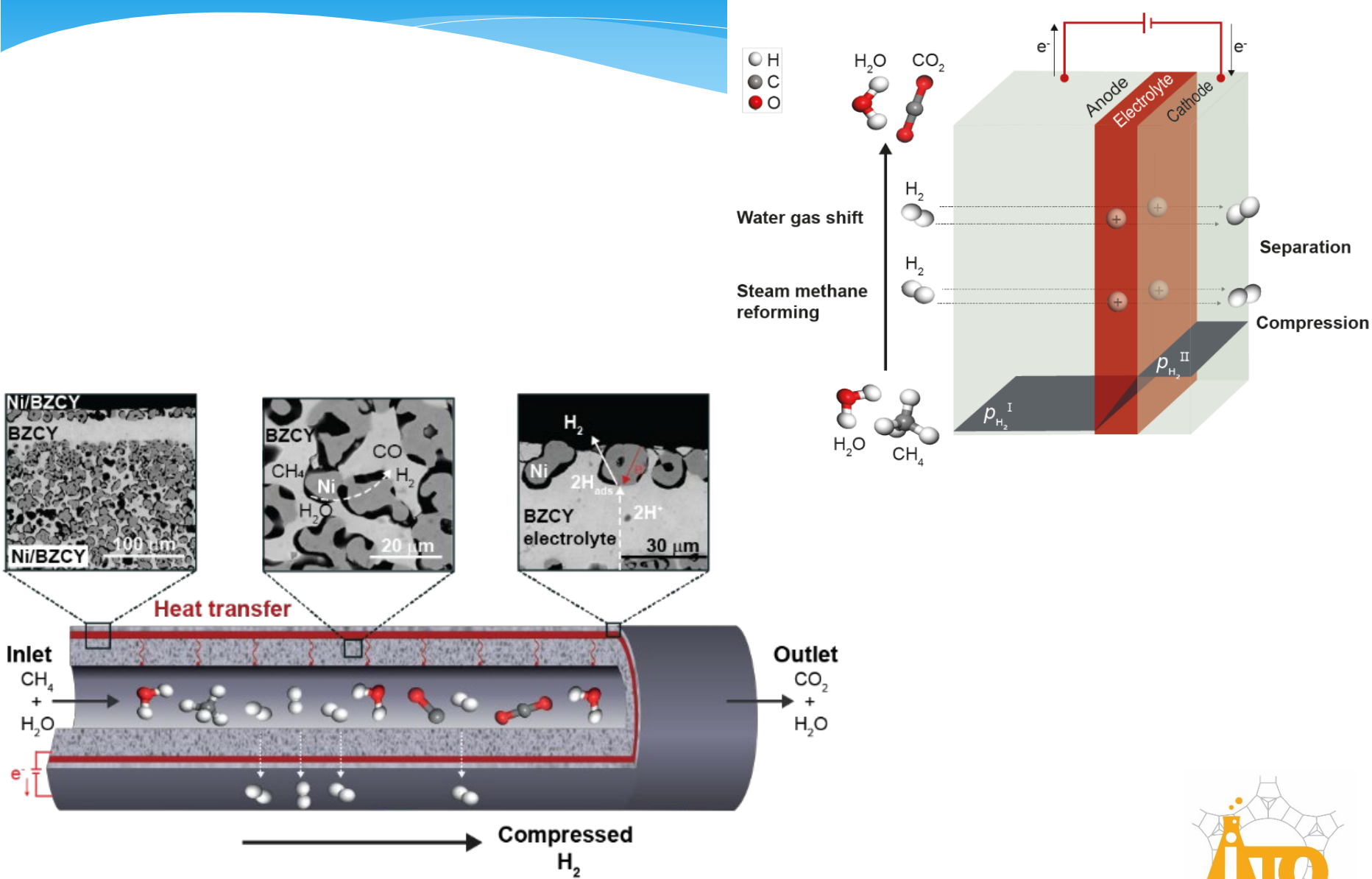
## Steam Methane Reforming w. CCS (6 steps)



Process  
step  
reduction



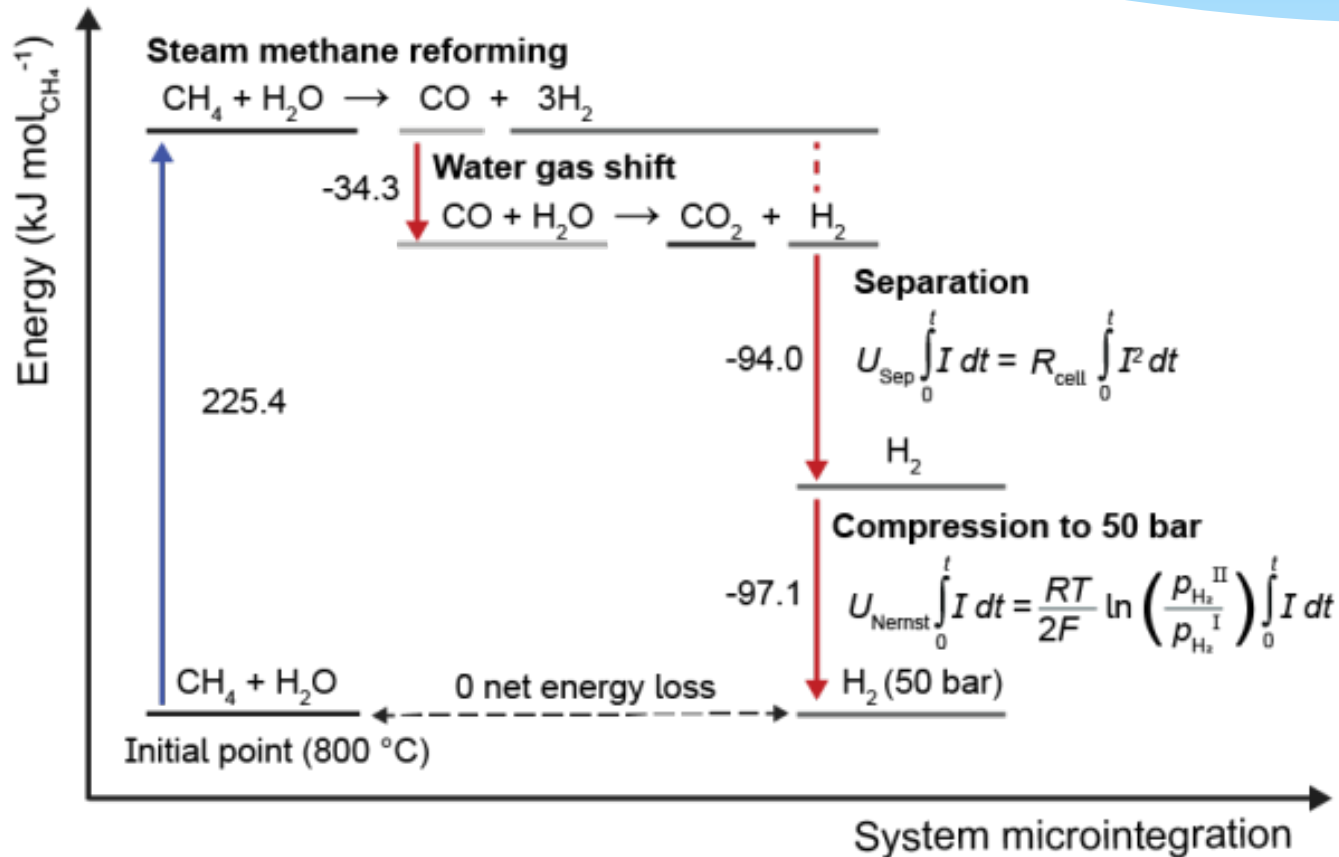
# Electrified Membrane Reformer (PMR)



H. Malerød-Fjeld et al., *Nature Energy*, 2, p. 923–931 (2017)



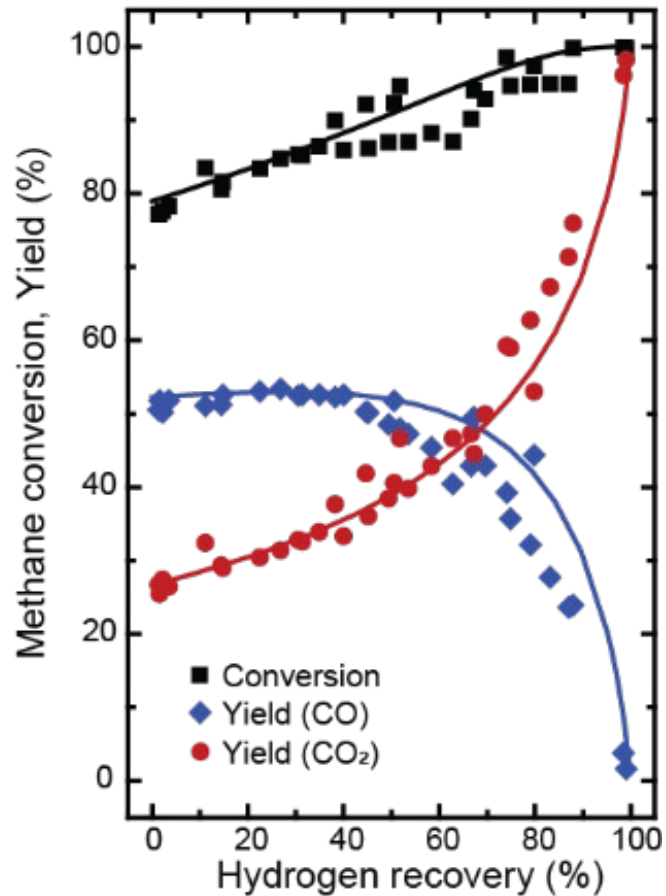
# Electrified Membrane Reformer (PMR) – EC Compression !!





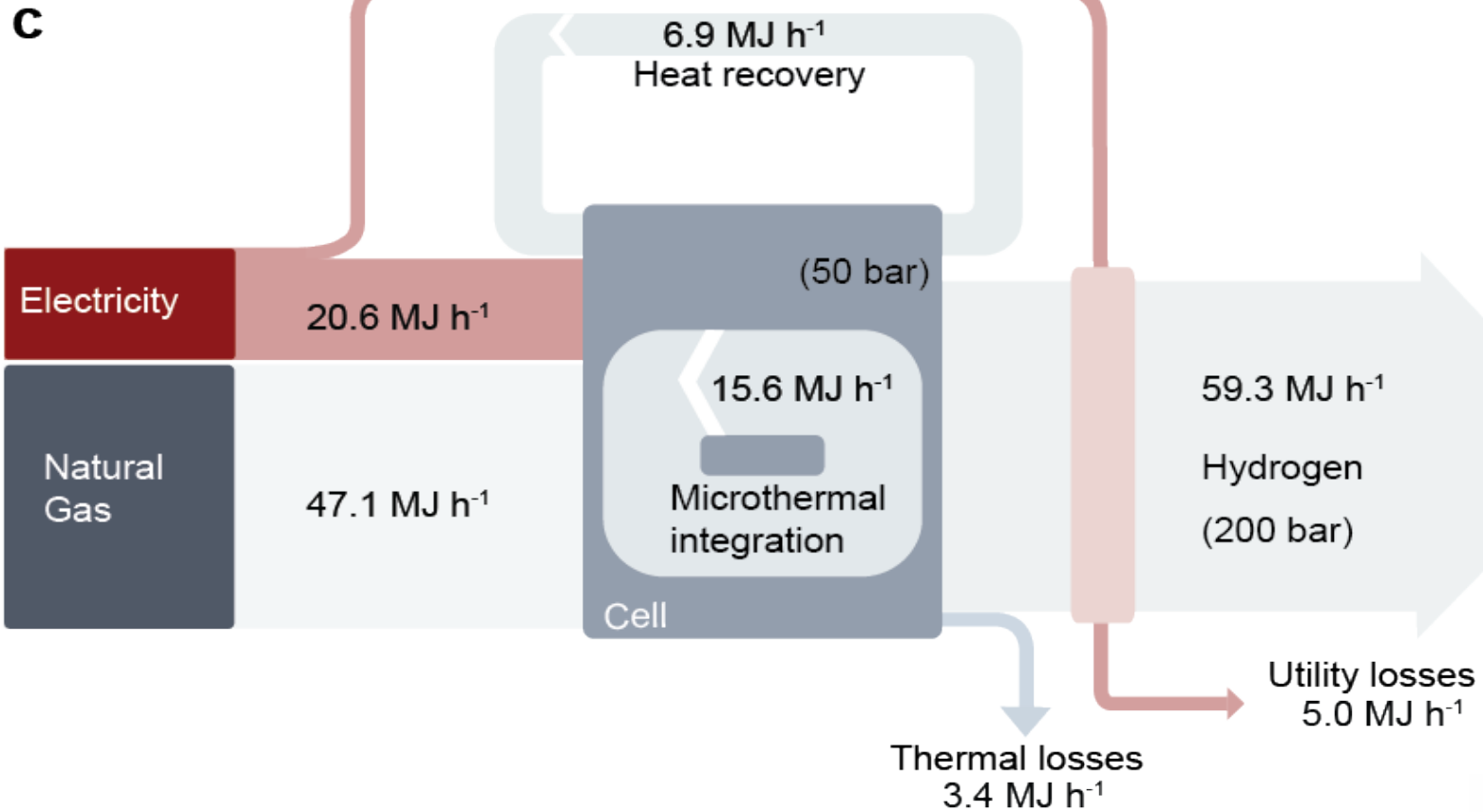
# Electrified Membrane Reformer (PMR) – EC Compression !!

Reforming conditions: 10 bar & S/C = 2.5  
Inlet hydrogen side:  $p(\text{H}_2\text{O})$ : 0 – 2.0 bar.

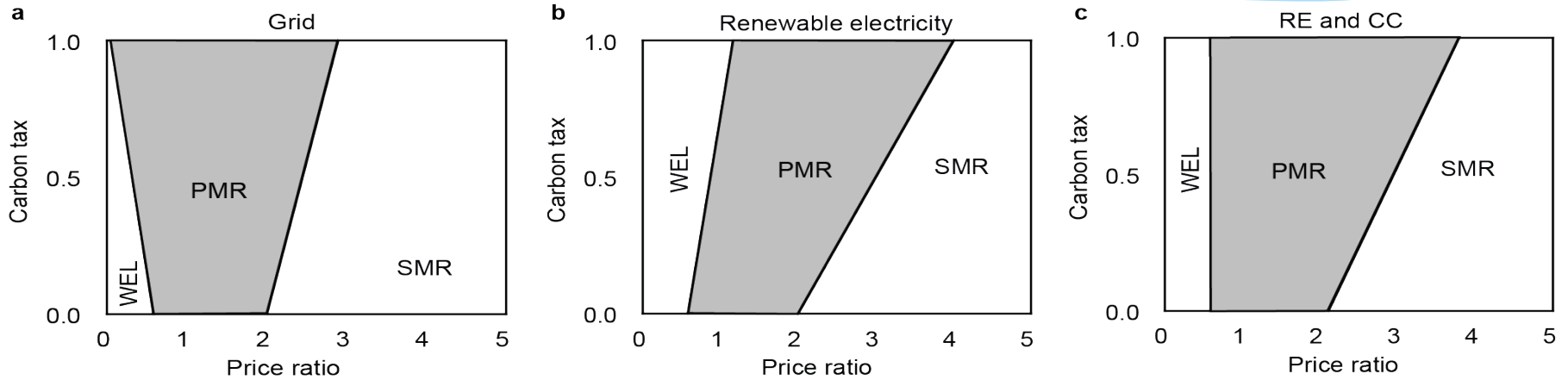




# Electrified Membrane Reformer (PMR) – Energy Balance



# Electrified Membrane Reformer (PMR) – Techno-economics



# HUB INNOVACIÓN H2 CV

18 MAY 2021 -

QUÉ ES EL HUB?

EL HUB QUIERE SER UN PUNTO DE REFERENCIA PARA LA ACELERACIÓN DEL ESCALADO DE LAS TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES ASOCIADAS AL H2 Y DESCARBONIZACIÓN A NIVEL EUROPEO



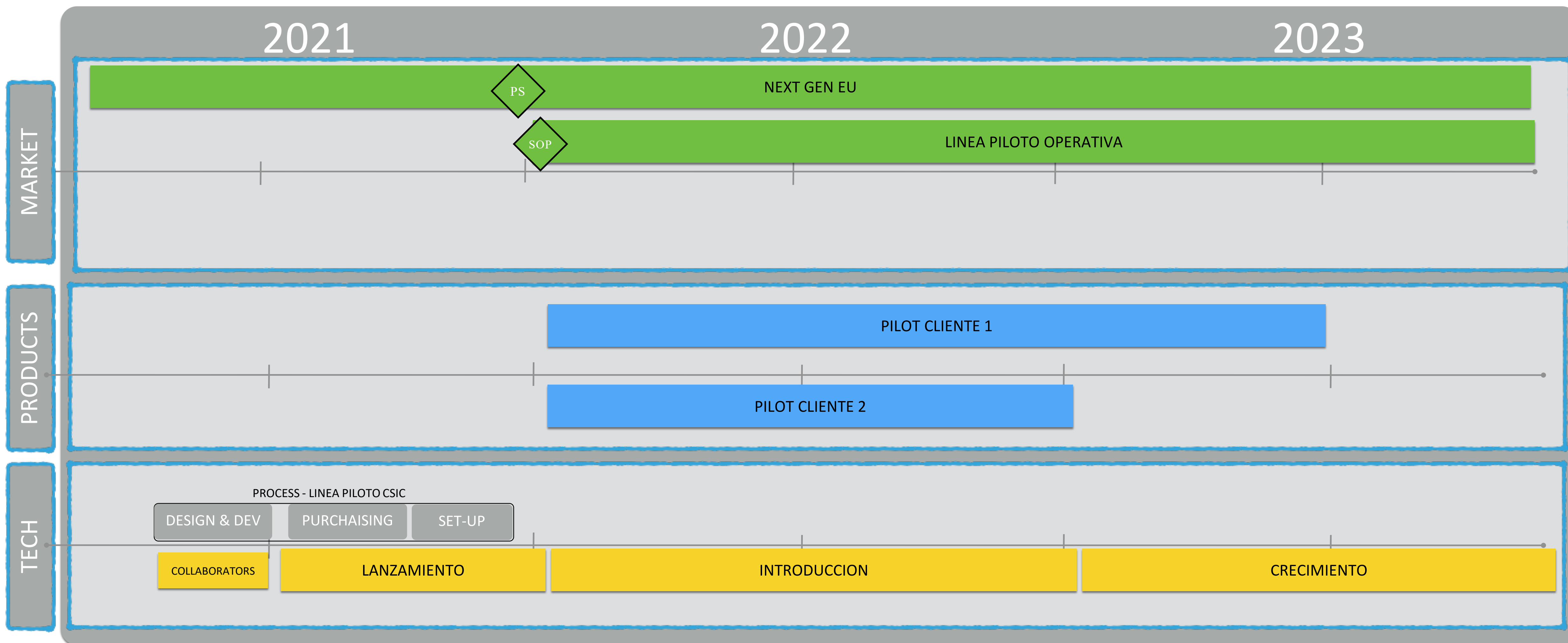
# MISIÓN, VISIÓN Y VALORES

## MISIÓN

- CAPACIDAD
- CREAR UN **ECOSISTEMA** ABIERTO, INNOVADOR Y COLABORATIVO
- PROMOVER EL DESARROLLO DE SOLUCIONES Y PRODUCTOS ALINEADAS CON LOS **RETOS INDUSTRIALES** QUE PLANTEA LA ECONOMÍA DEL H2
- IMPULSAR LA ESPECIALIZACIÓN EN **H2 COMO SEÑA DE IDENTIDAD** Y PRINCIPAL VENTAJA COMPETITIVA DE **UNA INDUSTRIA SOSTENIBLE Y COMPETITIVA**
- ATRAER, RETENER Y DESARROLLAR AL **MEJOR TALENTO**



## TIMING HUB

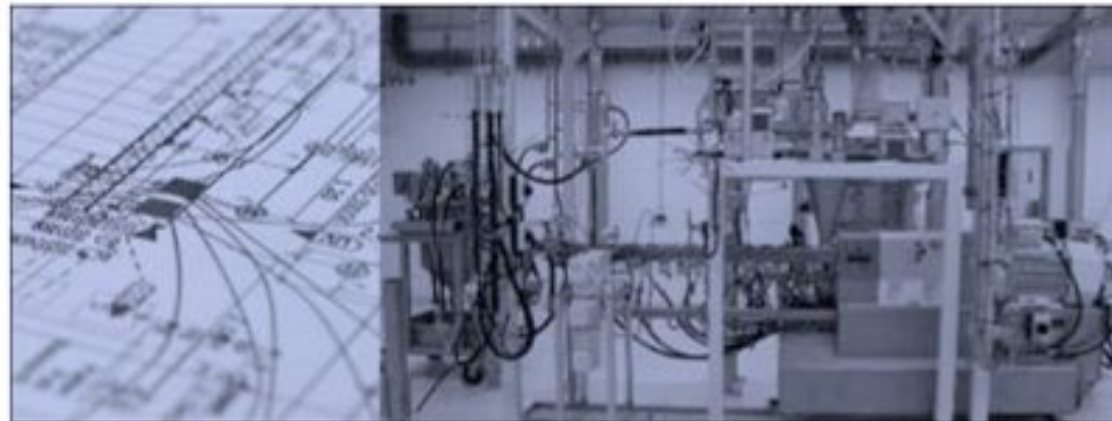


# PUESTA EN MARCHA DEL HUB DE H2 CV - COMPETENCIAS



PROCESS DEVELOPMENT

**DESARROLLO DE PROCESOS:** Desarrollo e industrialización de procesos de producción innovativos, eficientes y sostenibles.  
Objetivo 2021: Crecer red de socios y colaboradores



MACHINE PLANNING

**PLANIFICACIÓN de EQUIPOS:** Benchmarking de maquinaria desde escala laboratorio a GWh.  
Objetivo 2021: Roadmap de la linea piloto y selección de equipos hasta 2022.



PILOT LINE

**LINEA PILOTO:** Optimización de procesos de producción apuntando a producción en serie.  
Objetivo 2021: Soporte de proveedores. Fortalecer cadenas de valor para la colaboración con empresas en 2022. Compra e instalación de equipamiento e infraestructura en planta piloto



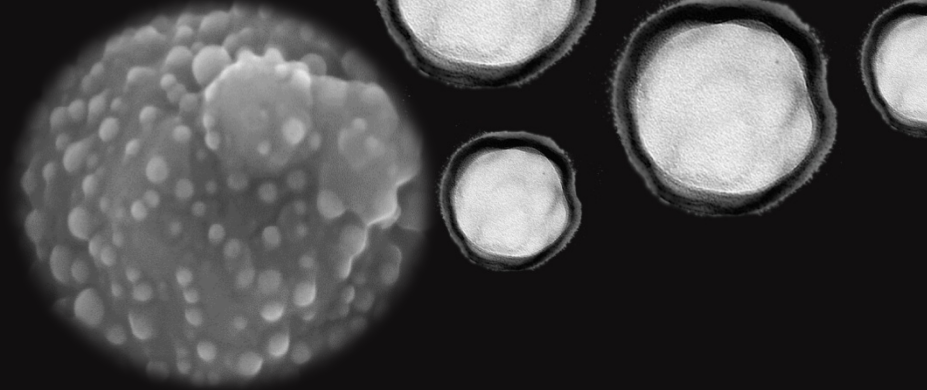
BIGDATA & PARTNERING

**BIGDATA & PARTNERING:** Métodos y herramientas para análisis de datos de procesos de producción (ejem: Celdas y stacks).  
Objetivo 2023: Due diligence para programas en alianzas/asociación





INSTITUTO DE  
TECNOLOGÍA  
QUÍMICA



Muchas gracias



**Jose M. Serra**



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA