

# Trois verrous matériaux pour la pile SOFC haute T

*Ce que les démonstrateurs hydrogène attendent du matériau d'électrode*

1

## Variabilité du combustible

H<sub>2</sub> pur, syngas pyrogaz (bois B, CSR), biogaz, hydrocarbures. Composition fluctuante → cellules SOC qui doivent rester stables sur plusieurs combustibles.

2

## Impuretés et empoisonnement

H<sub>2</sub>S, alcalins, goudrons, Cl.  
Empoisonnent les anodes Ni-YSZ standards. Quelle tolérance industriellement crédible sans prétraitement amont coûteux ?

3

## Durabilité long terme

Cible industrielle : 40 000–60 000 h.  
Dégradation cumulée du Ni (agglomération, coking, redox) au cœur du problème. Densité de puissance  $\geq 1 \text{ W/cm}^2$  à 600–800 °C.

# Oxydes Ruddlesden-Popper à exsolution Ni–Ru

*Une céramique conçue pour quatre fonctions —  $(La,Sr)_3(Mn,Ni,Ru)_2O_7$  · 700–900 °C*

1

## Stocker / relâcher l'oxygène

Réservoir redox modulable selon la composition du syngas — tampon face aux fluctuations combustible.

2

## Faire pousser des nano-Ni–Ru in situ

Nanoparticules catalytiques ancrées au réseau par exsolution sous  $H_2$  — pas de migration, pas d'agglomération.

3

## Gazéifier le coke en continu

Le carbone est consommé sur place par couplage avec l'oxygène du réseau — résistance intrinsèque au coking.

4

## Tolérer $H_2S$ et impuretés

Ru limite l'empoisonnement soufre sans usage massif de métaux du groupe platine — compromis coût / performance.

# Trois validations expérimentales

*Du laboratoire vers les conditions réelles du démonstrateur*

## VALIDÉ

DRM Ni-only

**360 h**

*stabilité multi-T*

- 85,5 % conversion CH<sub>4</sub> à 850 °C
- 0,026 mg\_C/g/h — coking ×100 sous benchmarks
- Quenard et al., (La,Sr)<sub>3</sub>(Mn,Ni)<sub>2</sub>O<sub>7</sub>

## VALIDÉ

SOFC Ni–Ru

**200 h**

*anode robuste*

- $R_p = 0,32 \Omega \cdot \text{cm}^2$  à 800 °C
- 22 % dégradation vs 53 % pour Ni-only
- Yuksek et al., L150N45R5

## EN COURS

DRM-Ru biogaz

**H<sub>2</sub>S**

*tolérance en cours*

- CH<sub>4</sub>/CO<sub>2</sub> = 1,5 + H<sub>2</sub>S 5–10 ppm
- Conditions du syngas pyrogaz / biogaz
- Yuksek et al., paper 2

# Quatre questions pour ouvrir l'échange

*Articuler la recherche académique avec les besoins industriels du démonstrateur*

## TEMPÉRATURE D'OPÉRATION

Quelle marge réaliste pour ouvrir le marché ? À 600 °C les contraintes système chutent, mais les performances matériau aussi. Où placer le curseur ?

## TOLÉRANCE H<sub>2</sub>S

Quel niveau industriellement crédible ? Faut-il prétraiter le syngas en amont ou élargir la fenêtre matériau intrinsèque ?

## DURÉE DE VIE CIBLE

40 000 h ? 60 000 h ? Au-delà ? Quel surcoût matériau acceptable pour gagner 20 000 h sur le démonstrateur ?

## ARTICULATION R&D — TERRAIN

Comment connecter nos travaux Ruddlesden-Popper aux contraintes opérationnelles des bancs Fiaxell, H2X et des démonstrateurs bretons ?