

## La catalyse au service du CCU

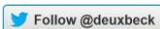
(ou comment convertir efficacement le CO<sub>2</sub> en produits utiles)

Damien P. Debecker



[damien.debecker@uclouvain.be](mailto:damien.debecker@uclouvain.be)

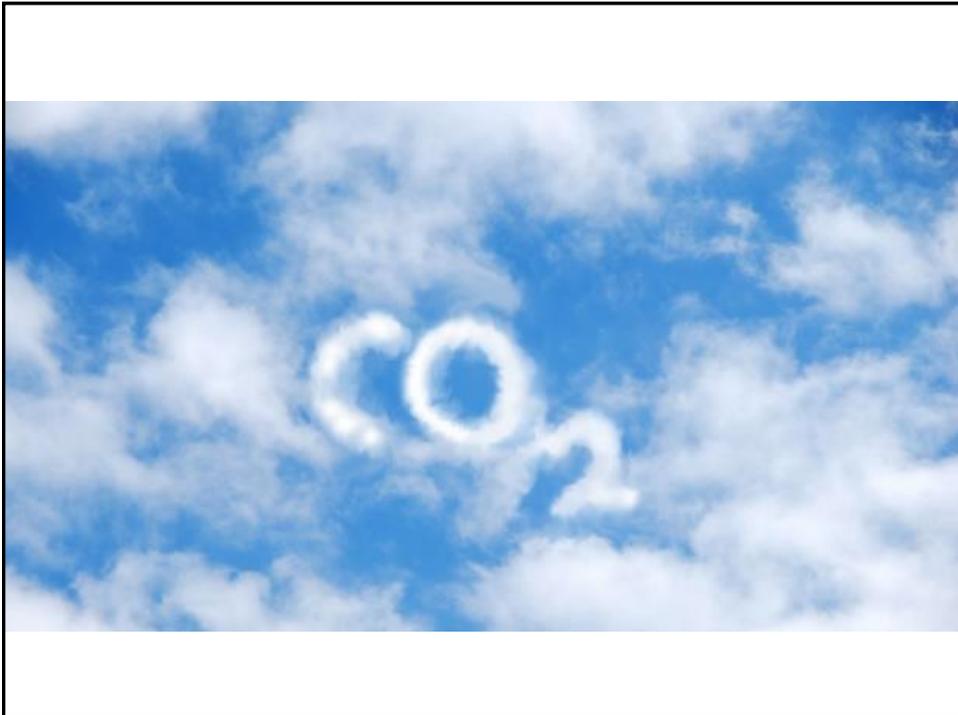
[www.damiendebecker.com](http://www.damiendebecker.com)



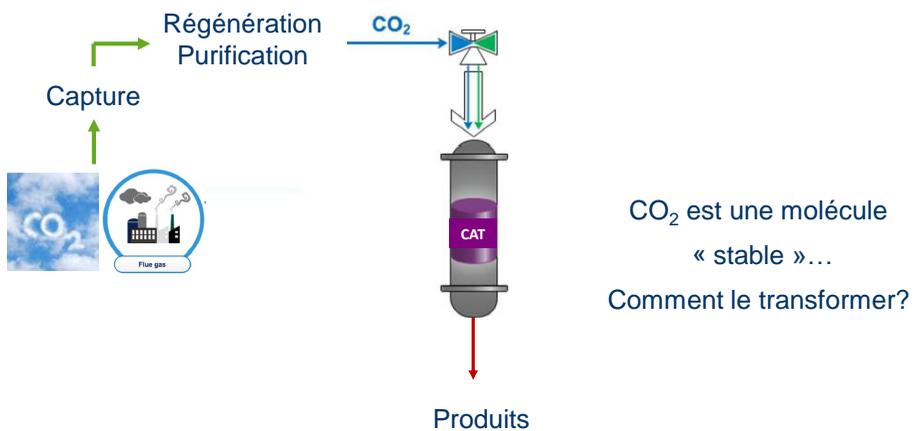
Louvain-la-Neuve, 17 novembre 2021, Agro Louvain Alumni

## Sauver le Monde ?





## Utiliser le $\text{CO}_2$ capté



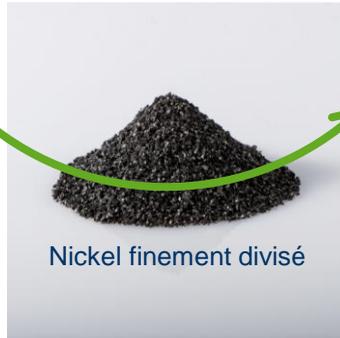
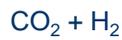
## Méthanation du CO<sub>2</sub>



Paul Sabatier

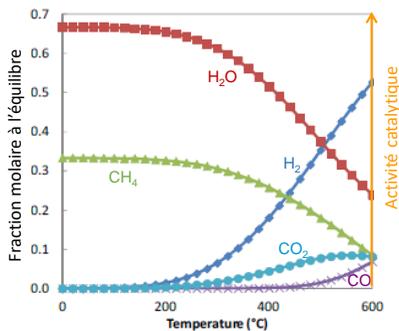


Capter le CO<sub>2</sub>  
avant émission

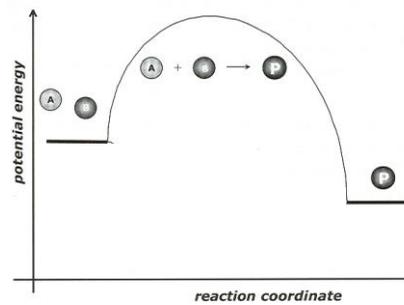


« gaz naturel »  
(REM: ne pas le  
laisser s'échapper!)

## La méthanation: exothermique et lente



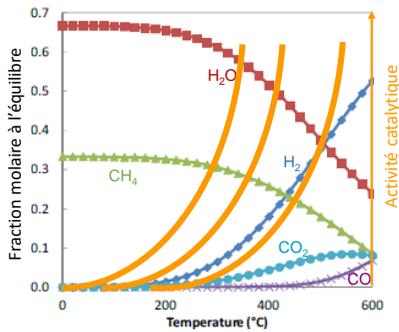
A. Karelavic, PhD Thesis 2013, UCLouvain



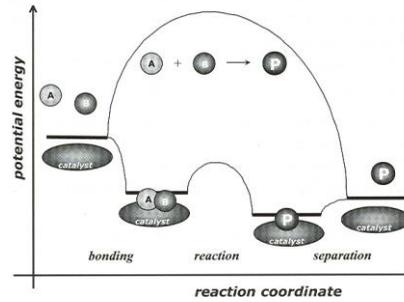
$$r = k C_A^n C_B^m$$

$$k = A e^{-\frac{E_a}{RT}}$$

## La méthanation: exothermique et lente



A. Karelavic, PhD Thesis 2013, UCL

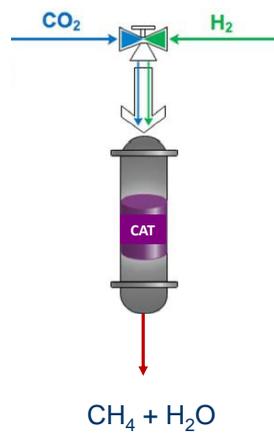


$$r = k C_A^n C_B^m$$

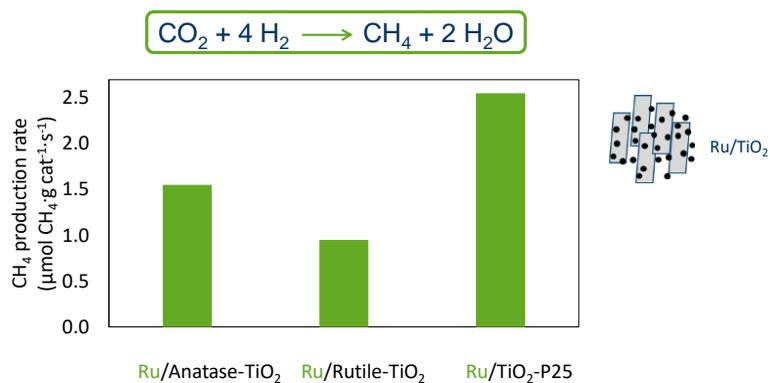
$$k = A e^{-\frac{E_a}{RT}}$$

- ✓ Il faut développer des **catalyseurs** très actifs à température modérée.
- ✓ Métaux capables de dissocier l'H<sub>2</sub> et d'activer le CO<sub>2</sub> (Ru, Rh, Ni, ...).
- ✓ Métaux très dispersés (nanoparticules supportées).

## Compréhension et développement de catalyseurs



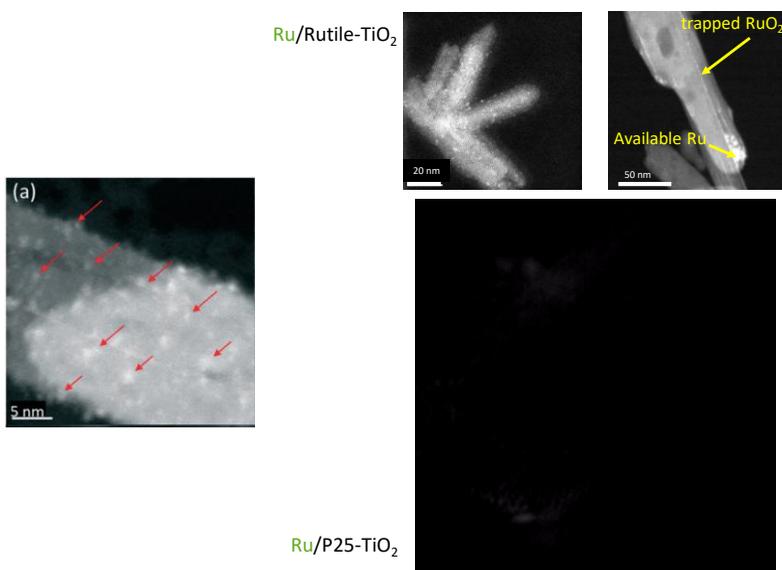
## Compréhension et développement de catalyseurs



Différents niveaux d'activité... Pourquoi? Comment optimiser?

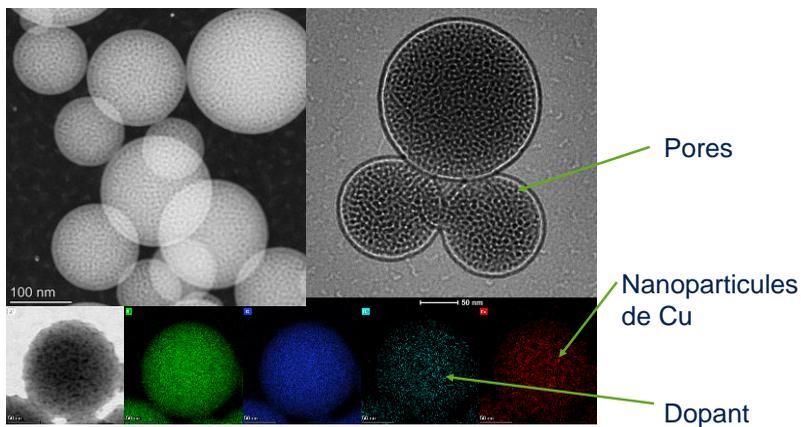
Kim, Sanchez, Patriarche, Ersen, Moldovan, Wisnet, Sassoie, Debecker, *Catal. Sci. Technol.*, 2016, 6, 8117

## Compréhension et développement de catalyseurs



## Compréhension et développement de catalyseurs

Aussi pour l'hydrogenation du  $\text{CO}_2$  vers le methanol  
 → Cu/Ga-SiO<sub>2</sub> poreux



Paris et al. ChemSusChem 2020, 13, 6409

## Déchets transformés en carburants?

“Recyclage du  $\text{CO}_2$  en  $\text{CH}_4$ ”



## Déchet transformé en carburants?

~~“Recyclage de la boue d'épuration en jus de pomme”~~  
 “Transformation de boues et de Petrus en jus de pomme”



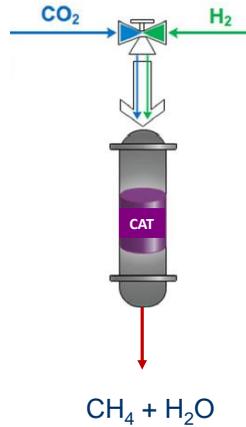
## Déchet valorisé en carburants?

~~“Recyclage du CO<sub>2</sub> en CH<sub>4</sub>”~~  
 “Conversion du CO<sub>2</sub> et de l'H<sub>2</sub> en CH<sub>4</sub> et en eau”



- Bon catalyseur
- Quel H<sub>2</sub>?
- Quel CO<sub>2</sub>?

## Quel hydrogène ?



~95 % de l'hydrogène disponible sur le marché est issu du reformage à la vapeur du méthane



## Quel hydrogène ?

**H<sub>2</sub> production origin - colour code**

Fuel Cells are CO<sub>2</sub>-emission-free, but it does not mean H<sub>2</sub>-mobility is CO<sub>2</sub>-free! To highlight H<sub>2</sub> "cleanliness", the industry is converging towards a nomenclature described by colours

<p><b>Green H<sub>2</sub></b> electrolysis of water using electricity from renewable energy (wind, solar, hydropower)</p>	<p><b>Grey H<sub>2</sub></b> from fossil fuels (mainly Natural Gas) without CO<sub>2</sub> capturing contrary to Blue H<sub>2</sub></p>
<p><b>Blue H<sub>2</sub></b> from Natural Gas using Steam Methane Reforming or Auto Thermal Reforming; Resulting CO<sub>2</sub> is captured, stored or reused</p>	<p><b>Yellow H<sub>2</sub></b> electrolysis using electricity from mixed origin (renewable, fossil, nuclear, etc.)</p>
<p><b>Brown H<sub>2</sub></b> from lignite (brown coal)</p>	<p><b>Black H<sub>2</sub></b> from black coal</p>
<p><b>White H<sub>2</sub></b> is a by-product of industrial processes</p>	<p><b>Turquoise H<sub>2</sub></b> from thermal splitting of methane (CH<sub>4</sub> pyrolysis). Instead of CO<sub>2</sub>, solid carbon is produced</p>

Most current nomenclature #FCEV1

<https://www.ovel.net/ovel-cards?s=09>

Les technologies d'hydrogénation du CO<sub>2</sub> sont suspendues aux progrès réalisés dans

- La production d'électricité verte
- L'électrolyse de l'eau

## Quel hydrogène ?

“L'hydrogène produit par électrolyse de l'eau coûte ~5 fois plus cher que l'hydrogène produit par reformage”



'Green hydrogen currently cheaper to produce in Europe than grey and blue H2 due to high natural gas and carbon prices'

[www.rechargenews.com](http://www.rechargenews.com)

12 octobre 2021



[www.lalibre.be](http://www.lalibre.be)

29 octobre 2021

## Quel hydrogène ?

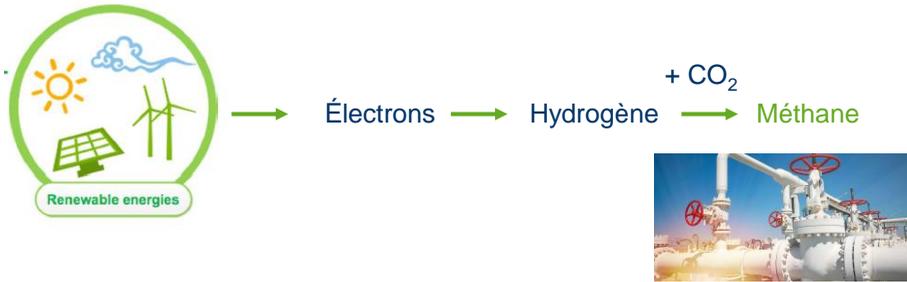


→ Électrons → Hydrogène



« Power-to-Hydrogen »

## Quel hydrogène ?



« Power-to-Methane »  
(+ « Power-to-X »)

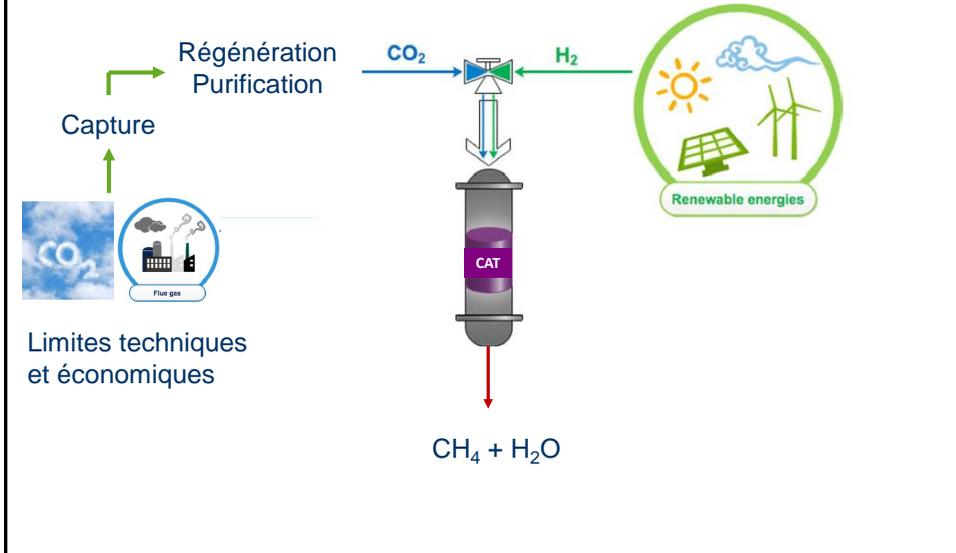
## Et en pratique ?

Usine Audi à Werlte (2015)

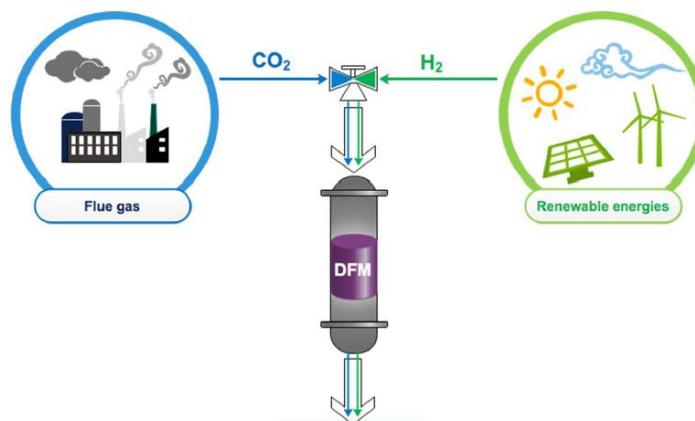


© AUDI AG

## Quel CO<sub>2</sub> ?



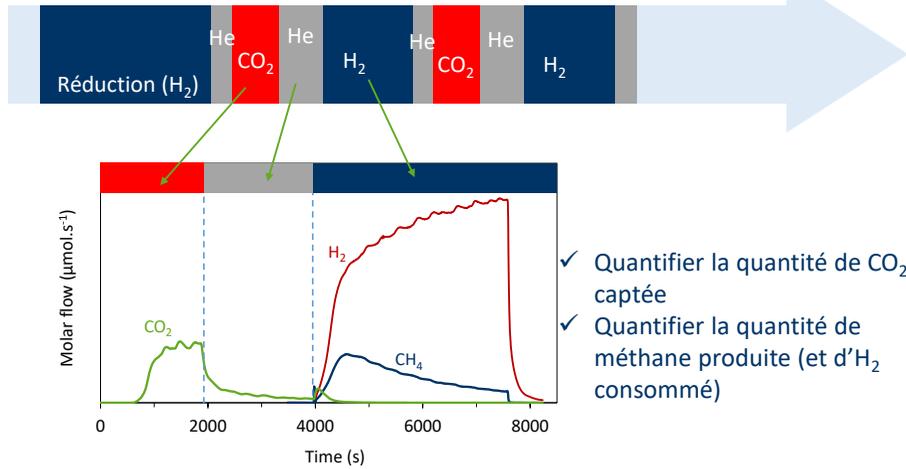
## Quel CO<sub>2</sub> ?



Melo Bravo & Debecker, *Combining CO<sub>2</sub> capture and catalytic conversion to methane*,  
Waste Disposal & Sustainable Energy, 2019, 1, 53

## Dual Functional Materials

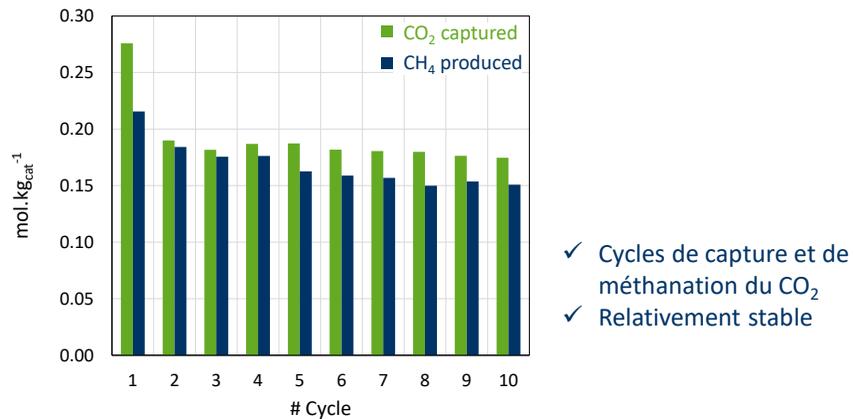
Etude isotherme de cycles de capture et de méthanation



P. Melo Bravo, PhD UCLouvain (ongoing)

## Dual Functional Materials

Procédure de test cycliques



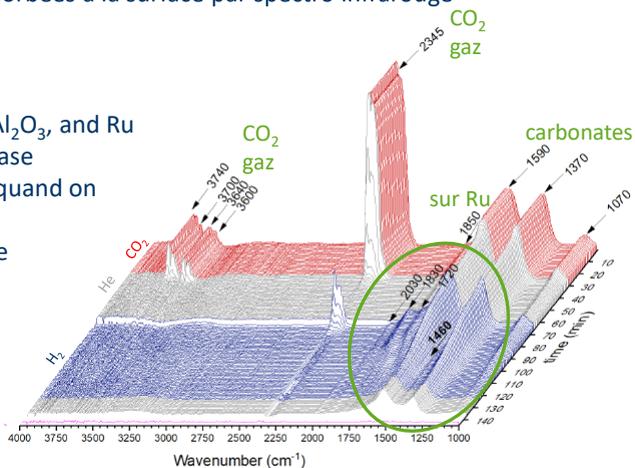
Besoin d'études sur des flux plus complexes...

P. Melo Bravo, PhD UCLouvain (ongoing)

## Dual Functional Materials

Observer les espèces adsorbées à la surface par spectro infrarouge

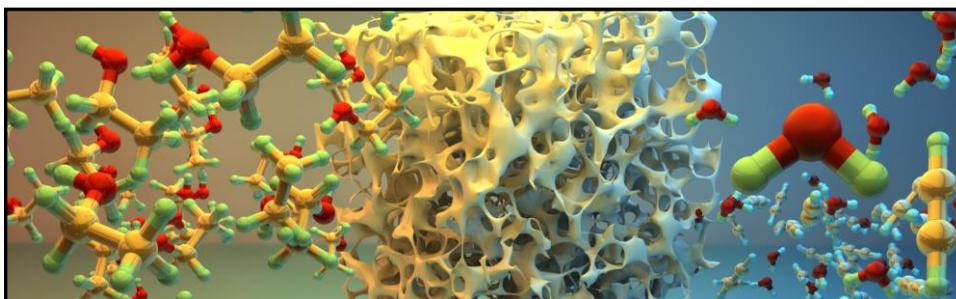
- ✓ Adsorption sur  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , and Ru
- ✓ Migration depuis la phase adsorbante vers le Ru quand on introduit l' $\text{H}_2$
- ✓ Nettoyage de la surface



P. Melo Bravo, PhD UCLouvain (ongoing)

## Take-home messages

-  Il est possible d'hydrogéner le  $\text{CO}_2$  si on dispose d'un bon catalyseur.
-  L'origine de l'hydrogène détermine si le procédé a un sens.
-  Le  $\text{CO}_2$  pur a un coût.
-  L'idée de combiner la capture et l'hydrogénation paraît pertinente.



## La catalyse au service du CCU

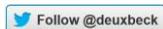
(ou comment convertir efficacement le CO<sub>2</sub> en produits utiles)

Damien P. Debecker



[damien.debecker@uclouvain.be](mailto:damien.debecker@uclouvain.be)

[www.damiendebecker.com](http://www.damiendebecker.com)



Louvain-la-Neuve, 17 novembre 2021, Agro Louvain Alumni