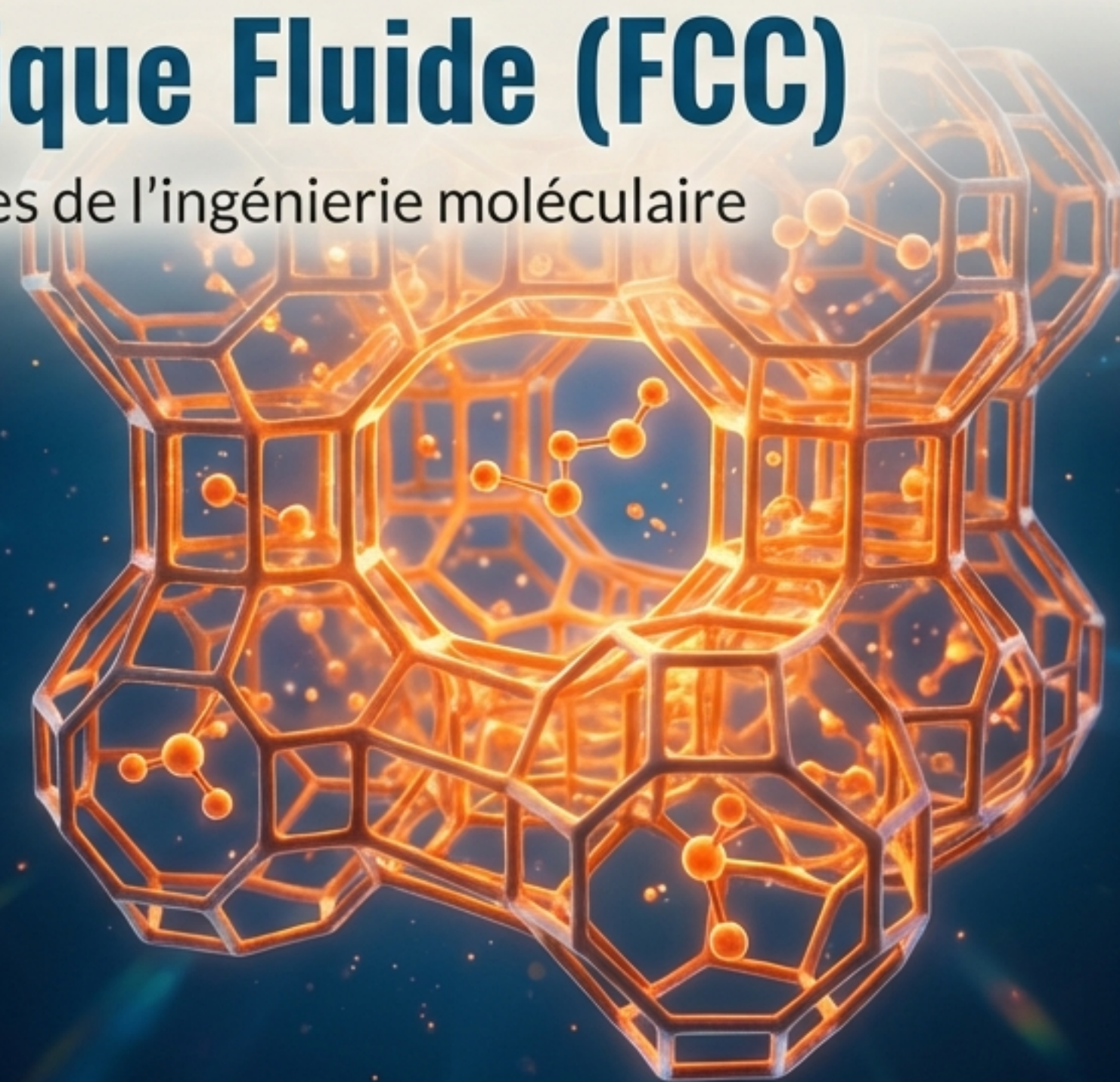
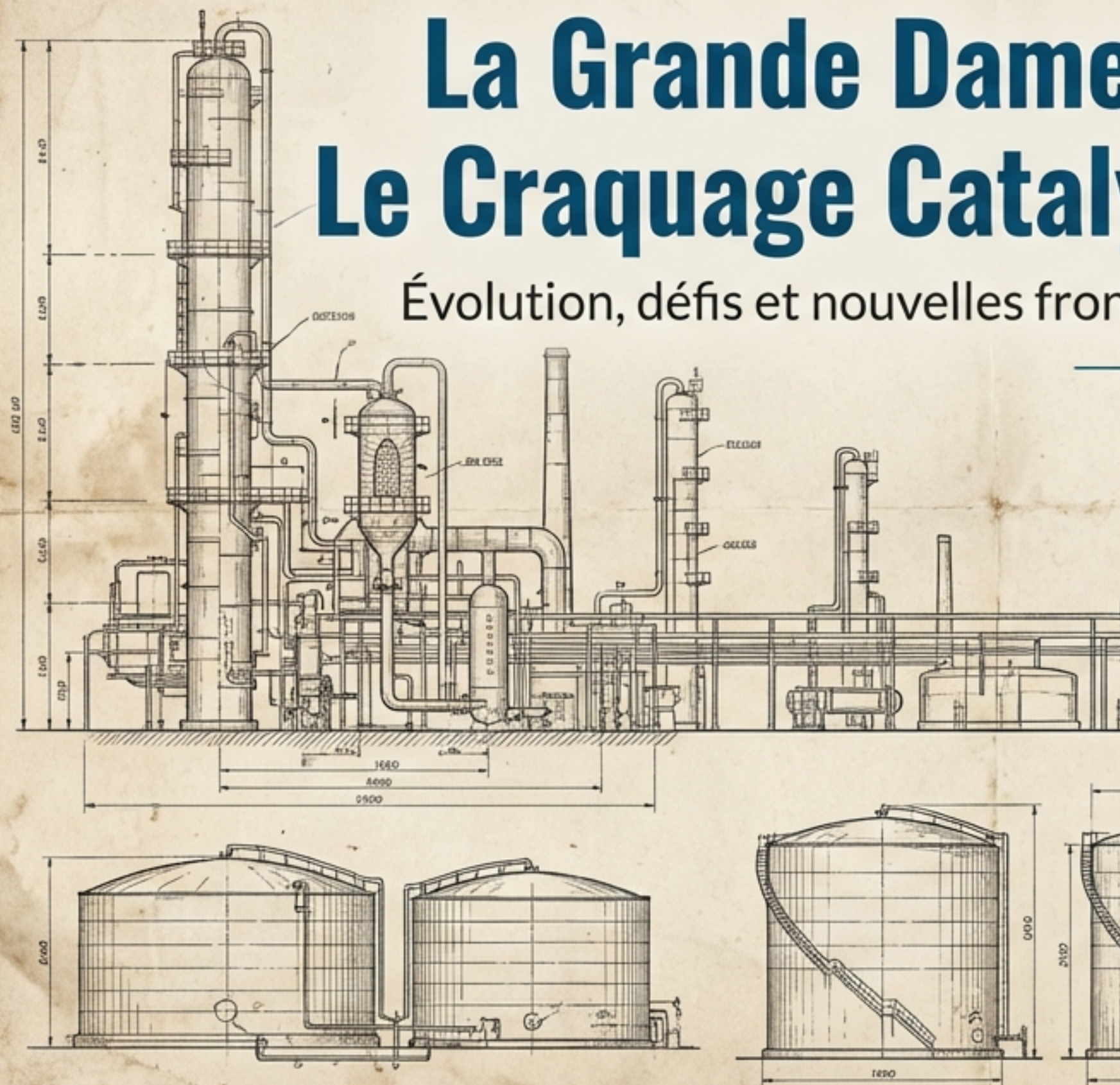


La Grande Dame de la Catalyse : Le Craquage Catalytique Fluide (FCC)

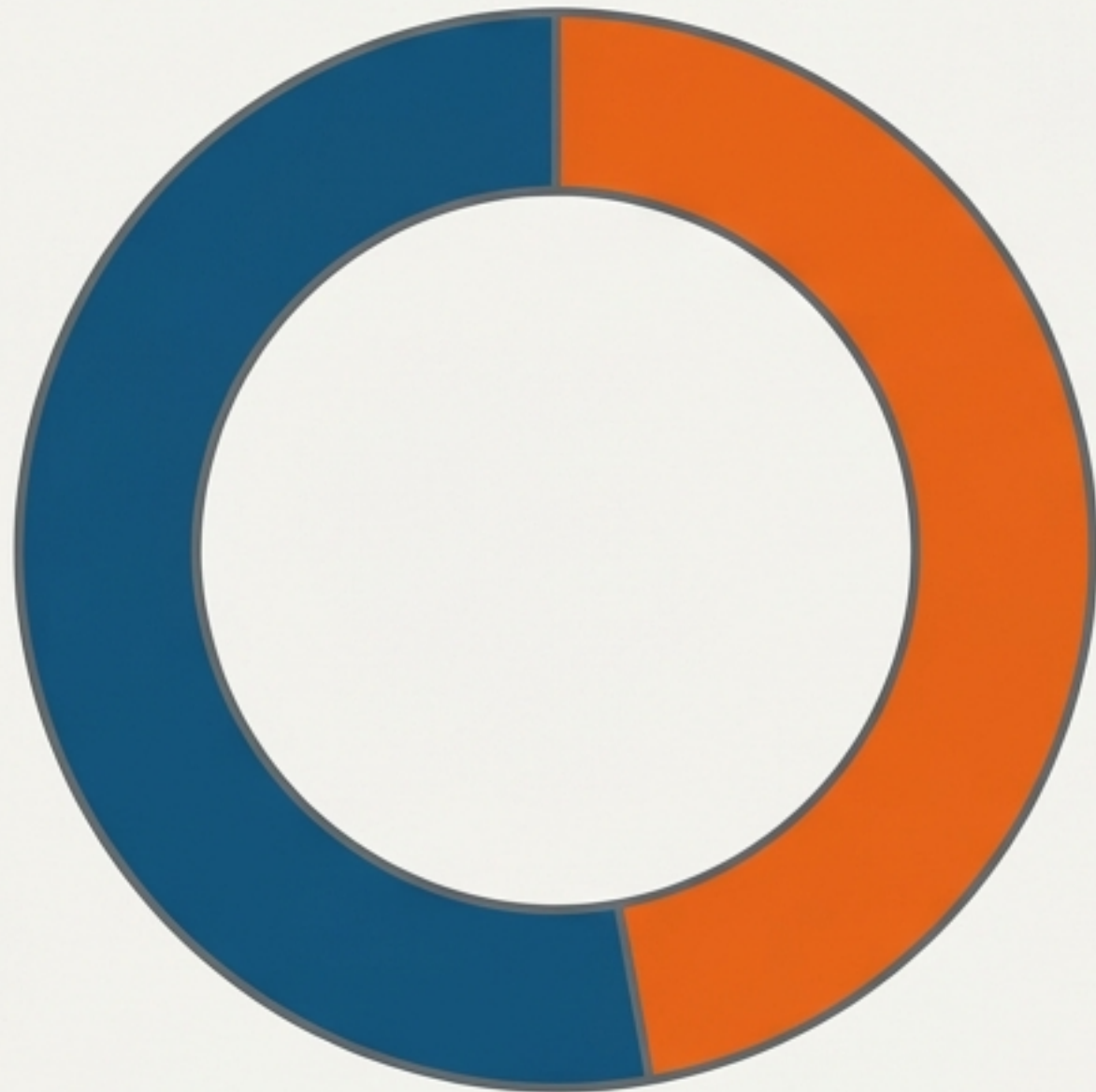
Évolution, défis et nouvelles frontières de l'ingénierie moléculaire



Le moteur invisible de l'économie mondiale



Le FCC transforme les coupes lourdes en carburants précieux dans plus de 300 raffineries à travers le monde.



2300
tonnes/jour

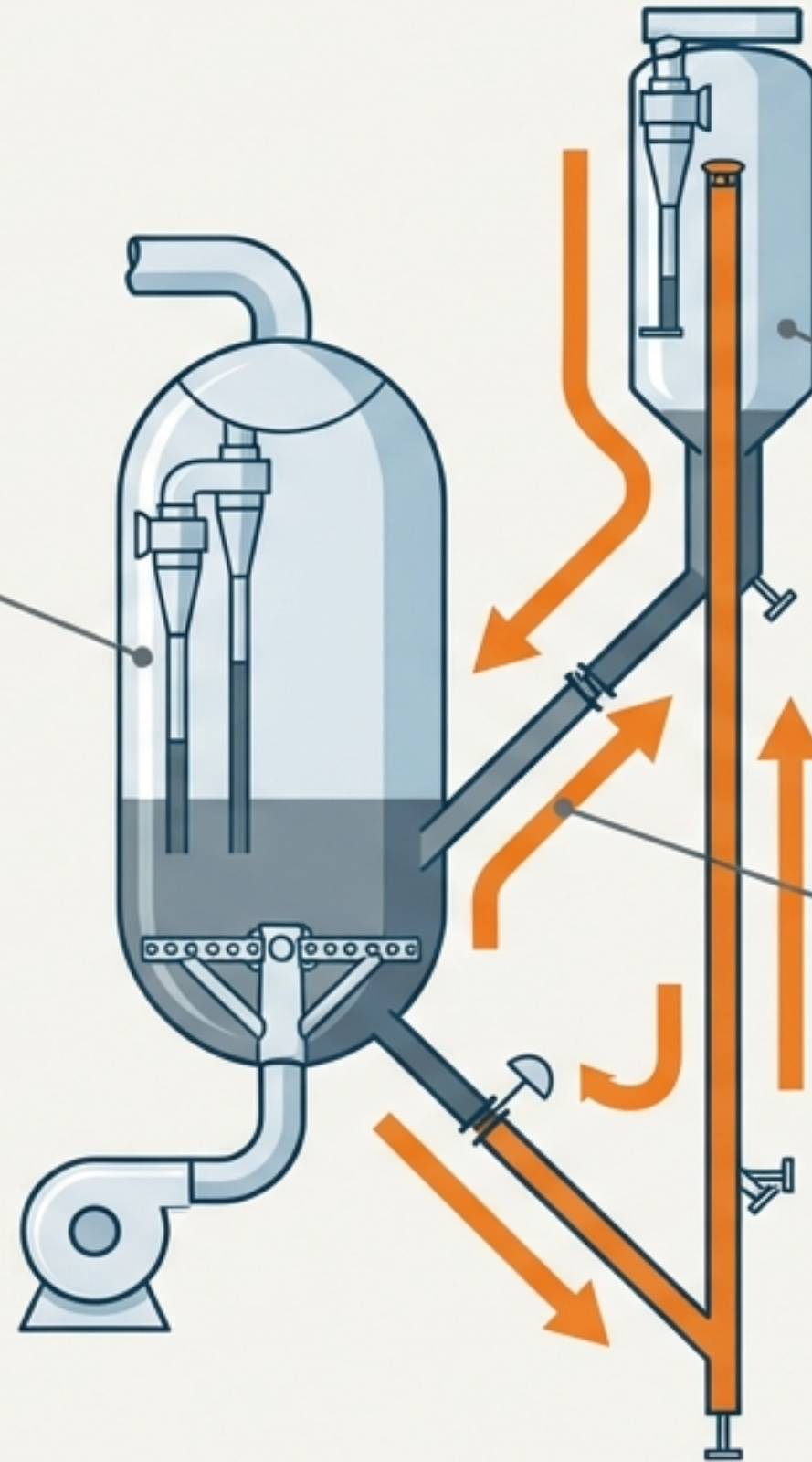
Production mondiale
de catalyseur

0.16 kg

Catalyseur consommé
par baril

Une chorégraphie thermique à haute vitesse

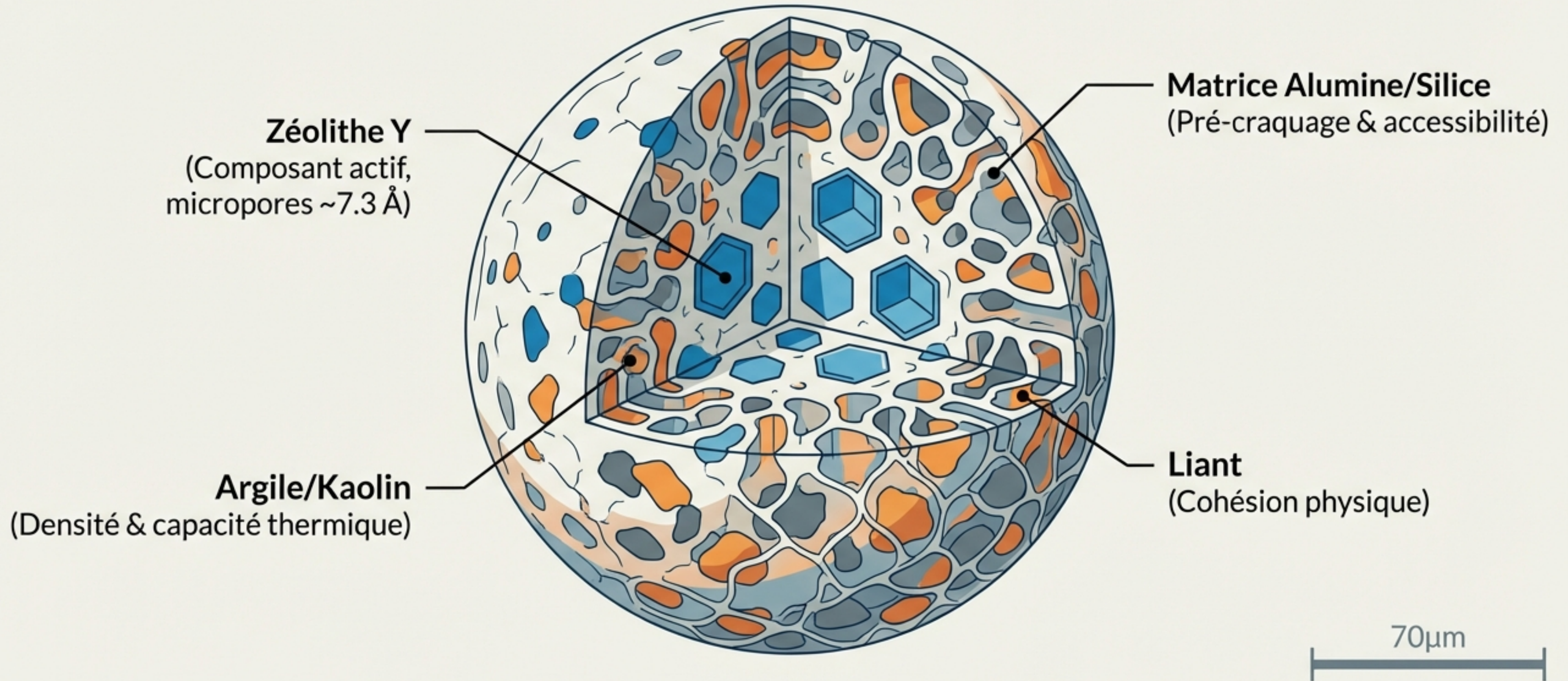
Le Régénérateur :
Réaction exothermique
(Combustion du coke).
 $T \approx 760^{\circ}\text{C}$.



Le Réacteur (Riser) :
Réaction endothermique
($500^{\circ}\text{C} - 550^{\circ}\text{C}$).
Temps de contact $< 5\text{s}$.

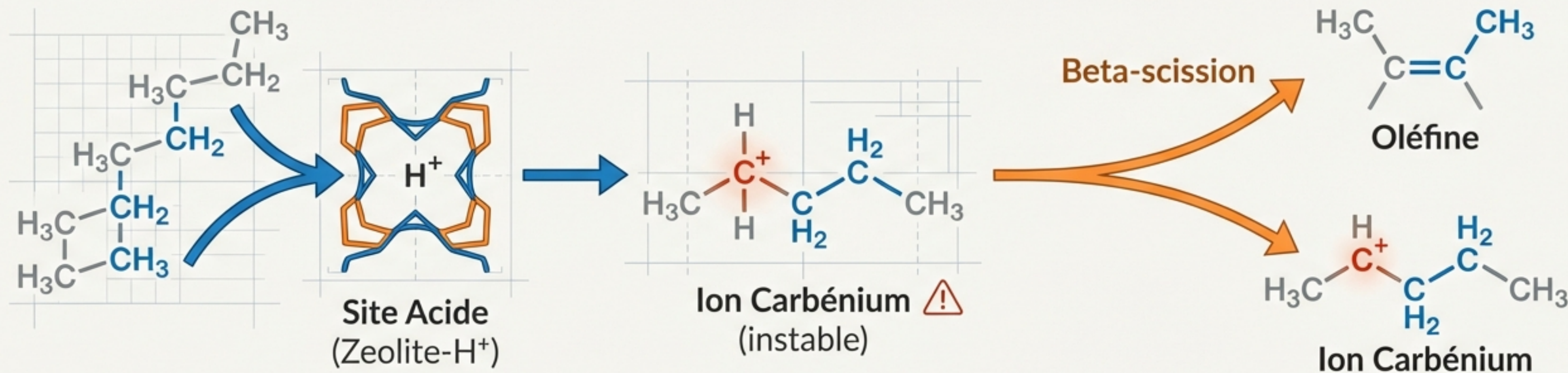
Cycle continu : Le catalyseur agit comme un vecteur de chaleur.

Anatomie d'une microsphère de 70µm



La chimie de la scission : Ions et Acidité

Industrial Editorial

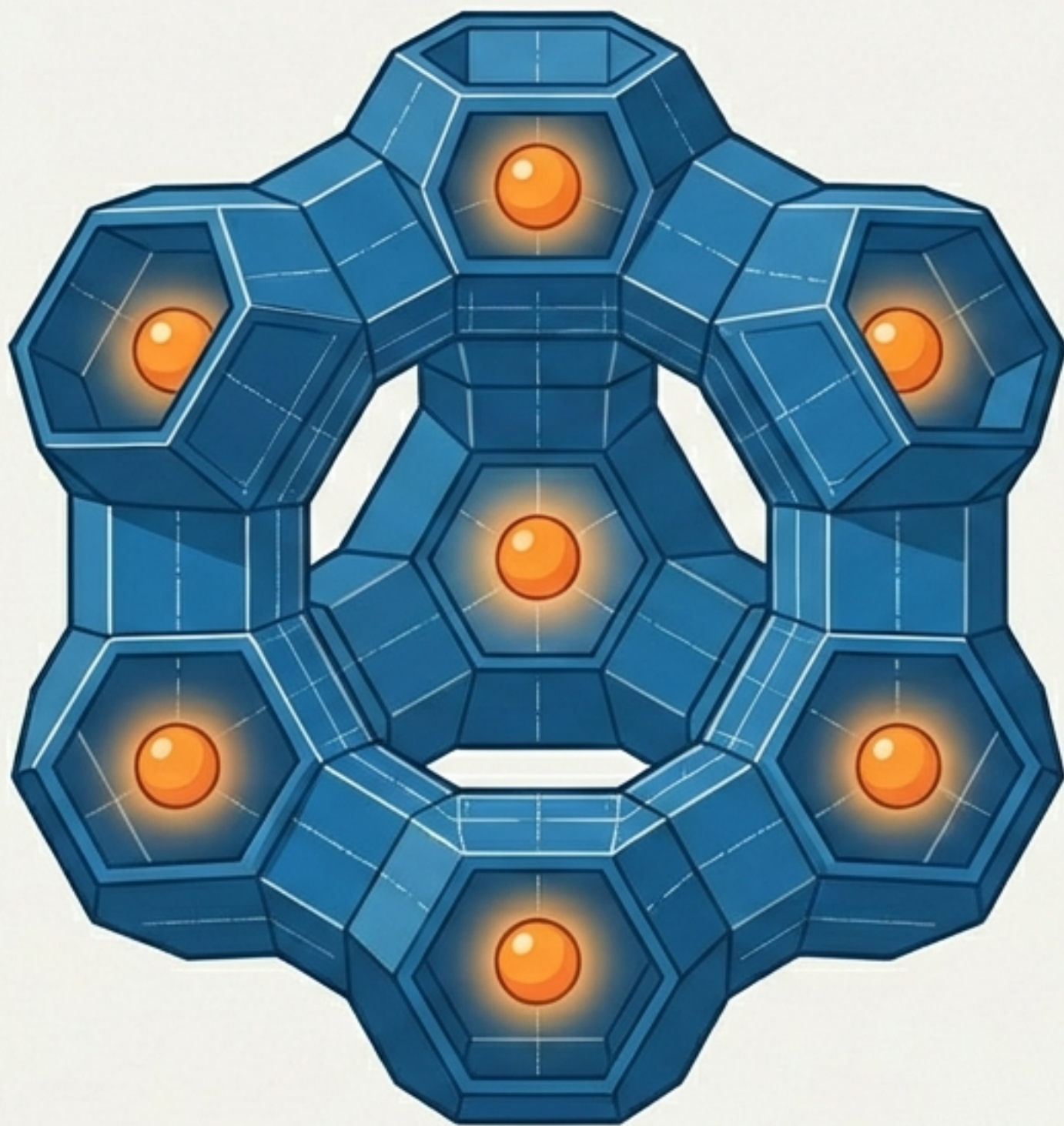


Sites Actifs : Acidité de Brønsted (donneur de proton) et de Lewis.

Mécanisme : Formation d'ions instables via transfert de protons.

Beta-scission : Rupture de la liaison C-C pour créer des molécules légères.

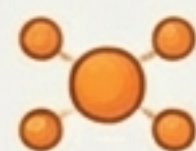
Stabiliser la Faujasite : Le rôle des Terres Rares



Structure : Un réseau 3D de cages interconnectées (Supercage 13 Å).



Fragilité : La structure cristalline se dégrade sous l'effet de la vapeur (désalumination).

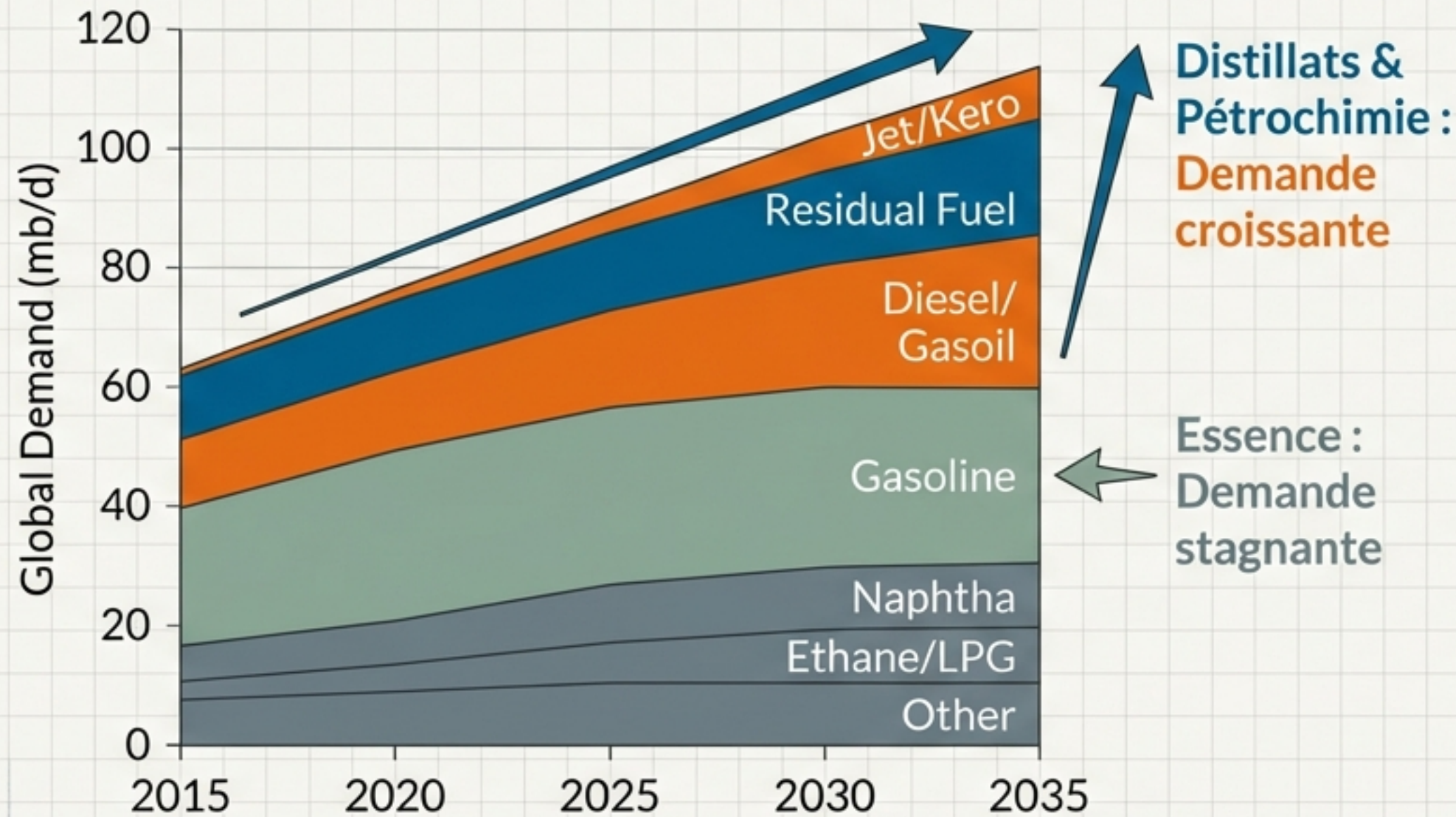


Solution : Échange ionique avec des Terres Rares (Lanthane, Cérium).



Résultat : Les ions 'verrouillent' la structure et préservant l'activité acide.

Un marché en mutation : Moins d'essence, plus de pétrochimie



Distillats & Pétrochimie :
Demande croissante

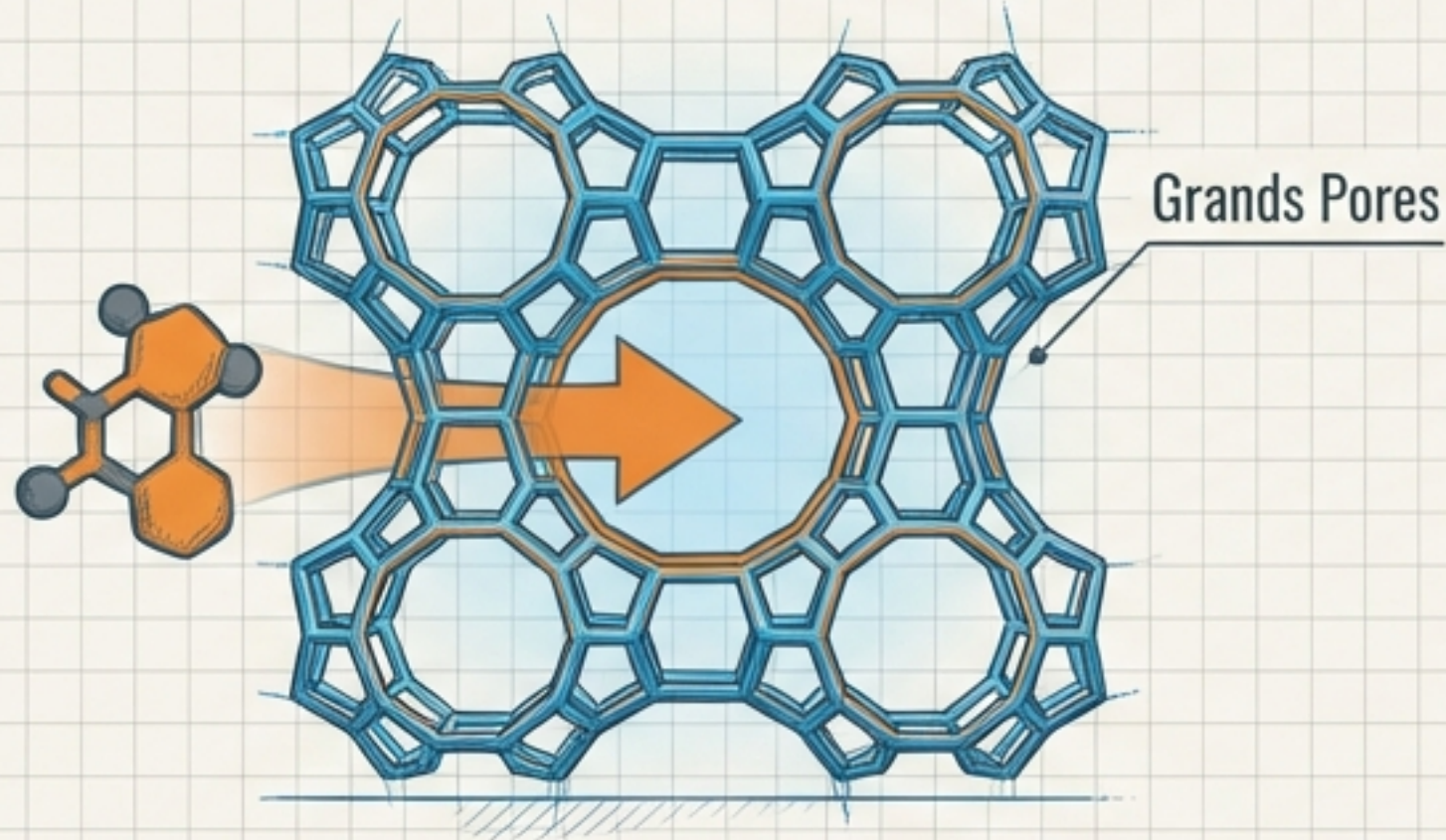
Essence :
Demande stagnante

Le Défi : Le FCC a été conçu pour l'essence, mais le marché réclame du propylène et du diesel.

On ne peut pas maximiser les deux simultanément avec un catalyseur standard.

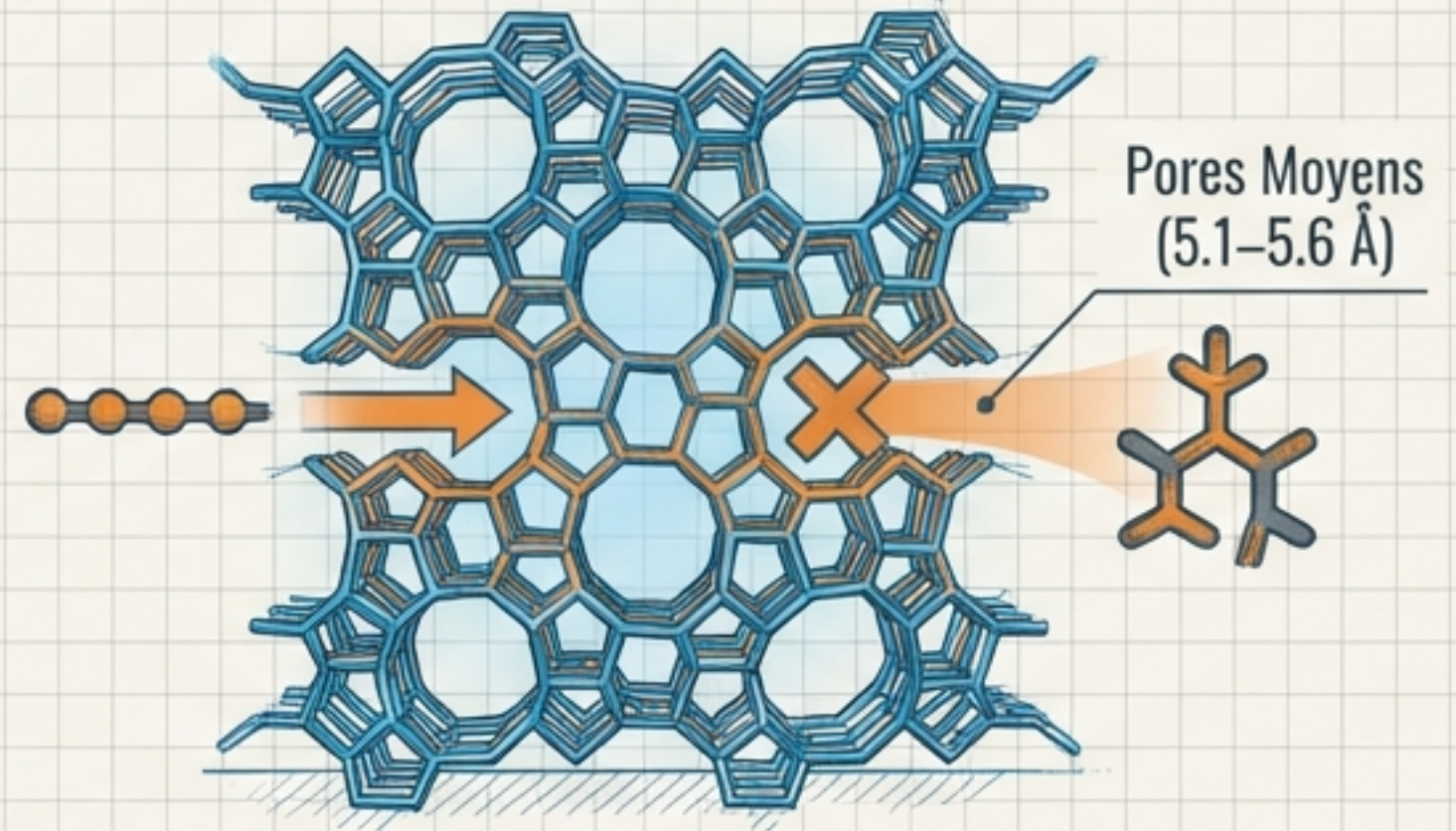
Maximiser le propylène avec la ZSM-5

Zéolithe Y



VS

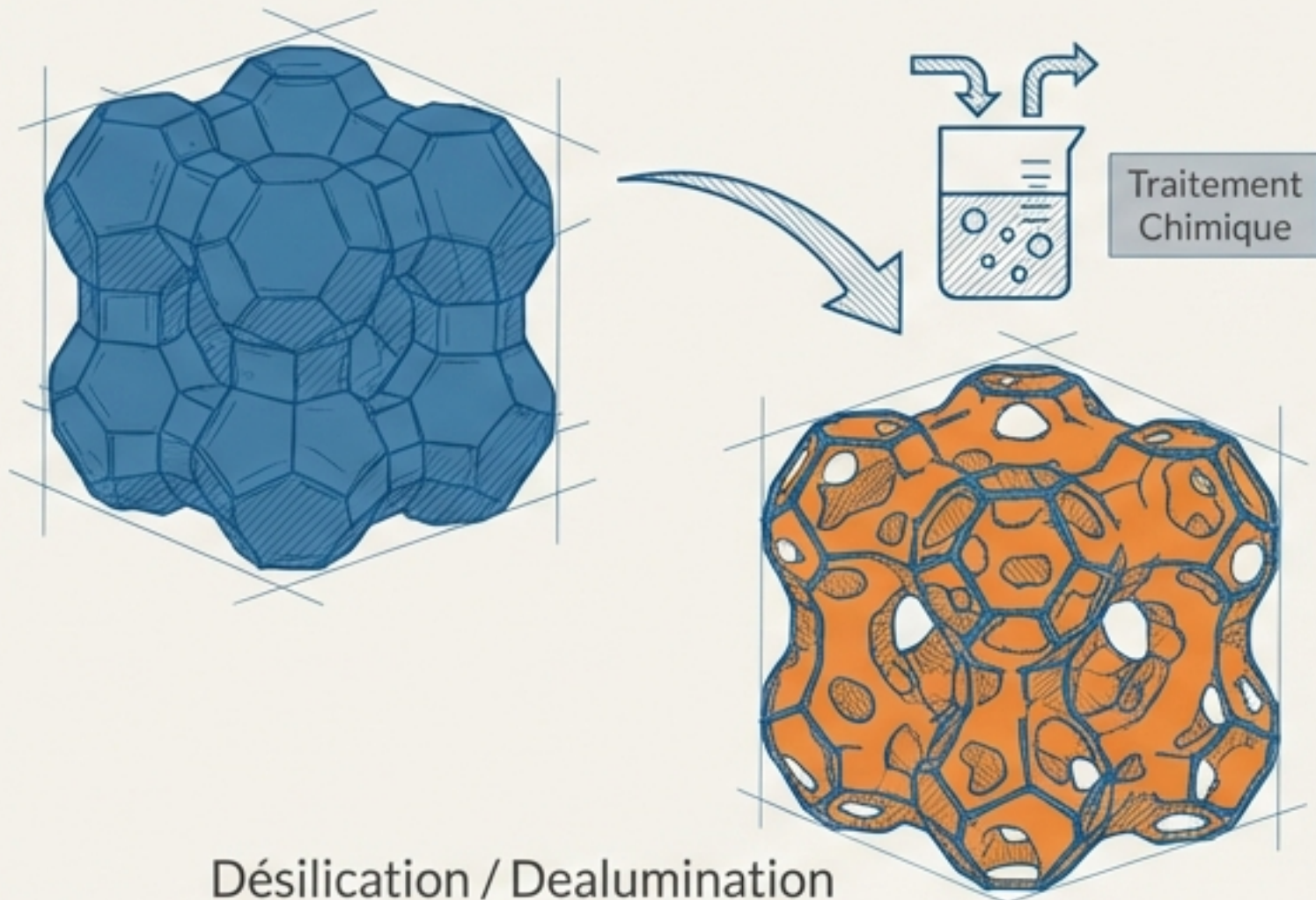
ZSM-5 (MFI)



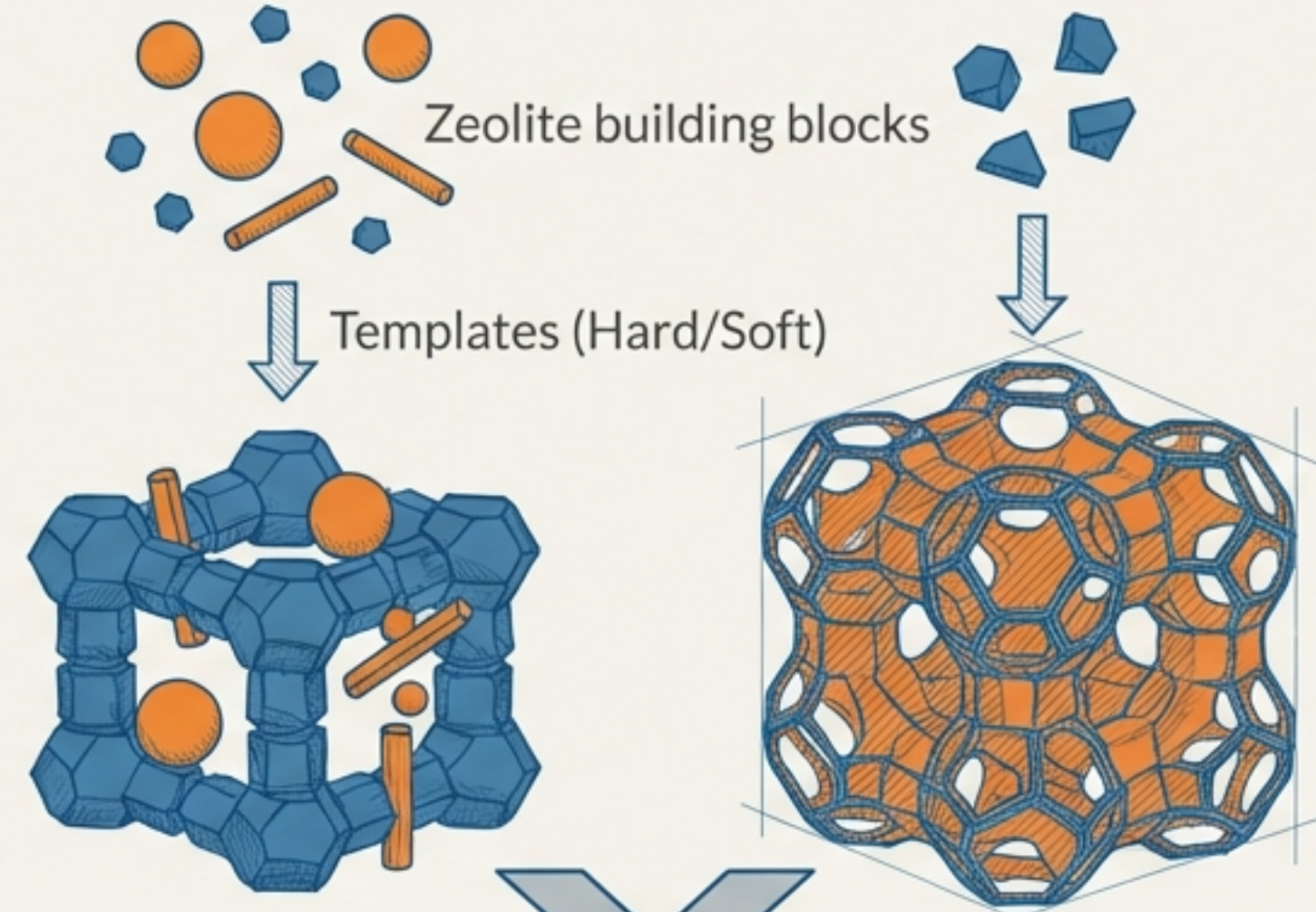
- **Fonction** : La ZSM-5 'sur-craque' les molécules d'essence en oléfines légères (C3/C4).
- **Sélectivité de forme** : Les pores moyens limitent le transfert d'hydrogène.
- **Stabilisation** : Traitement au Phosphore requis pour empêcher la désalumination.

Créer des autoroutes moléculaires : La hiérarchisation des pores

Top-Down

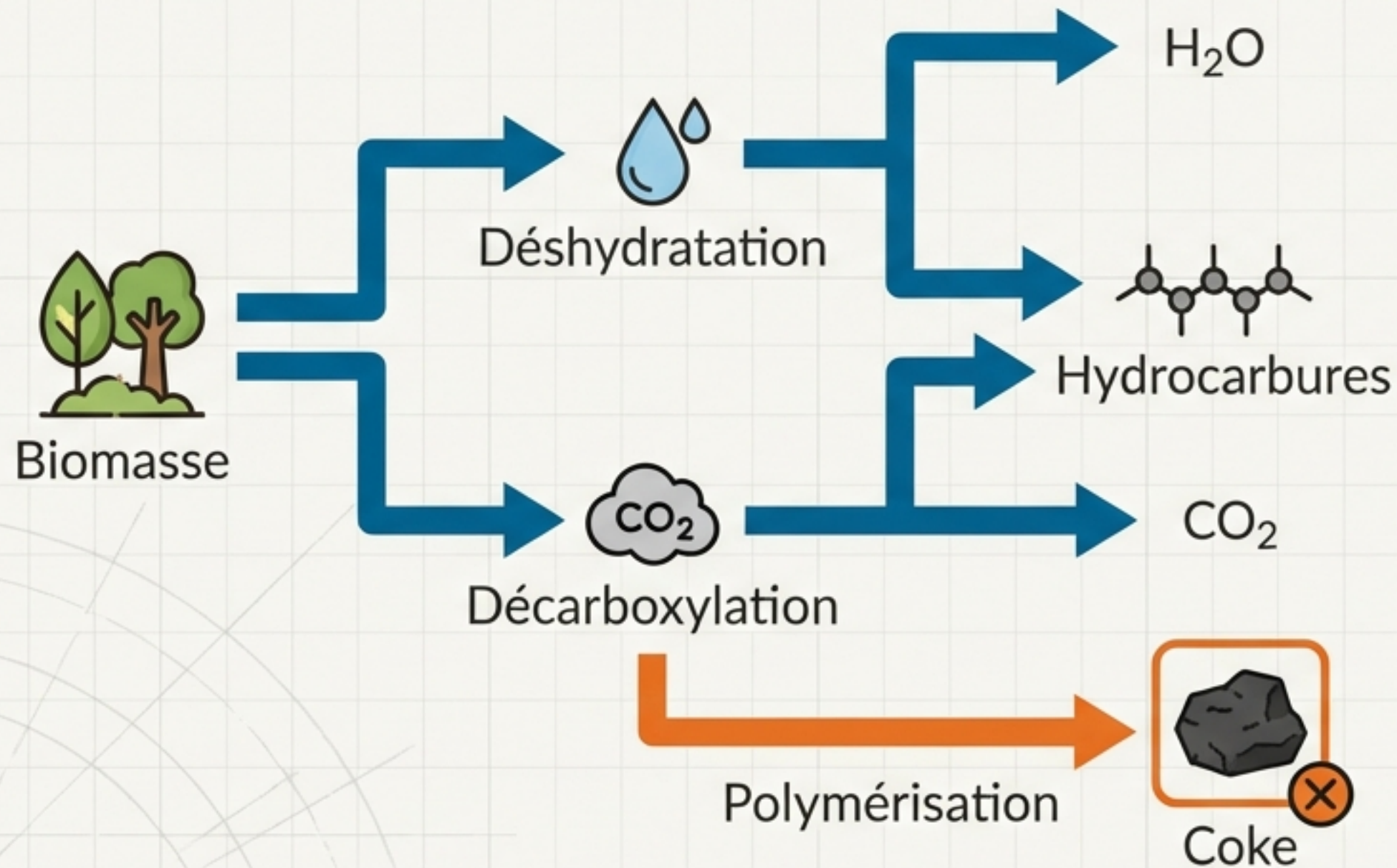


Bottom-Up



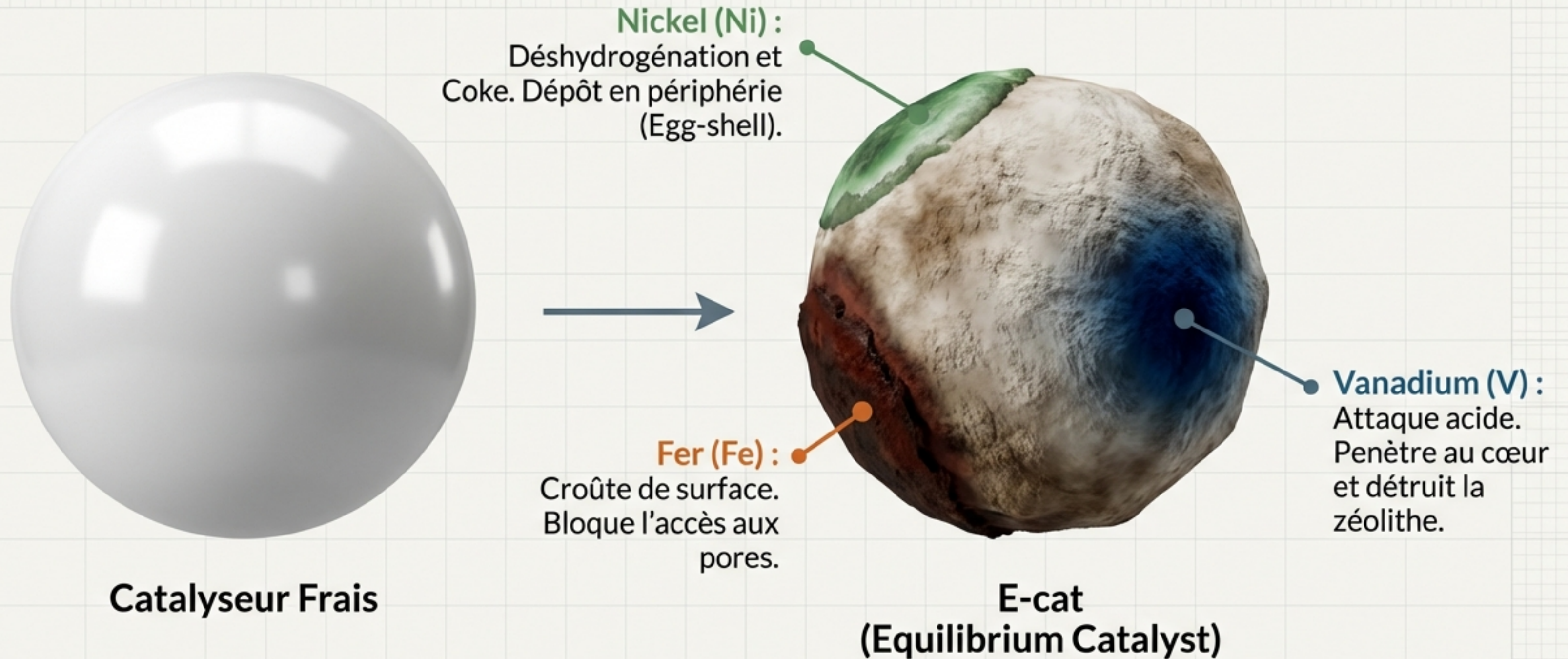
Objectif : Introduire des mésopores (2-50 nm) pour permettre aux grosses molécules (VGO/Resid) d'atteindre les sites actifs, réduisant ainsi le coke.

Le défi du carbone renouvelable : Co-traitement de la biomasse

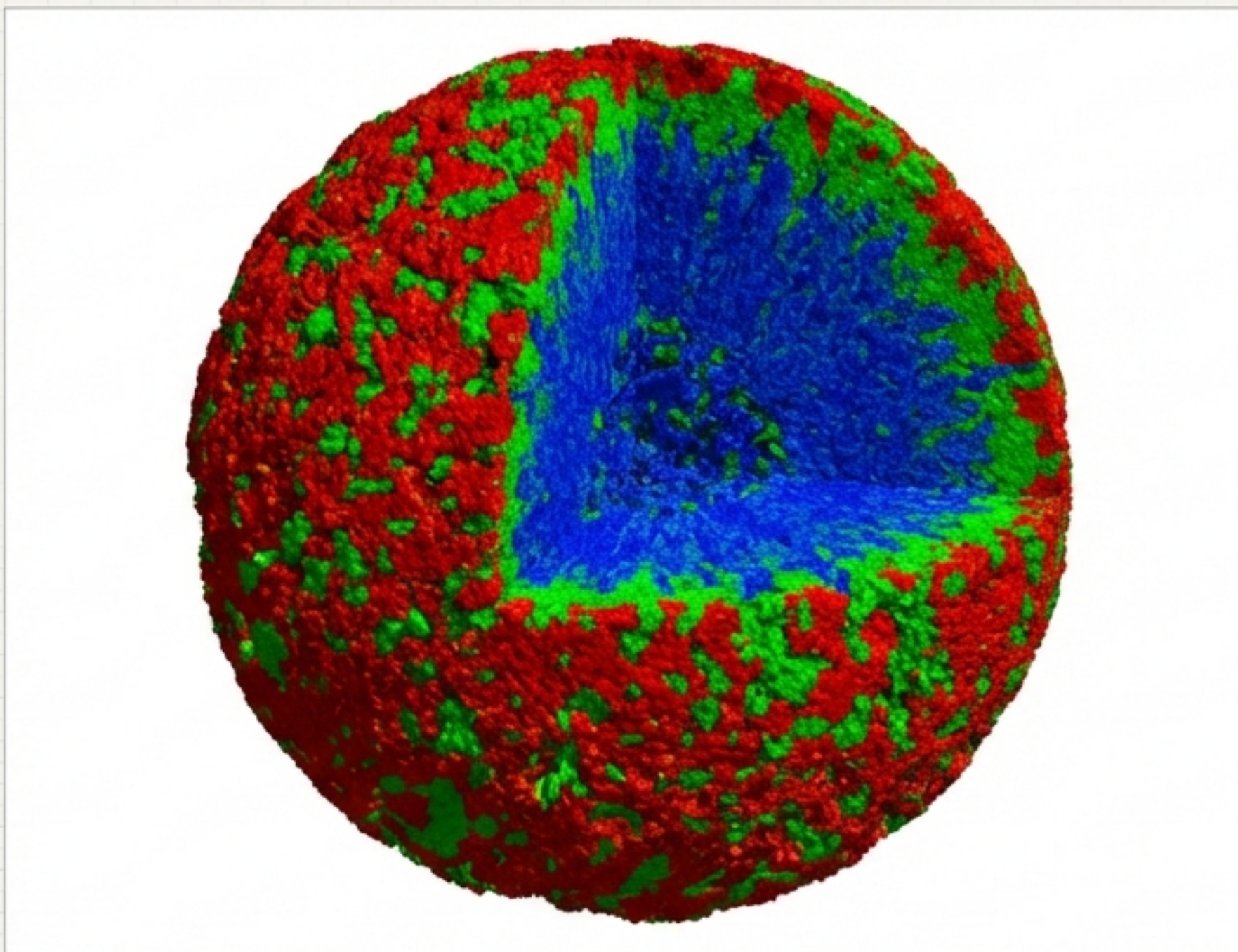


Obstacles : L'**oxygène** de la biomasse génère de **l'eau** (désactivation hydrothermique) et favorise la formation de **coke**. Le **traçage au Carbone-14** est essentiel pour distinguer le carbone bio du fossile.

L'environnement hostile : Désactivation et Empoisonnement



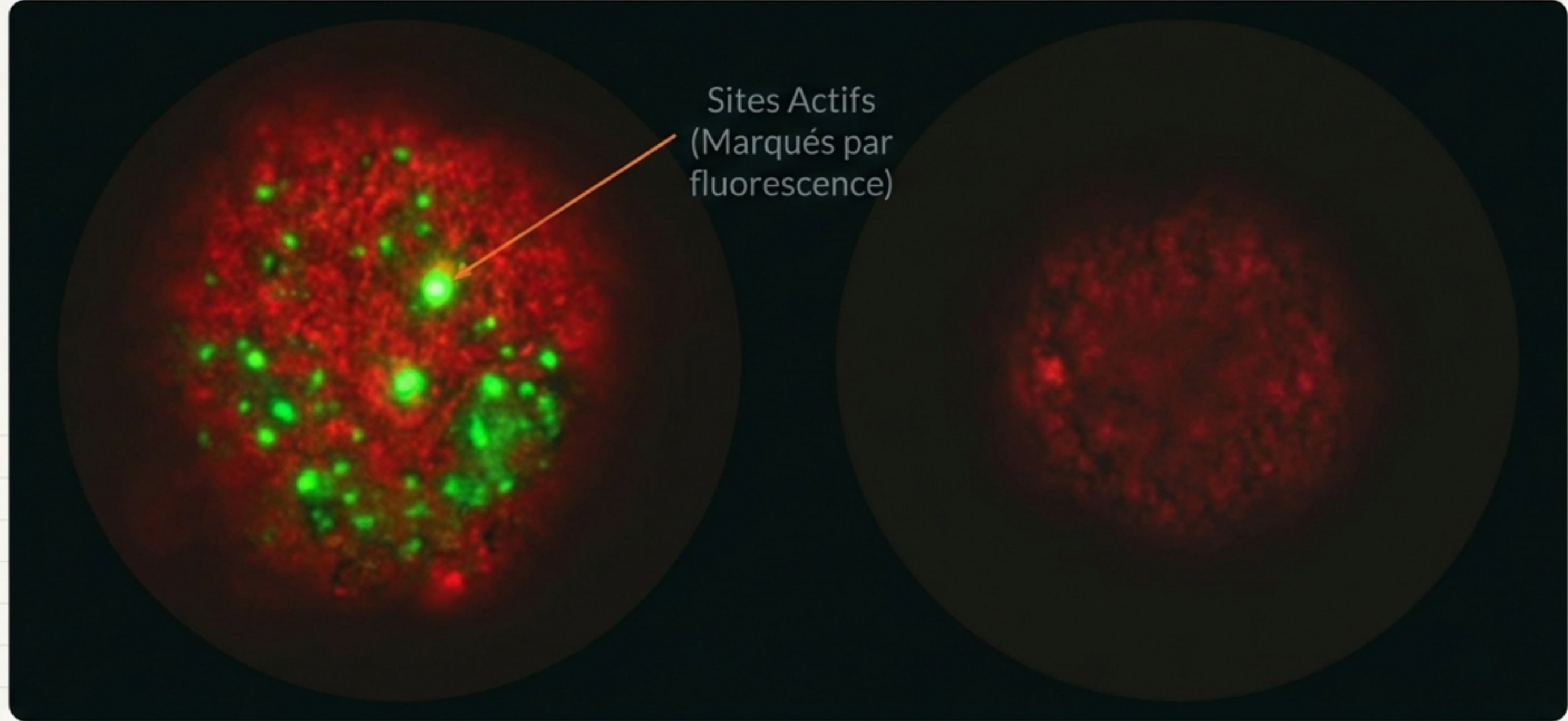
Tomographie aux rayons X : Voir à l'intérieur de la particule



Visualisation 3D non-destructive

Le **Fer** et le **Nickel** forment une barrière externe ("Egg-shell"), colmatant les macropores. Le **volume interne** reste intact mais devient inaccessible : la particule meurt par "suffocation".

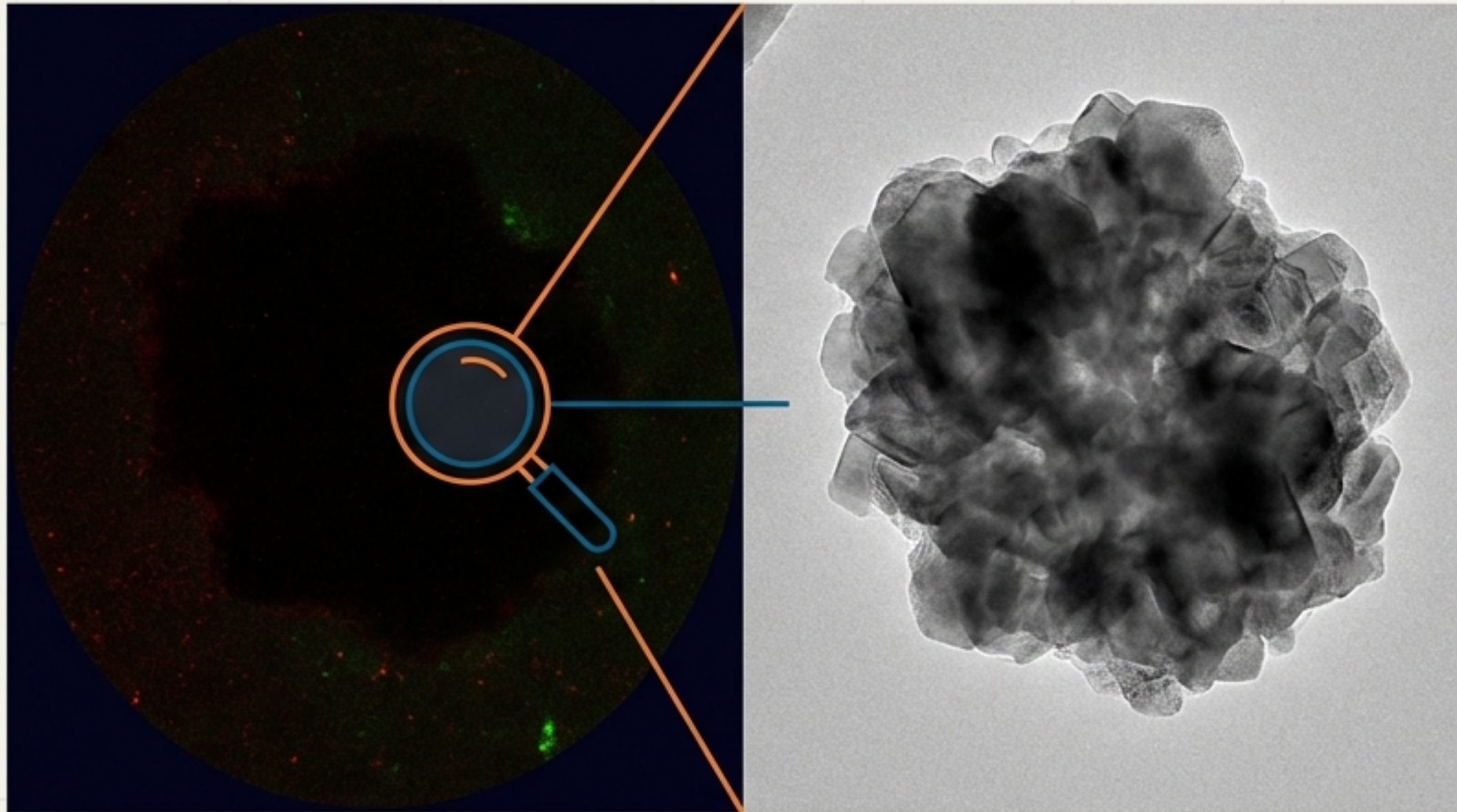
Illuminer l'acidité : Microscopie de fluorescence



Technique : Molécules sondes fluorescentes qui s'allument au contact des sites acides.

Découverte : Une hétérogénéité massive existe entre les particules. Dans un mélange, certaines sont mortes, d'autres très actives.

Corréler structure et fonction (iLEM)

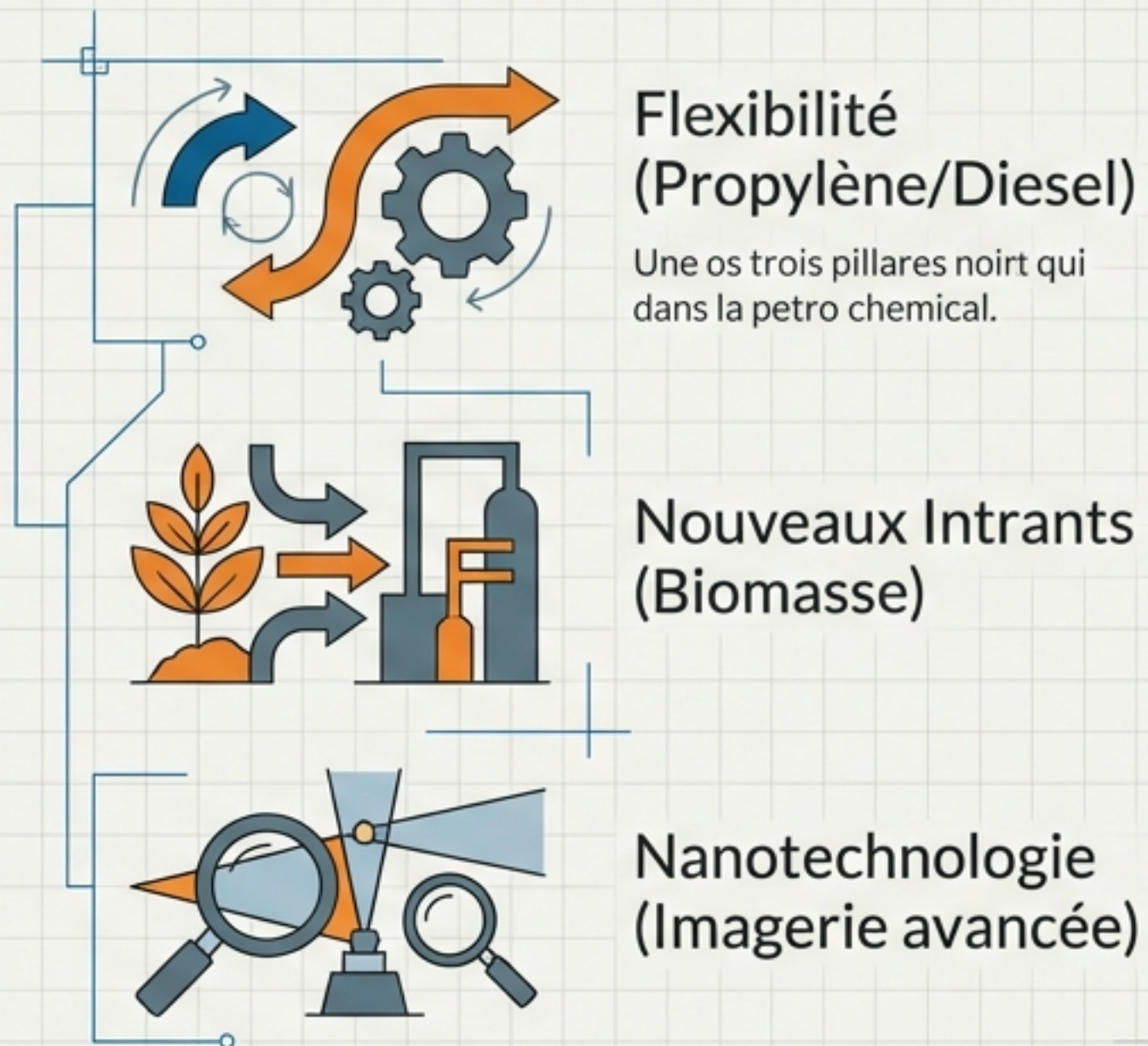


Fluorescence Map

TEM Close-up

Zéolithes 'Coagulées' :
Les métaux et la
température
fusionnent les cristaux
en masses
compactes et inactives,
expliquant la perte de
fluorescence.

Une “Grande Dame” toujours plus vivante



Après 75 ans, le FCC reste le champ d'innovation le plus dynamique du raffinage moderne.