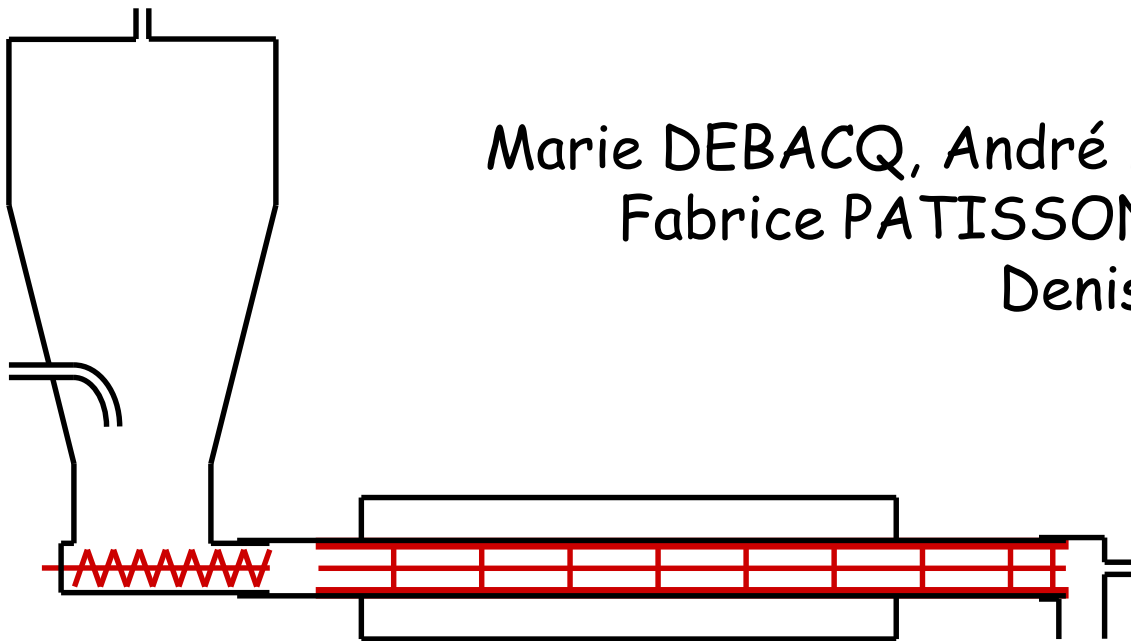


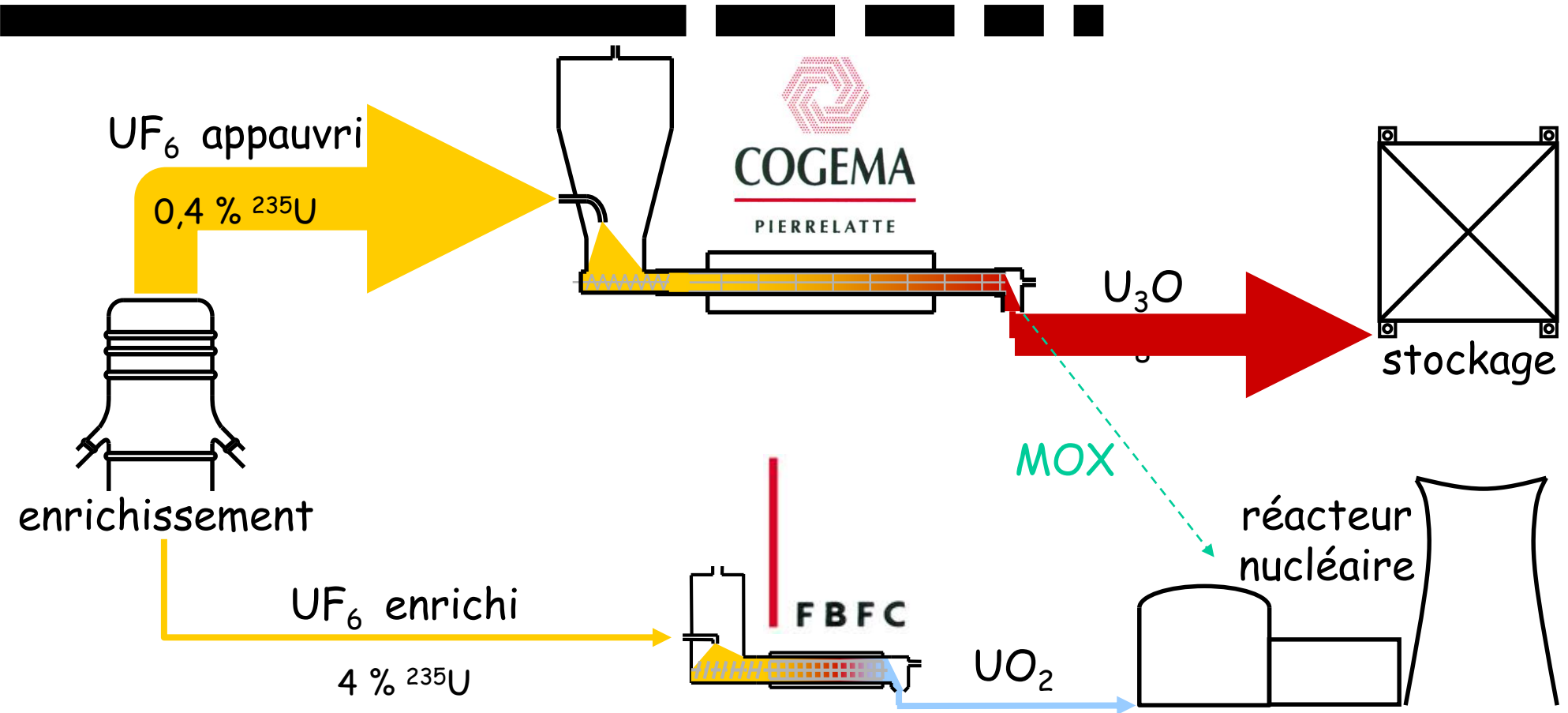


# Modélisation des fours tournants de défluoration et réduction du difluorure d'uranyle

Marie DEBACQ, André FEUGIER, Didier HARTMANN,  
Fabrice PATISSON, Jean-Léon HOUZELOT,  
Denis ABLITZER



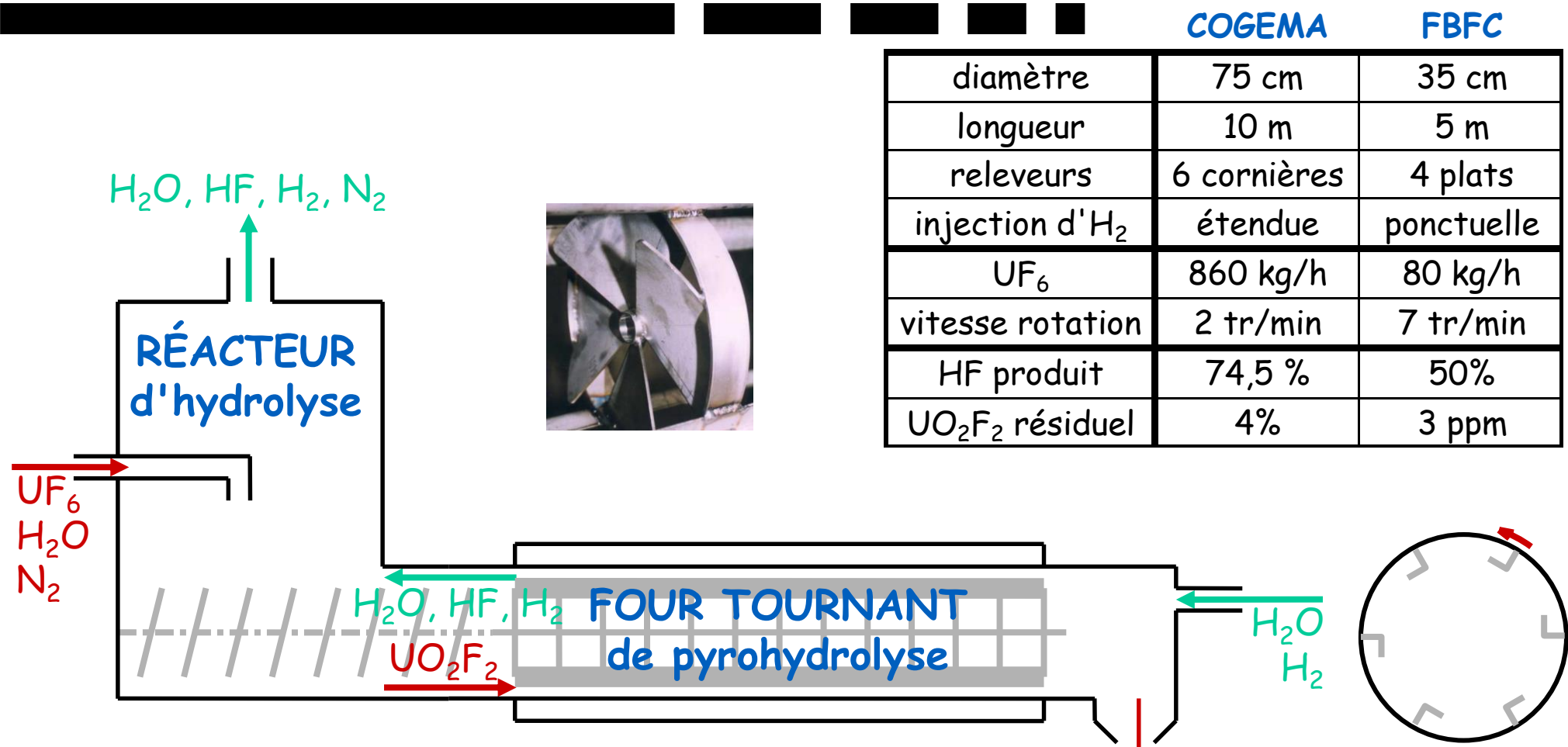
# Au cours du cycle du combustible nucléaire ...



## objectifs

- ▲ **COGEMA** :
  - limiter la corrosion
  - maîtriser la conversion de la poudre
- ▲ **FBFC** :- augmenter la capacité de production

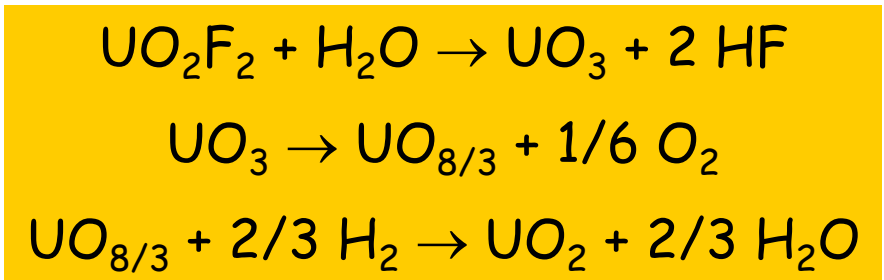
# Les fours de conversion



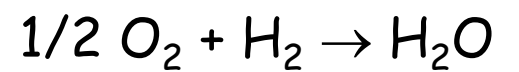
COGEMA

FBFC

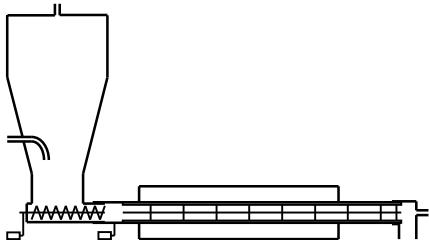
diamètre	75 cm	35 cm
longueur	10 m	5 m
releveurs	6 cornières	4 plats
injection d'H <sub>2</sub>	étendue	ponctuelle
UF <sub>6</sub>	860 kg/h	80 kg/h
vitesse rotation	2 tr/min	7 tr/min
HF produit	74,5 %	50%
UO <sub>2</sub> F <sub>2</sub> résiduel	4%	3 ppm



U<sub>3</sub>O<sub>8</sub>  
ou UO<sub>2</sub>



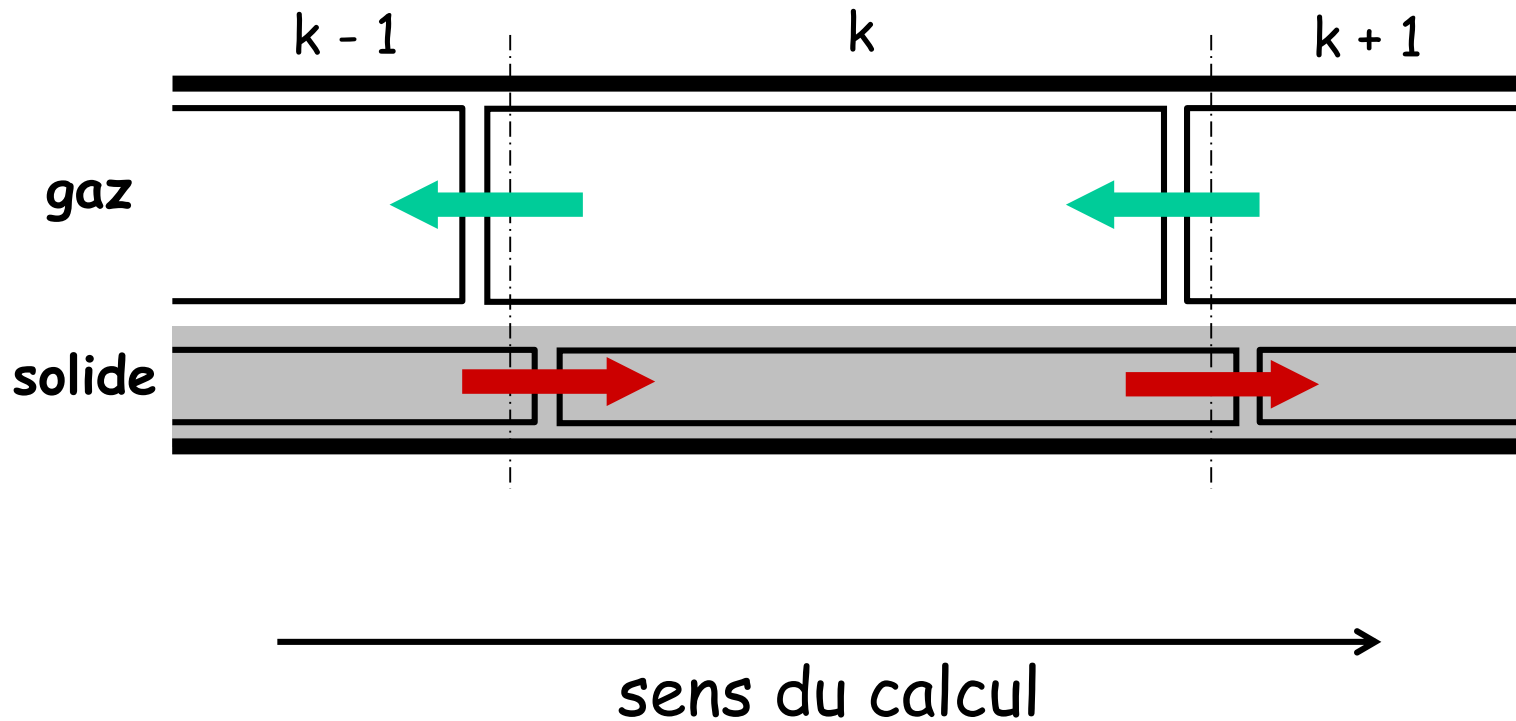
# Principe du modèle



# Discrétisation des fours

D.T.S.

☞ écoulement piston avec faible dispersion axiale

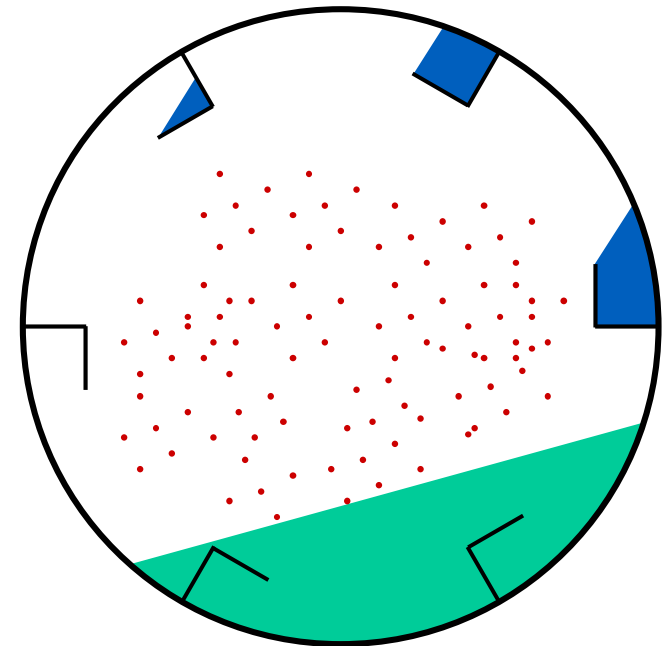
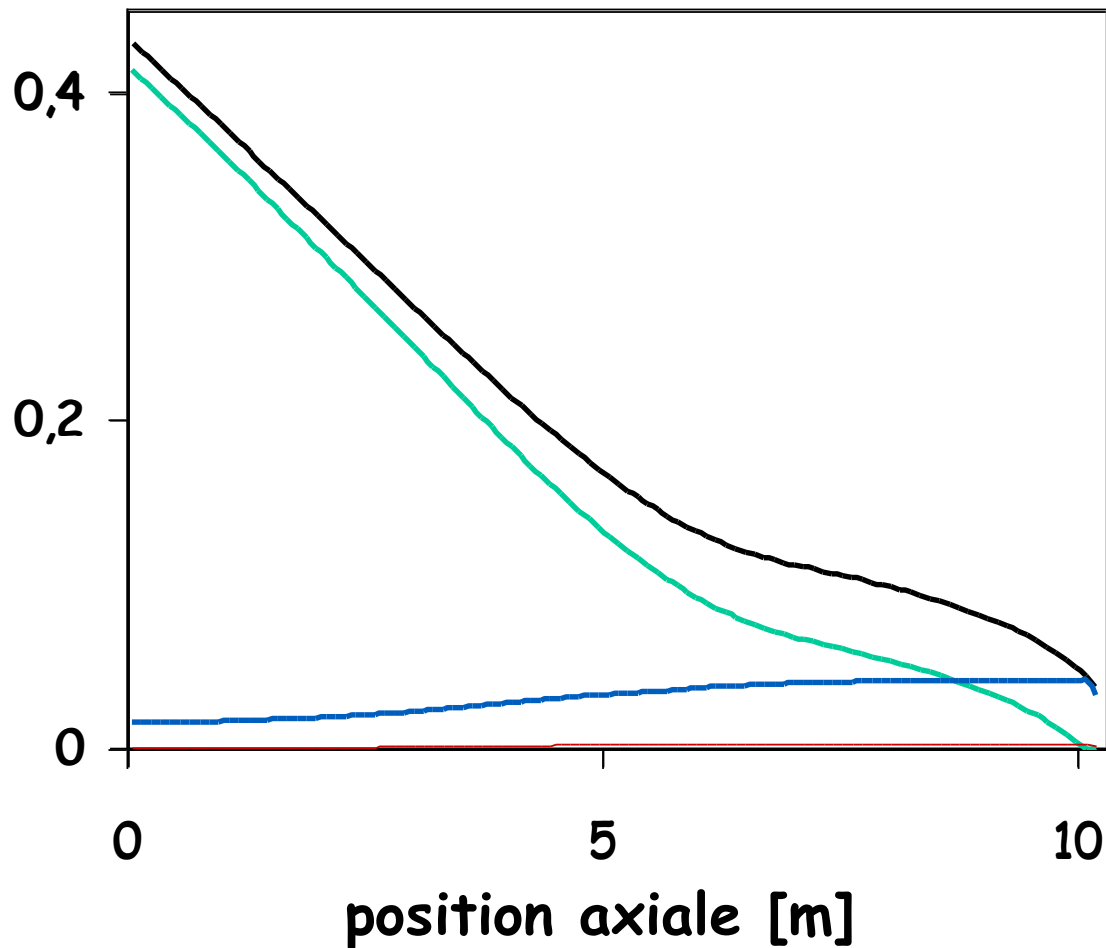


# Modèle d'écoulement du solide

taux de remplissage [-]

profil de chargement axial

répartition transversale de la poudre

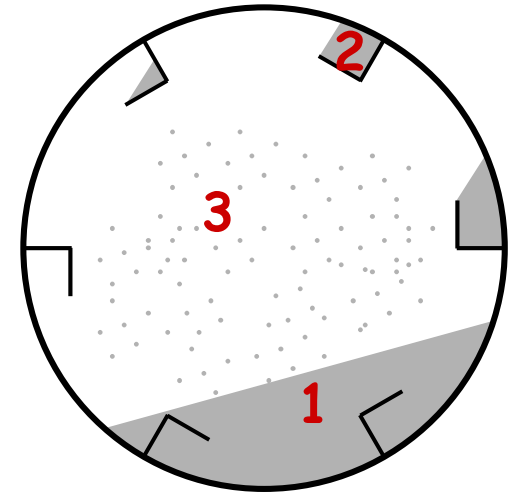


# Modèle cinétique (1)

## 3 zones réactionnelles

- ☞ zone 1, dans le fond du four
- ☞ zone 2, dans les releveurs
- ☞ zone 3, dans le gaz

⇒ transferts de matière  
(transport externe, diffusion, réaction)



## hypothèses

- ☞  $\text{UO}_2\text{F}_2 = \text{UO}_3$  : renversible
- ☞  $\text{UO}_3 \rightarrow \text{U}_3\text{O}_8$  : décomposition thermique
- ☞ zone 3 : régime chimique

# Modèle cinétique (2)

zone i, réaction (j)

loi des temps  
caractéristiques additifs

$$\frac{dX_{ij}}{dt} = \frac{1}{t_{\text{ext } ij} + t_{\text{dif } ij} \cdot f(X_{ij}, \text{géométrie}) + t_{\text{chim } j}}$$

$k_G$  →  $t_{\text{ext } ij}$

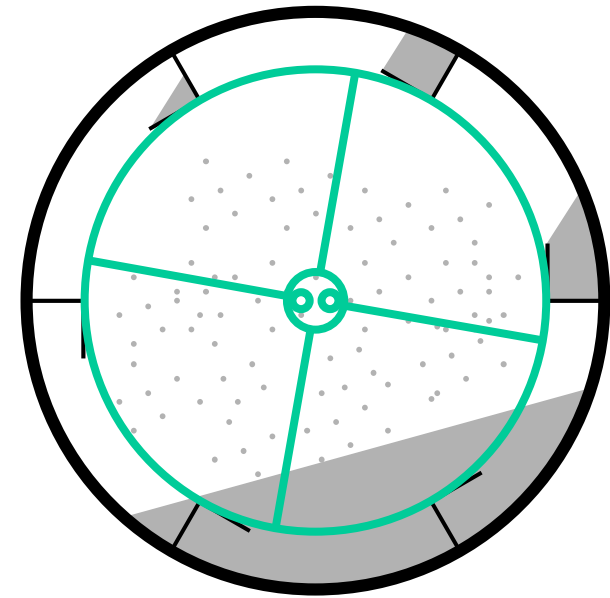
$D ?$  →  $t_{\text{dif } ij}$

cinétique formelle  
expérimentale →  $t_{\text{chim } j}$

$$\frac{dX}{dt} = A \cdot \exp\left(-\frac{Ea}{R \cdot T}\right) \cdot Y_A^n \cdot [1 + a \cdot Y_B]$$



# Bilans thermiques



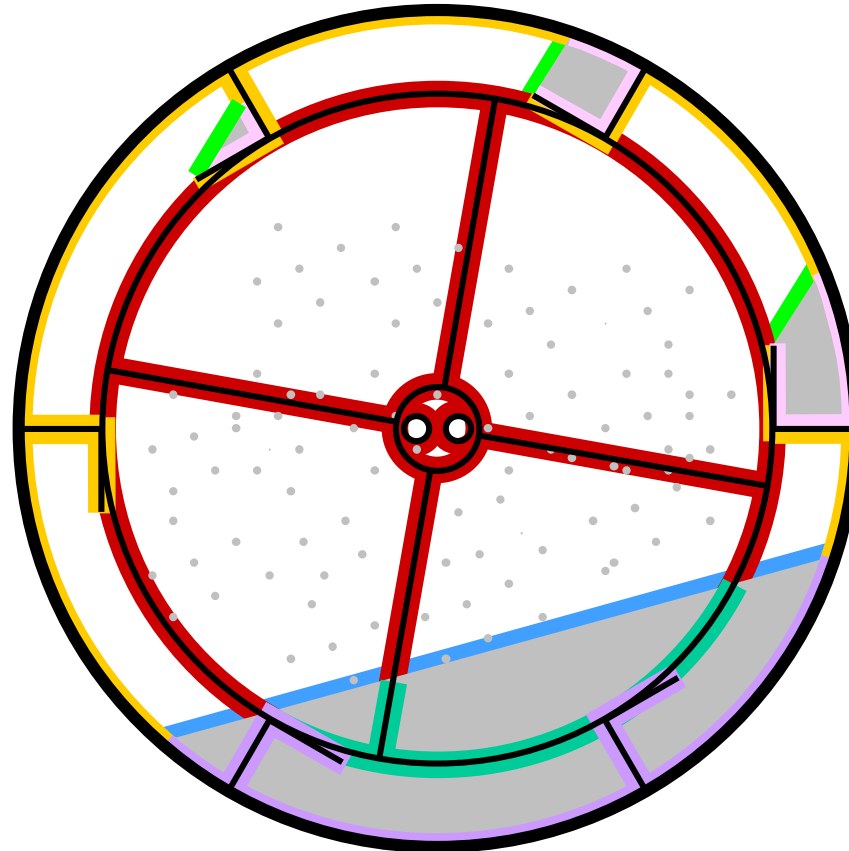
## bilans sur

- ☞ charge solide
- ☞ phase gazeuse
- ☞ équipements internes

## hypothèses principales

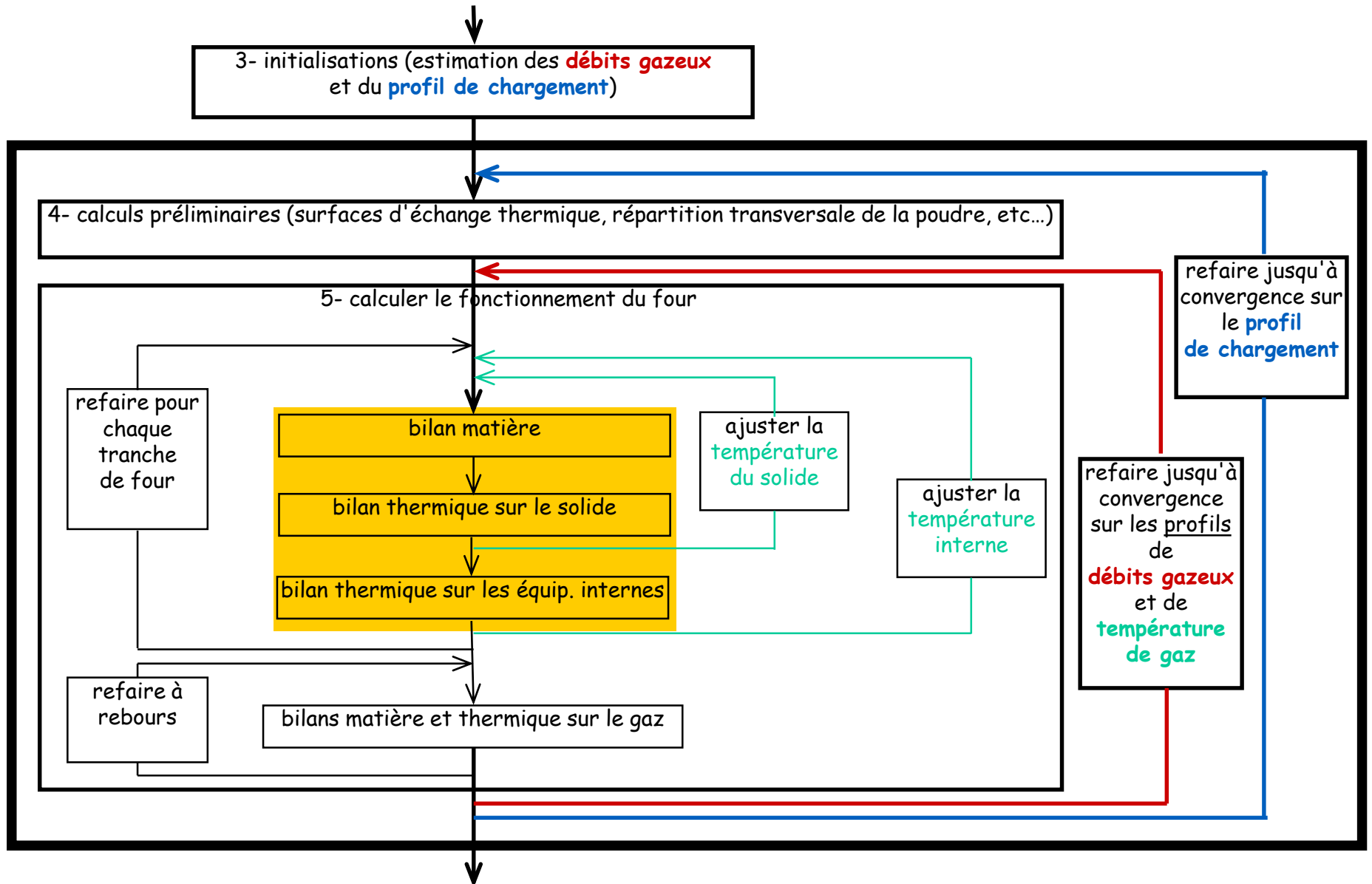
- ☞ températures uniformes dans une section
- ☞ échanges par convection et rayonnement uniquement radiaux
- ☞ pas de conduction axiale

# Surfaces d'échange



⇒ calculs géométriques

# Organigramme



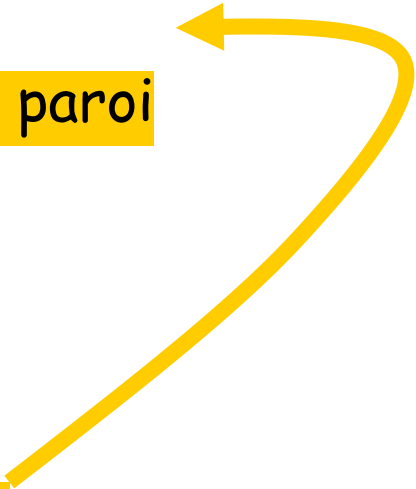
# Sensibilité & Validation



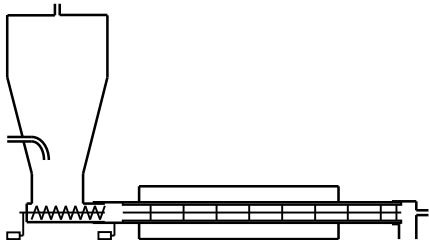
## analyse des paramètres sensibles

- 👉 profil de chargement
- 👉 lois cinétiques
- 👉 coefficient d'échange solide / paroi
- 👉 masses volumiques

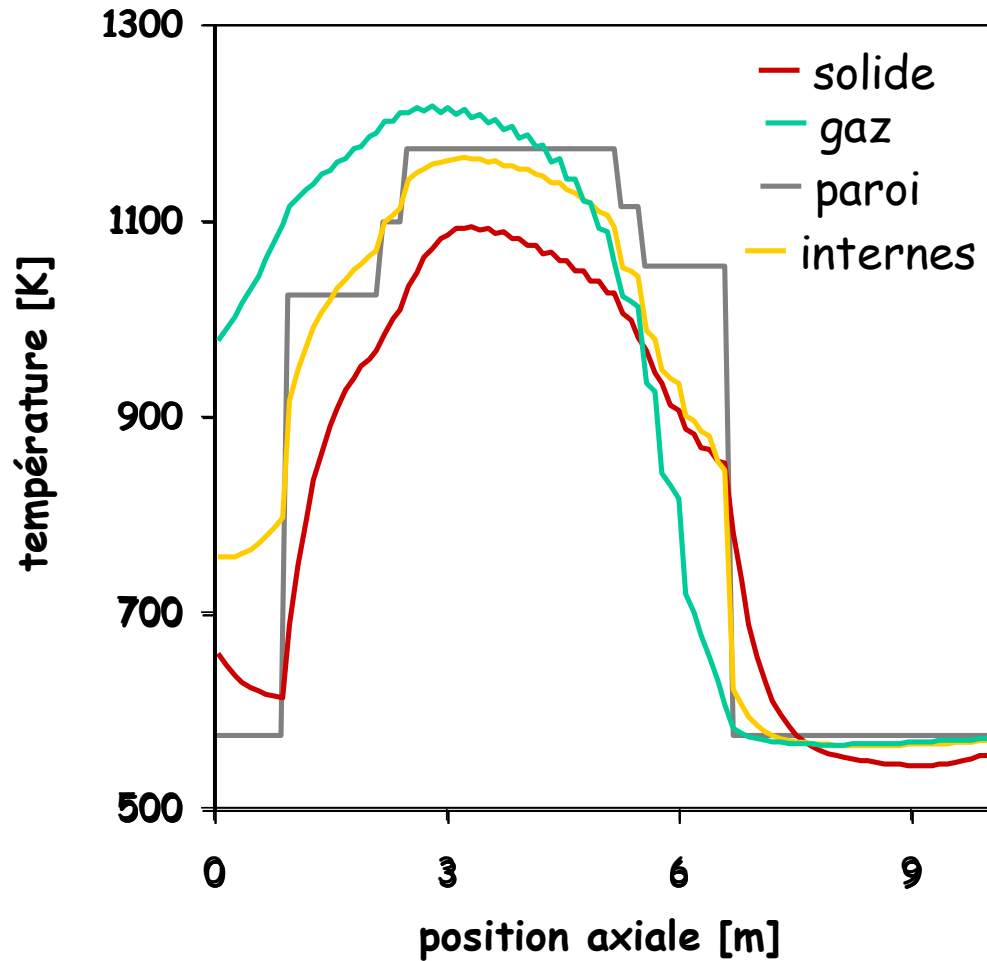
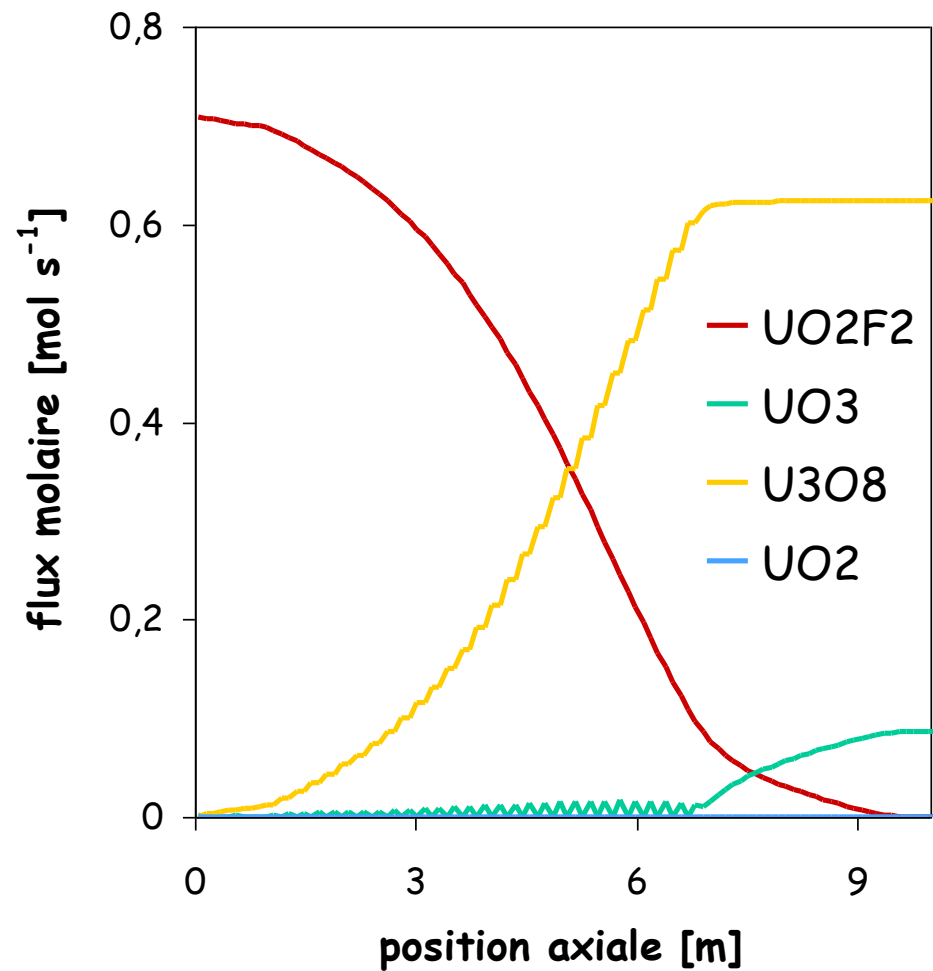
## éléments de validation

- 👉 compositions des flux sortants (solides et teneurs en HF)
  - 👉 températures dans l'axe du four
  - 👉 PRÉVU : profils de composition gazeuse
- 

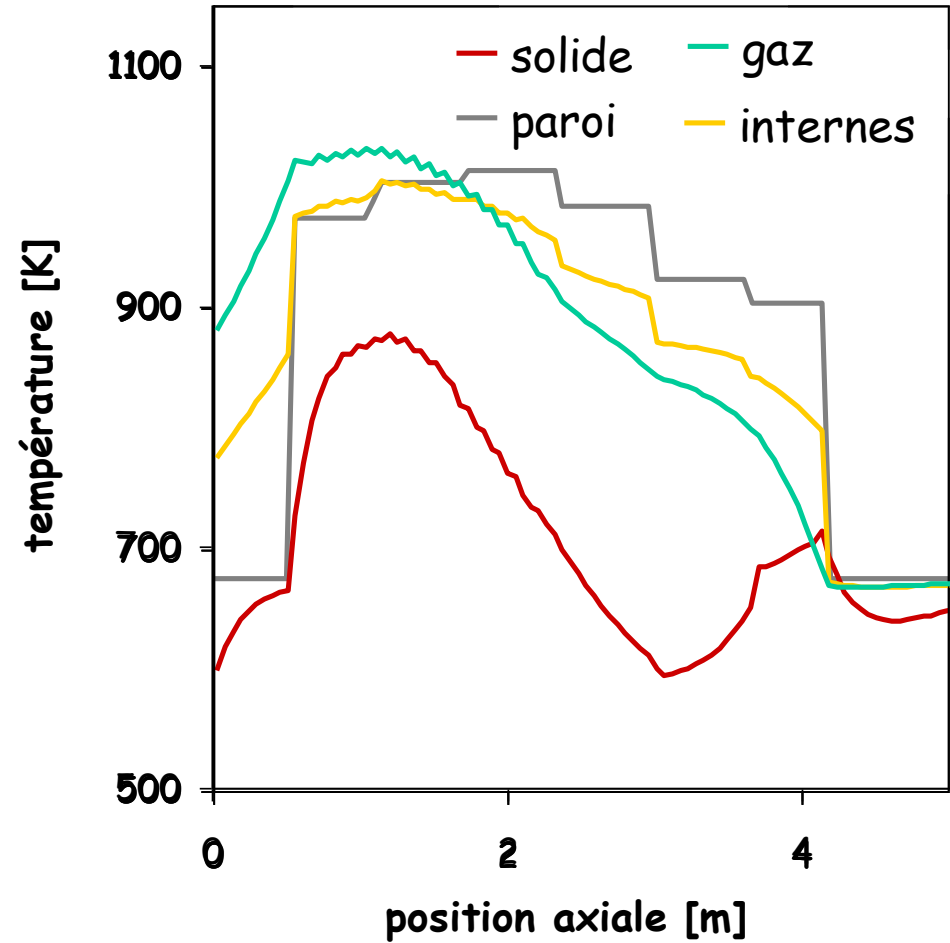
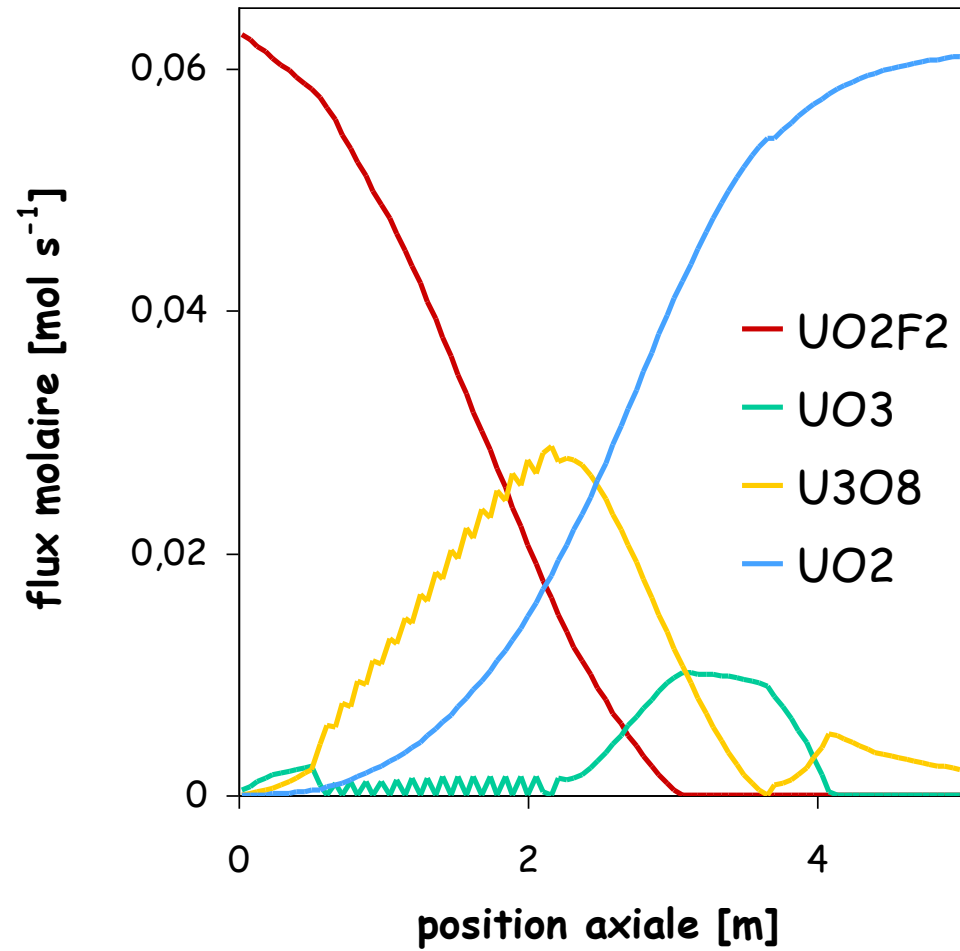
# Résultats et utilisations du modèle



# Fours COGEMA



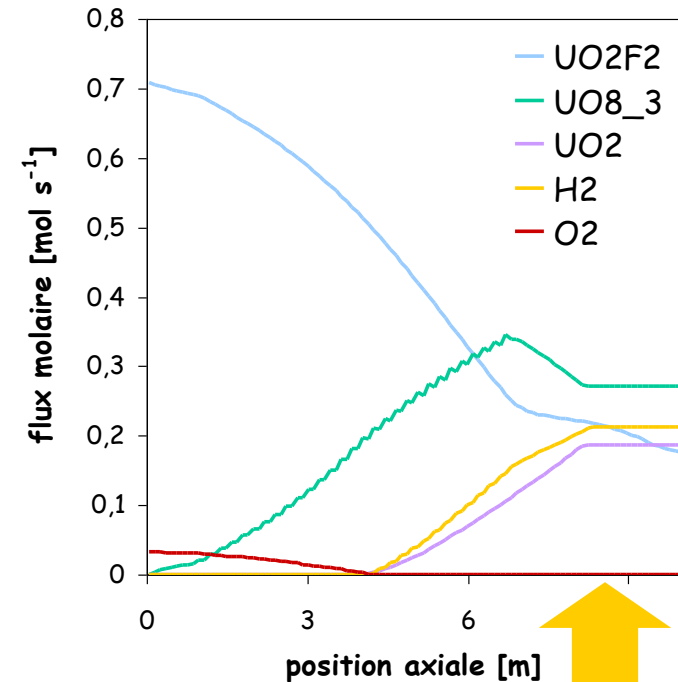
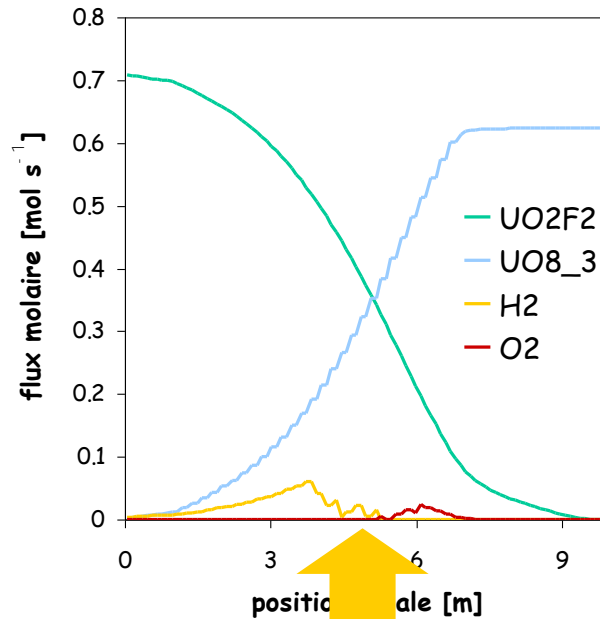
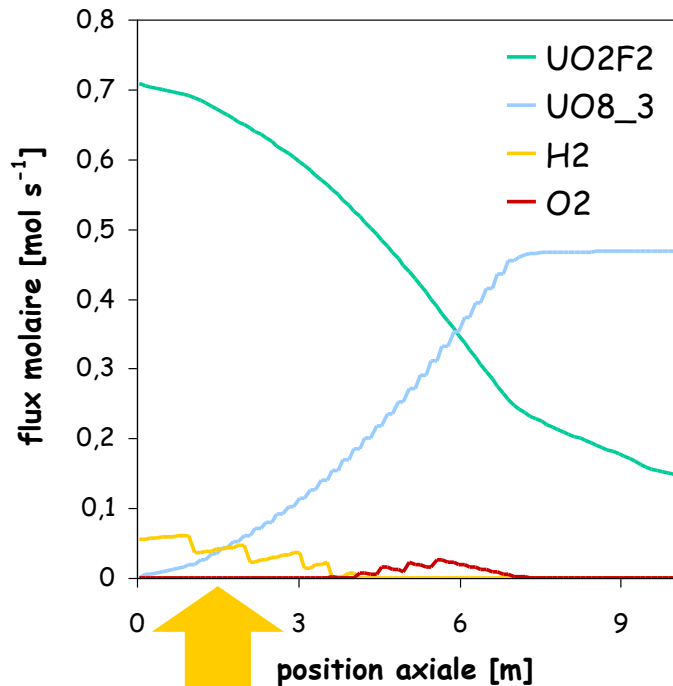
# Fours FBFC



# Objectif COGEMA -1-

limiter la corrosion

👉 points d'injection du dihydrogène

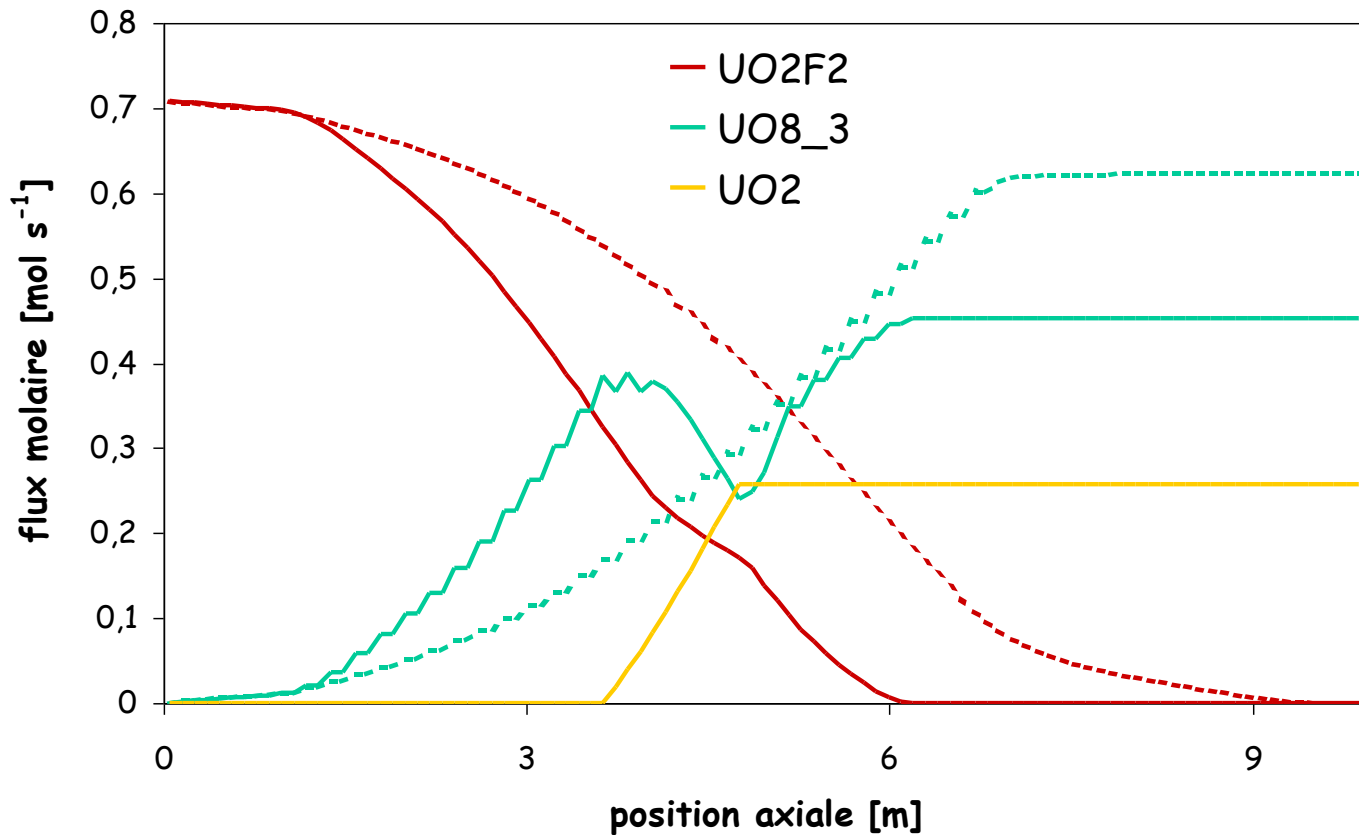




# Objectif COGEMA -2-

maîtriser la conversion

👉 vitesse de rotation



2 tr/min

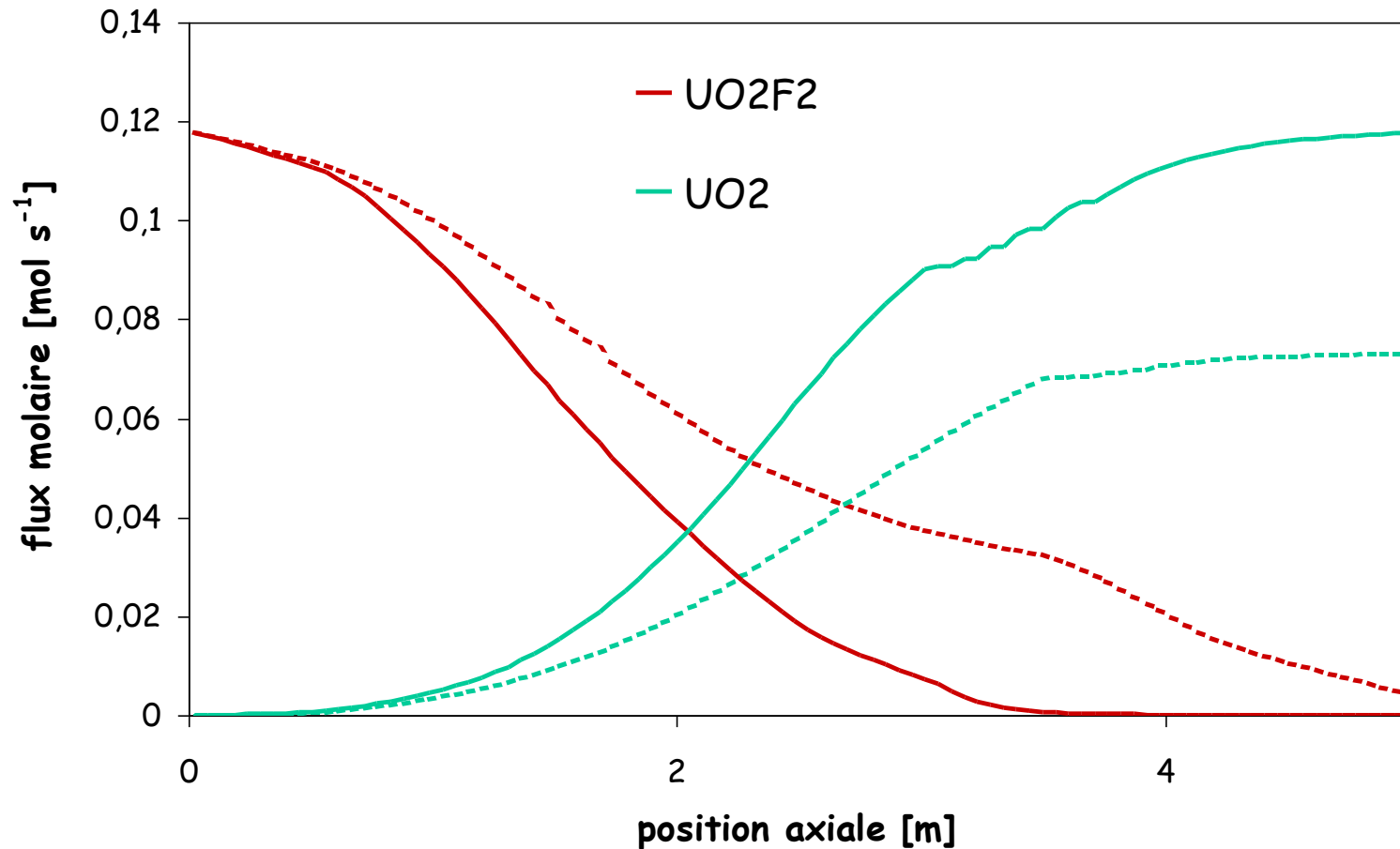
3,5 tr/min

# Objectif FBFC

☞ débit d'alimentation

▲ relevés

augmenter la capacité  
de production



# Conclusion

- 👉 **modèle** : rapide, ergonomique, simule les deux types de fours
  - 👉 premières pistes pour l'amélioration

## limites du modèle

- 👉 temps caractéristique de diffusion dans le lit brassé
- 👉 paramètres mal connus  
(lois cinétiques & coefficients d'échanges thermiques)
- 👉 taille caractéristique des amas de poudre
- 👉 profil de chargement
- 👉 répartition moyenne transversale de la poudre :  
temps de séjour dans chacune des 3 zones