

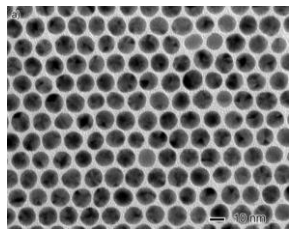
Nucléation croissance de nano-objets

Expertise LIONS: systèmes minéraux: or, SiO₂, imogolite

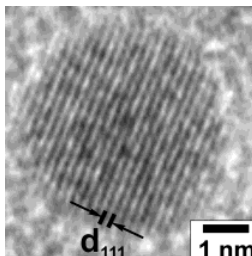
Contrôle de la forme et de la taille

isotrope

Au

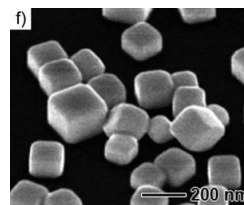


Au, Lu et al, Chem A 2008

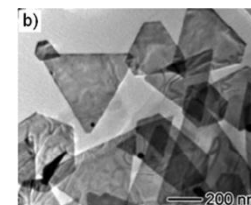


Au, Stoeva, J Phys Chem B 2003

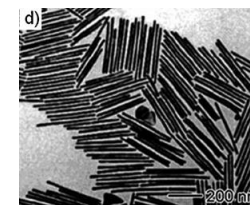
anisotrope



Au, Seo, et al JACS 2006,



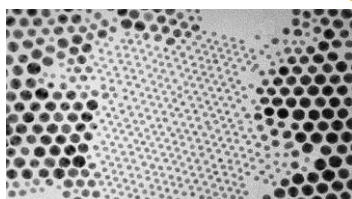
Au, Kan et al J. Phys. Chem. B, 2006



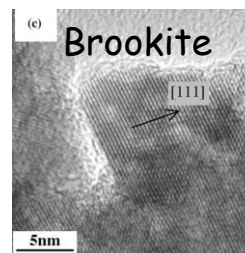
Au, Jana, et al J. Phys. Chem. B 2001

Contrôle de la polydispersité

Brust, Nature, 1998

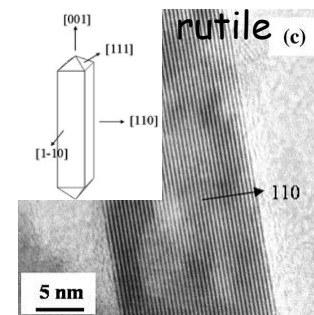


Contrôle de la structure



TiO₂

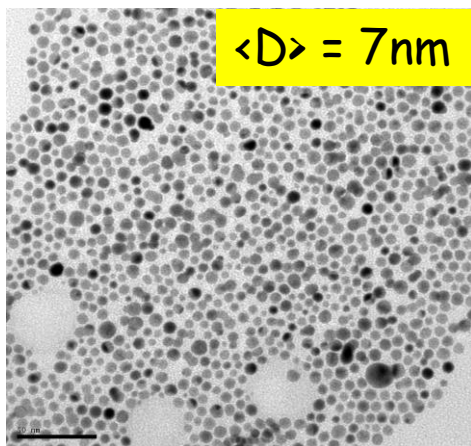
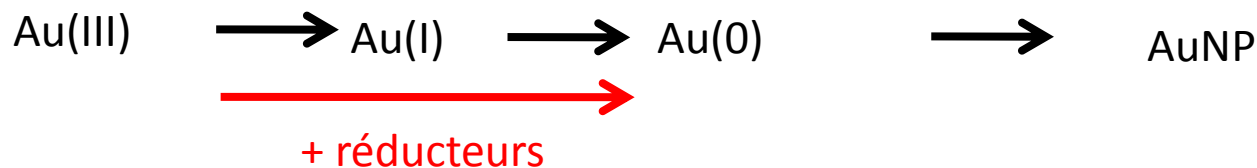
Cassaignon et al J Mat Sci, 2007



rutile (c)

110

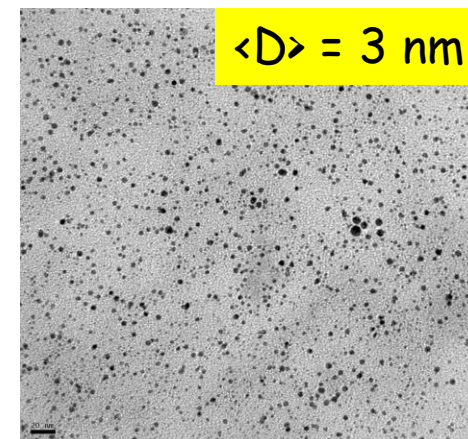
Système modèle en solution : nanoparticules d'or



Ligands : R-COOH



Fait expérimental:
ligands contrôle la taille

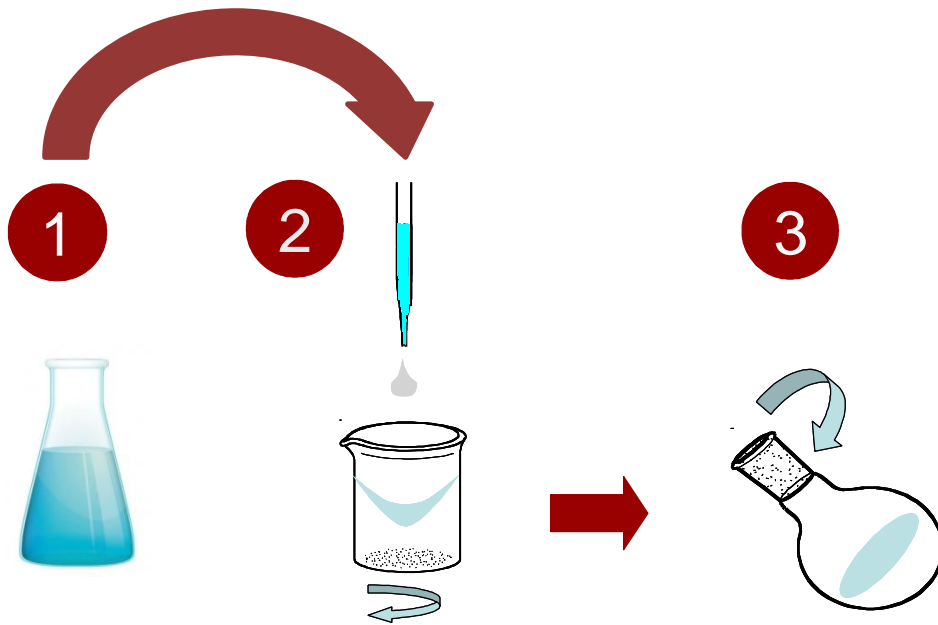


R'-NH₂

Le contrôle est cinétique

Acquis: La vitesse d'ajout des réactifs définit la taille

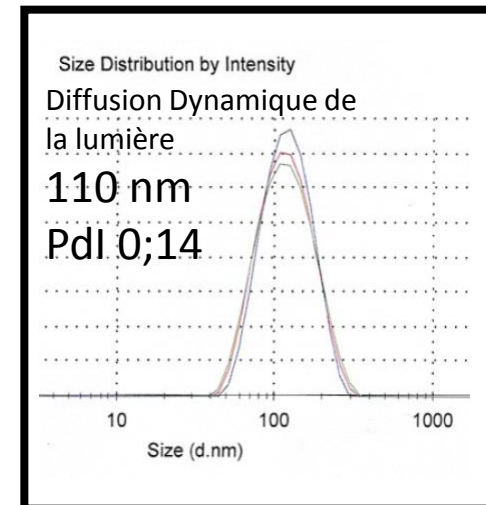
Préparation des nanoparticules : Précipitation-Evaporation de solvant



Bioconjugé dans
un solvant
organique EtOH,
acétone

Nanoprécipitation
dans l'eau milliQ

Concentration sous
pression réduite
pression



Challenges communs

« De la solution à l'oxyde (ou la nanoparticule) » JP Jolivet

« Des molécules au nanomédicament »

Des solutions vers les nanoparticules: changement d'échelle avec le temps

- Couplage de techniques expérimentales (analyse structurale et moléculaire)

Phénomène irréversible?: suivi en temps – contrôle des mélanges

- Mélange unique: technique de « flux stoppé »
- Flux continu

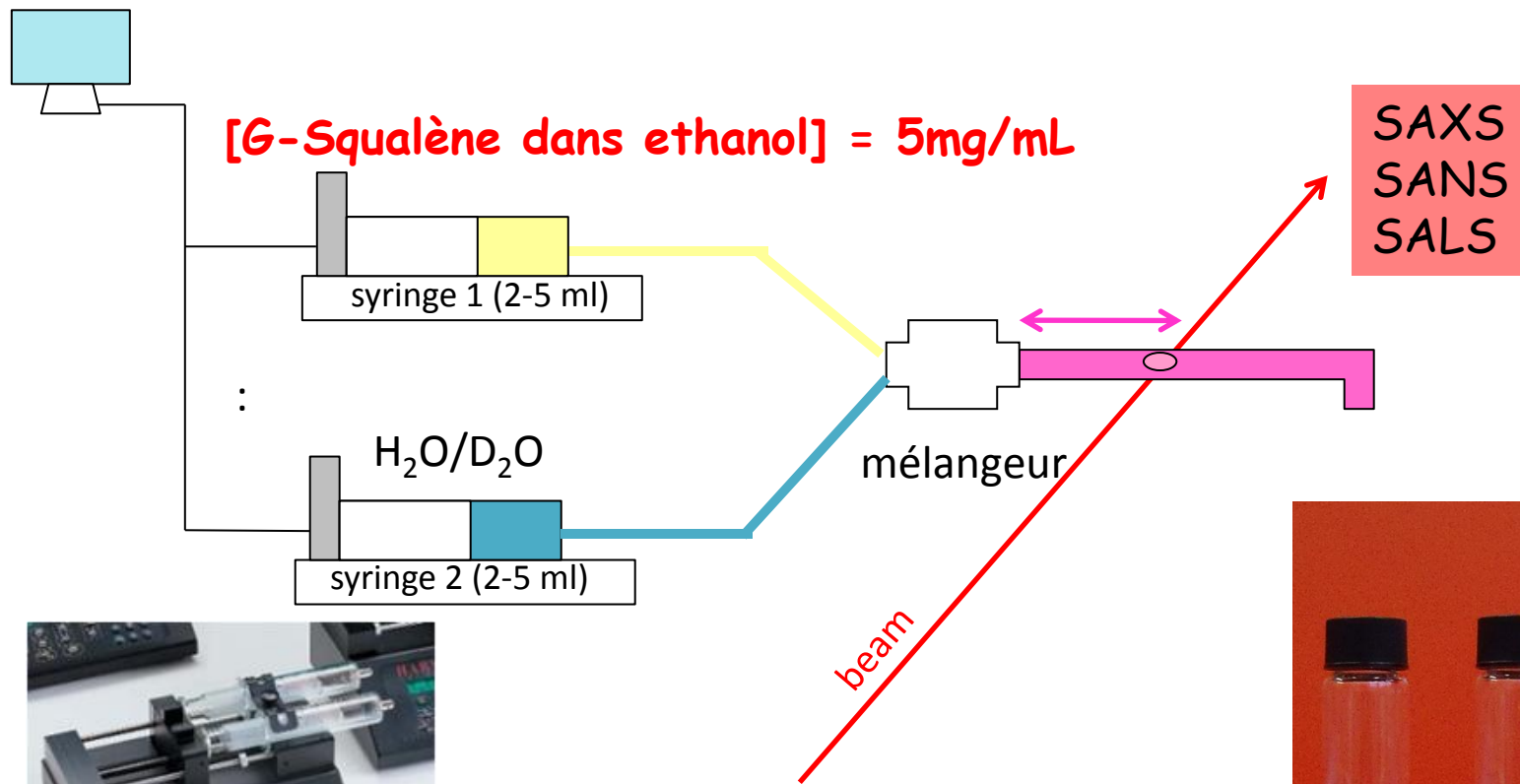
Facteurs limitant la cinétique

- Diffusion
- Réarrangement lors de l'auto-organisation

Analyse cinétique pour comprendre un mécanisme?

- Nécessité d'être quantitatif au cours du suivi temporel

Contrôle du mélange en système milli et microfluidique



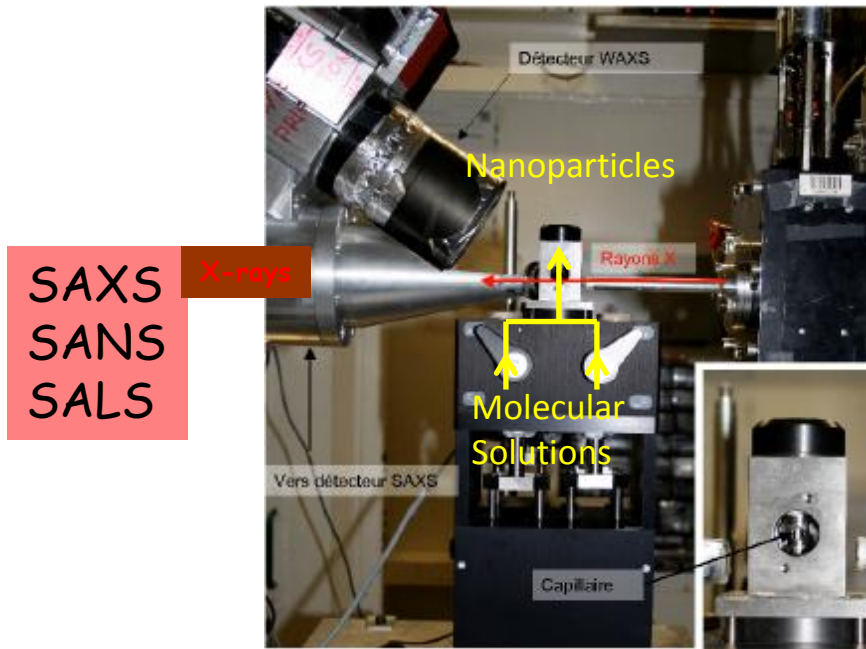
- Mélange en 200ms
- Production continue



Mélange rapide et contrôlé de solutions

Stopped-flow
Biologic®

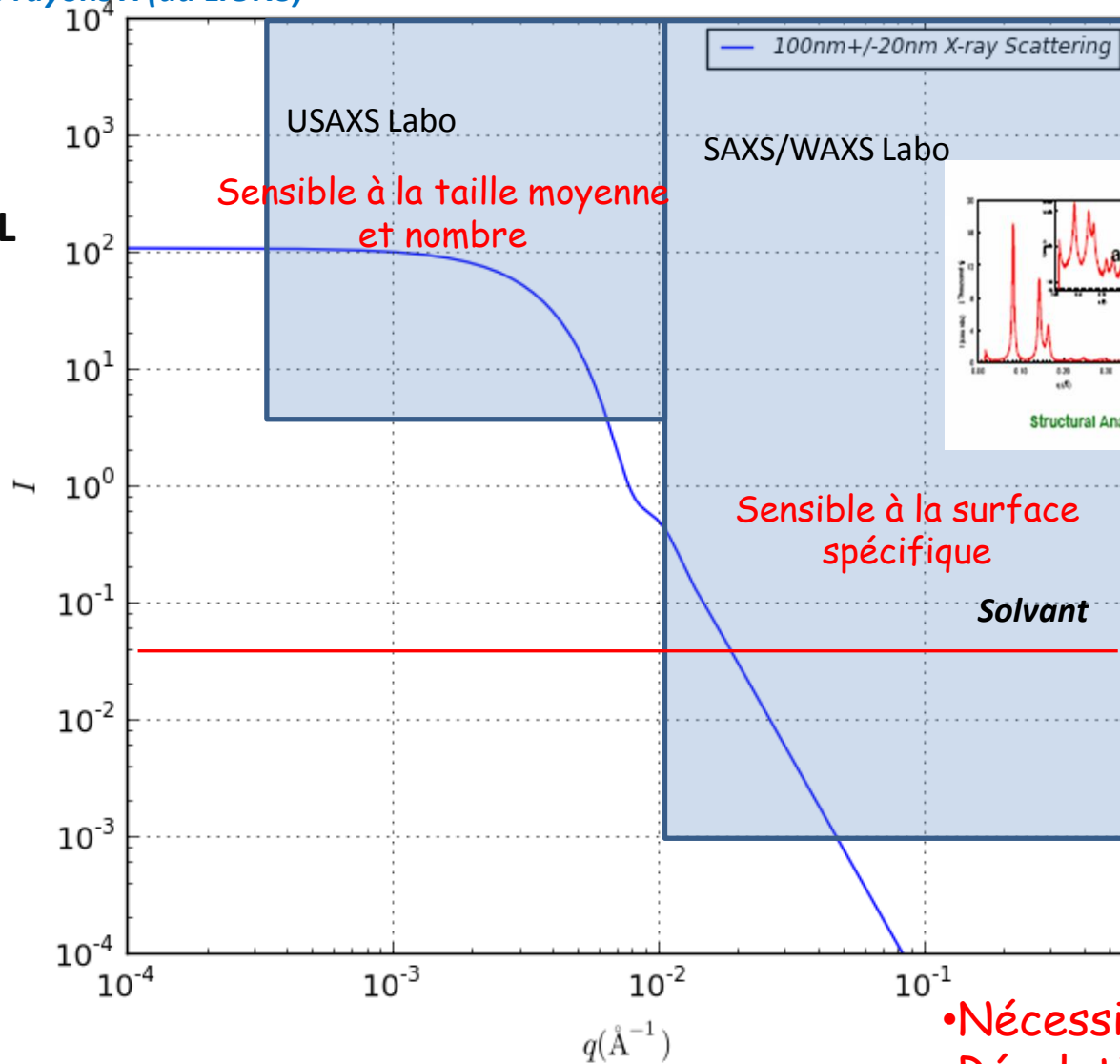
Mélange turbulent en 4 ms



Caractérisation de l'état final

En diffusion des rayons X (au LIONS)

C=4.5mg/mL

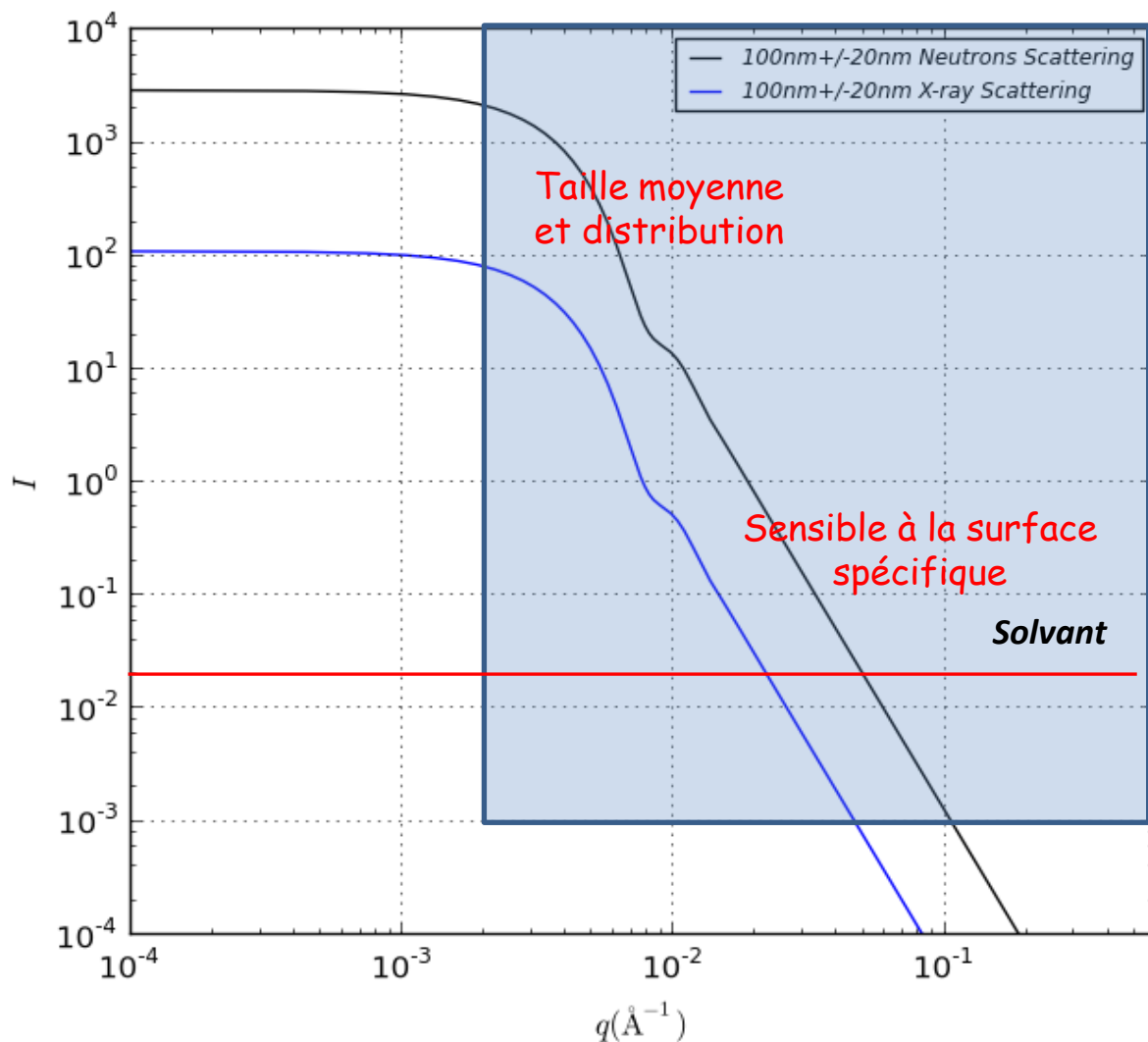


(Couvreur et al Small 2008)

- Nécessité de concentrer
- Résolution temporelle : 1-2H
- Stabilité de l'échantillon

Caractérisation de l'état final

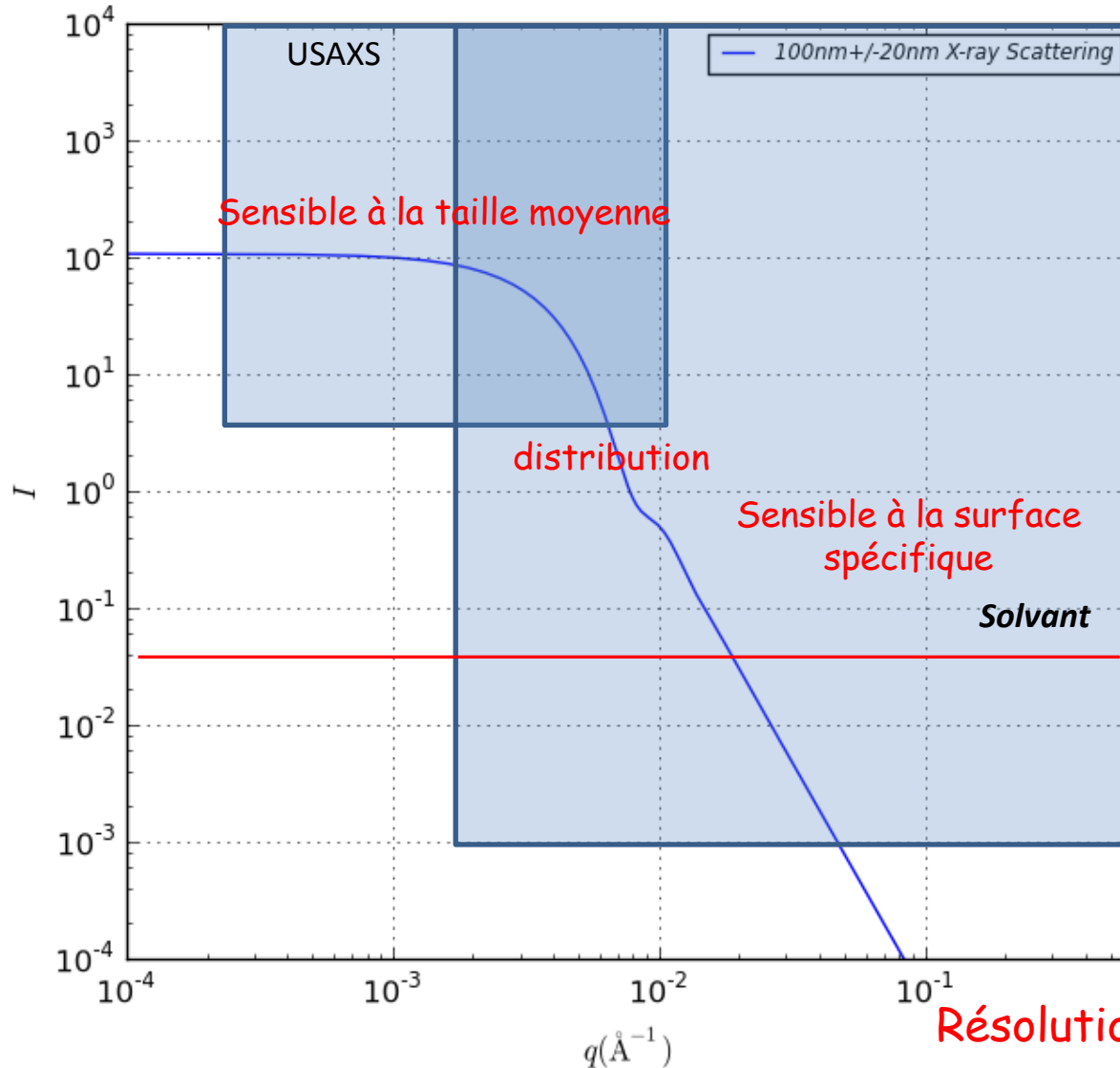
Diffusion de neutron (ILL-LLB)



Résolution temporelle : qq min

Suivi cinétique

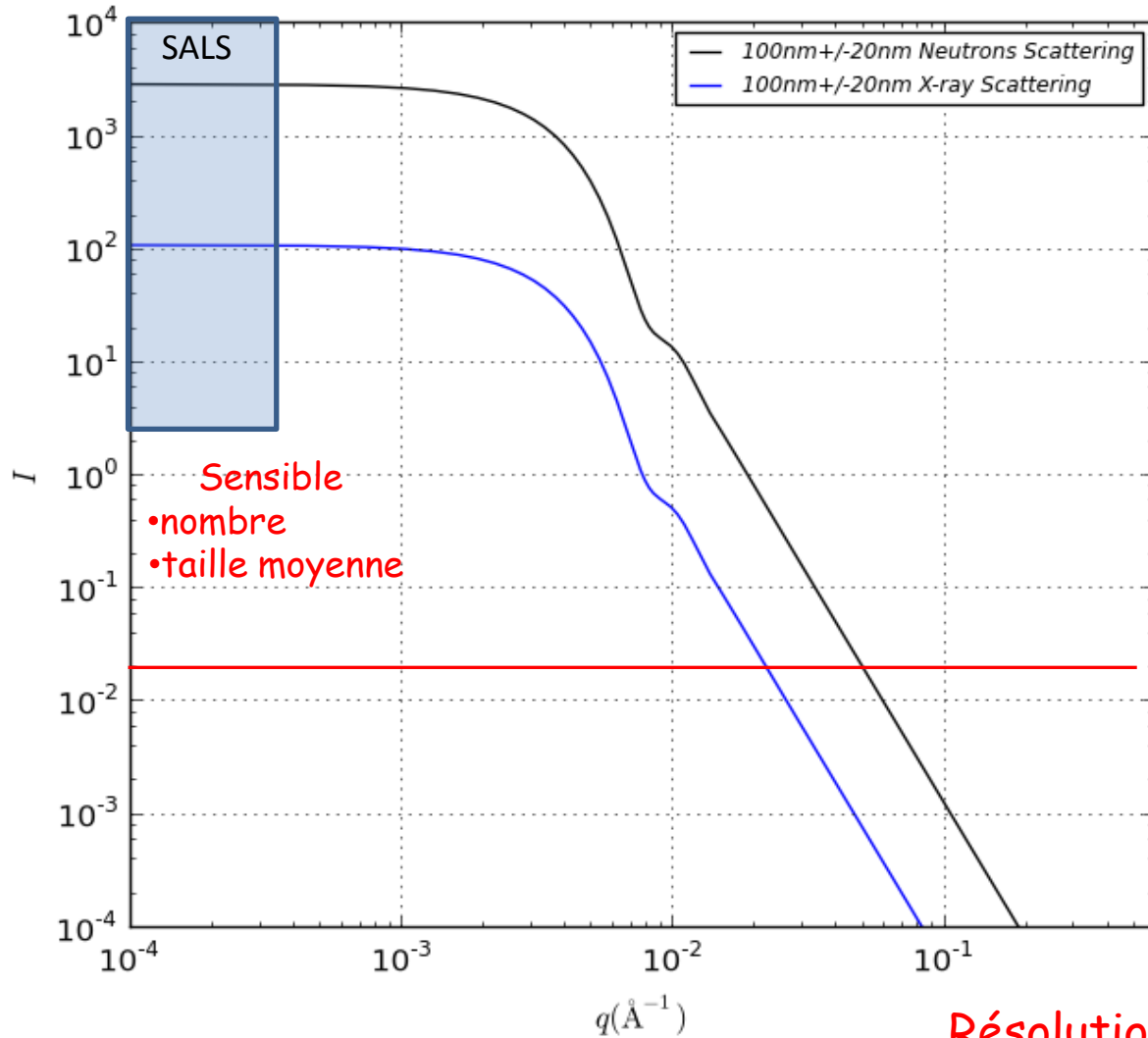
En diffusion des rayons X sur synchrotron (ESRF-SOLEIL)



Résolution temporelle : 1s

Suivi cinétique

En diffusion statique de la lumière (au LIONS)



Résolution temporelle : 1s

Modélisation cinétique

Monomer (t) \Rightarrow nuclei \Rightarrow croissance \Rightarrow particules finales
 $\xleftarrow{\text{Dissolution?}}$

Modèle cinétique disponible:

Entrée



Equations non linéaires couplées

Théorie Classique de la Nucléation

Taux de nucléation: $J = \beta^* \Phi i e^{(-\Delta G_c / kT)}$

Lois de croissance K

+ conservation de la masse

+ pas d'agrégation secondaire

$\frac{\gamma}{\ln(S)}$ β^* , K 3 paramètres:

Sortie



- Conditions de mélange
et de concentrations

Expériences *In situ* :

- Concentration, rayon
distribution