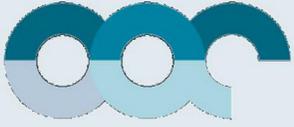


Dissolution d'une bille polymérique à l'aide de nanoparticules ferromagnétiques



Hugo Guarese¹; Jordy Queiros Campos²; Pavel Kuzhir²

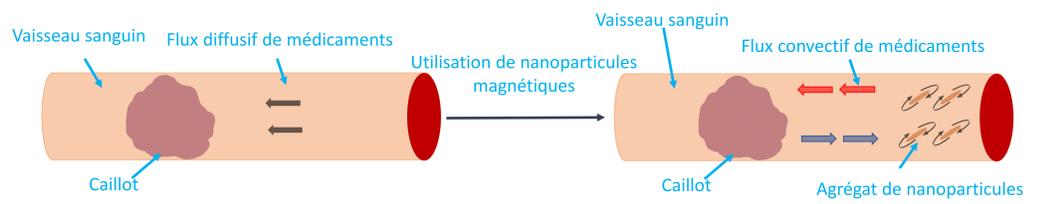
¹ Université Côte d'Azur, Master OAM

² Université Côte d'Azur, CNRS, Institut de Physique de Nice (INPHYNI)



Résumé

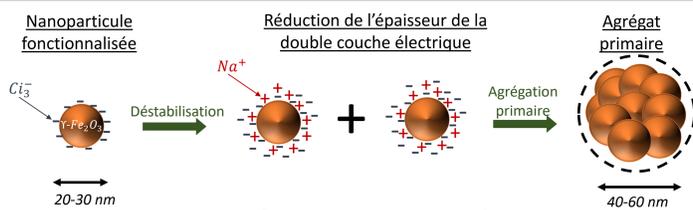
Un AVC survient après l'obstruction d'un vaisseau ou d'une artère cérébrale par un caillot. Ce caillot interrompt le flux sanguin. Le traitement actuel consiste à administrer un médicament qui dissout le caillot par voie diffusive. Par conséquent, le temps d'action du principe actif est long ce qui implique qu'il doit être administré dans les quatre premières heures après l'accident. Ce stage porte sur l'utilisation de nanoparticules magnétiques (appelées maghémites) en solution afin d'améliorer le processus de dissolution. Ce ferrofluide sera déstabilisé de manière à agréger les maghémite entre elles. Ainsi, ces agrégats seront mis en rotation par un champ magnétique tournant produit par des bobines. Nous allons modéliser l'AVC par la situation suivante : une bille d'alginate représentant le caillot sera coincée dans un canal microfluidique remplaçant le vaisseau sanguin. Pour modéliser le médicament, nous injectons au sein du canal un ferrofluide composé de nanoparticules agrégées nageant dans une solution de citrate de sodium. Ce dernier ayant la capacité de dissoudre l'alginate. Dès lors, nous étudierons les différences de dissolution en présence et en absence du champ magnétique rotatif.



Agrégations des nanoparticules

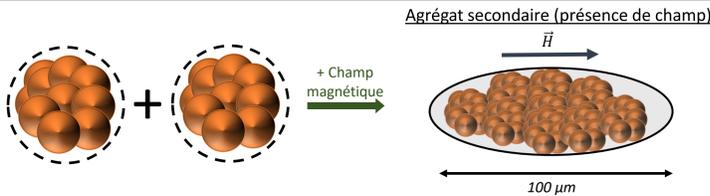
Agrégation primaire

Les ions Na^+ interagissent avec les ions Cl_3^- ce qui diminue l'épaisseur de la double couche électrique. La charge de surface de chaque nanoparticule étant réduite, celles-ci peuvent s'approcher l'une de l'autre puis être soumises aux interactions de Van Der Waals qui provoquent une agrégation appelée agrégation primaire [1].

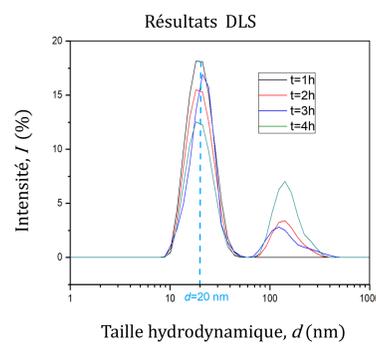


Agrégation secondaire

Sous l'effet d'un champ magnétique, les agrégats primaires se regroupent et forment une fibre magnétique ellipsoïdale dont le grand axe est aligné avec la direction du champ. Une telle fibre est appelée agrégat secondaire et peut être mise en rotation si on la soumet à un champ magnétique tournant de faible fréquence de rotation [2].



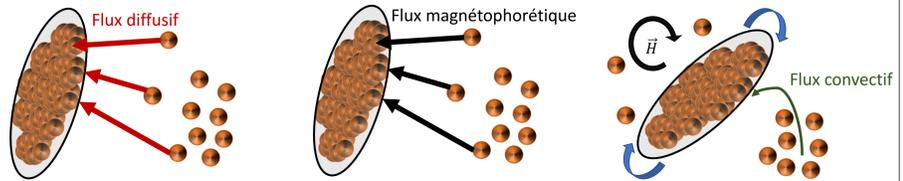
Taille et croissance des agrégats



Les nanoparticules d'oxyde de fer mesurent 20nm. Quand le temps augmente, certaines de ces nanoparticules s'agrègent entre elles pour former des agrégats primaires de taille 115nm.

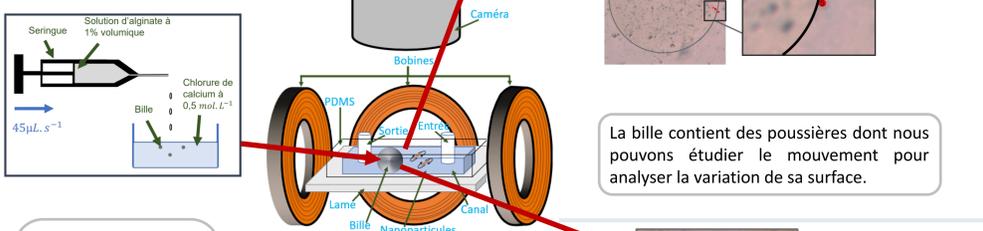
$$\frac{|\vec{v}_{diff}|}{|\vec{v}_{conv}|} = \frac{-D\nabla\phi}{\frac{\phi m H}{3\pi\eta d l}} \sim \frac{L\omega l}{D} = Pe \gg 1$$

$$\frac{|\vec{v}_{ma}|}{|\vec{v}_{conv}|} \sim \frac{\phi m H}{k_b T P e} \ll 1$$



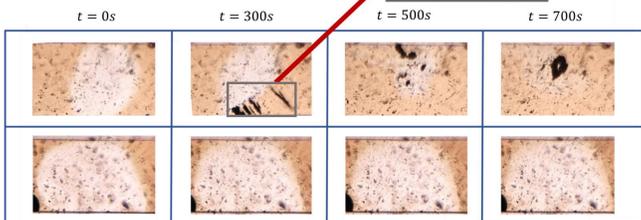
Modélisation expérimentale de l'AVC

On fabrique une bille d'alginate que l'on coince dans un canal microfluidique. On injecte une solution de ferrofluide citraté. Dans un cas on active le champ magnétique tournant, dans l'autre on l'éteint.

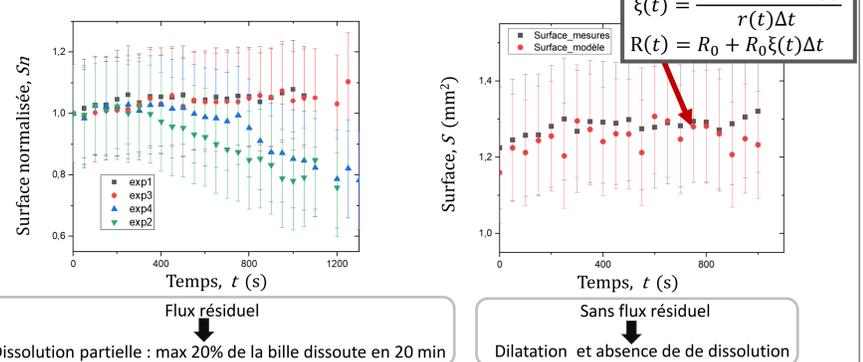


La bille contient des poussières dont nous pouvons étudier le mouvement pour analyser la variation de sa surface.

Avec le champ magnétique tournant, les agrégats en rotation créent un flux qui apporte des ions citrate sur la surface de la bille, ce qui la dissout [3].



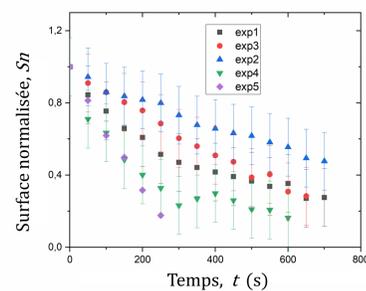
Sans champ



Dissolution partielle : max 20% de la bille dissoute en 20 min

Dilatation et absence de dissolution

Avec champ



Jusqu'à 80% de la bille détruite en 600 s
$t_1 = 310s$

Le flux recirculoire apporte de manière continue des ions citrate sur la surface de la bille

Conclusion et perspectives

- Modélisation d'un AVC en remplaçant le caillot par une bille d'alginate, le médicament par le ferrofluide citraté et le vaisseau sanguin par le canal microfluidique.
- Mise en rotation d'agrégats secondaires à l'aide d'un champ magnétique tournant pour créer un flux recirculoire à l'intérieur du canal.
- Analyse de l'évolution de la surface de la bille d'alginate en présence et en absence de champ magnétique. Mise en évidence de l'efficacité de la méthode avec champ.
- Complexification du système avec des paramètres biologiques

Références

- [1], D.Talbot, J.Queiros Campos, B L.Checa-Fernandez, J A.Marins, C.Lomenech, C.Hurel, G D.Godeau, M.Raboisson-Michel, G.Verger-Dubois, L.Obeid, P.Kuzhir, *Adsorption of Organic Dyes on Magnetic Iron Oxide Nanoparticles. Part I : Mechanisms and Adsorption-Induced Nanoparticle Agglomeration*, 2021, ACS OMEGA, 6 (29) 19086-19098.
- [2], M.Raboisson-Michel, J.Queiros Campos, S.Schaub, A.Zubarev, G.Verger-Dubois, and P.Kuzhir, *Kinetics of field-induced phase separation of a magnetic colloid under rotating magnetic fields*, 2020, The Journal of Chemical Physics 153 154902-1 - 154902-26.
- [3], L.Obeid, *Synthèse et caractérisation de matériaux magnétiques pour l'adsorption de polluants présents dans les eaux*, [Thèse], 2015, Université Pierre et Marie Curie.