

LE GLUON

JOURNAL DE VULGARISATION SCIENTIFIQUE DE L'UNIVERSITÉ JOSEPH FOURIER

EDITORIAL

Chers lectrices et lecteurs. Le comité de rédaction vous souhaite à tous ses meilleurs vœux pour l'année 2002. Nous espérons que vous avez pris du plaisir à parcourir le premier numéro du Gluon, et que sa parution sera désormais un moment attendu ! Nous sommes bien sûr à votre disposition pour toute remarque ou suggestion portant sur le Gluon. Dans ce deuxième numéro, vous découvrirez comment le synchrotron permet d'améliorer le dépistage des problèmes cardiaques et vous explorerez la physique étonnante des mousses liquides.

SOMMAIRE

Les artères coronaires à la lumière du synchrotron	p. 1
Les conférences MidiSciences	p. 2
Les mousses liquides	p. 3

Les artères coronaires à la lumière du synchrotron

MEDECINE

La puissance du rayonnement synchrotron permet la mise au point d'une nouvelle technique d'observation des artères coronaires alliant un accroissement de la précision à une baisse des risques liés à cet examen médical.

Les artères coronaires sont les artères qui irriguent le muscle cardiaque et assurent son oxygénation. Toute diminution du flux sanguin dans les coronaires entraîne une souffrance du cœur qui peut évoluer vers l'infarctus du territoire myocardique qui n'est plus irrigué. Ce sont principalement les dépôts de lipides (cholestérol) sur les parois des artères qui forment des plaques d'athérome, et sont responsables du rétrécissement (sténose) de la lumière artérielle.

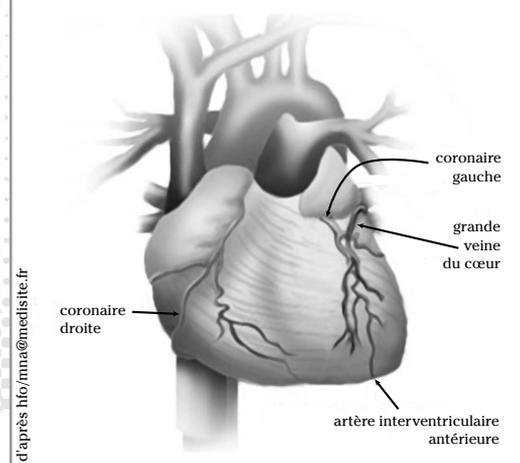
La coronarographie est un examen radiologique qui consiste à visualiser les artères coronaires et leurs branches principales. Cet examen est indiqué dans le cadre de douleurs d'angine de poitrine, après un infarctus ou lorsqu'une intervention cardiaque est envisagée. L'opacification des artères coronaires est obtenue en injectant un produit de contraste qui absorbe les rayons X davantage que les tissus. Pour obtenir un contraste suffisant dans l'image radiologique, il est nécessaire d'injecter l'agent de contraste directement dans la coronaire. Pour ce faire, un cathéter est inséré en général dans l'artère fémorale, puis remonté jusqu'à l'origine de l'artère coronaire. Du produit de contraste est alors injecté dans le cathéter et des clichés radiographiques sont enregistrés. Cet examen peut entraîner des complications de gravités diverses, telles que : un hématome superficiel, une dissection artérielle, le déplacement d'une plaque d'athérome qui peut entraîner une ischémie secondaire aiguë par thrombose artérielle (arrêt de l'apport sanguin artériel par obstruction) ou un choc anaphylactique

(allergie au produit de contraste à base d'iode). Les recherches visant à développer un examen moins risqué pour visualiser l'état des artères coronaires sont donc très actives, citons par exemple l'imagerie par résonance magnétique (I.R.M.) ou la tomographie rapide.

Le rayonnement synchrotron permet de développer une méthode alternative qui ne nécessite plus une injection d'agent de contraste par voie artérielle, mais simplement par voie veineuse. Les risques associés à la procédure sont moindres car le réseau veineux présente une pression bien inférieure à celle du réseau artériel. Le produit de contraste est injecté par l'intermédiaire d'un cathéter inséré dans une veine, au pli du coude.

Le seuil de détectabilité des appareils d'angiographie conventionnels n'est pas suffisant pour mesurer le produit de contraste après une injection par voie veineuse car le produit injecté en intra-veineux se dilue dans la circulation sanguine avant d'atteindre les coronaires (facteur 20 environ).

Vaisseaux coronaires



La très grande intensité de rayonnement X disponible au synchrotron, permet de sélectionner une bande d'énergie quasi-monochromatique à l'énergie optimale. Des méthodes d'imagerie

Effet photo-électrique Lorsqu'un photon entre en interaction avec un électron fortement lié à un atome, la totalité de l'énergie du photon est absorbée par l'atome et l'électron est éjecté (avec comme énergie cinétique la différence entre l'énergie du photon incident et l'énergie de liaison de l'électron). L'électron est alors remplacé par un autre venant d'une couche plus externe de l'atome, et ce processus s'accompagne par l'émission d'un photon de fluorescence X caractéristique de l'atome excité. C'est ce photon qui pourra être détecté.

nouvelles sont alors possibles, comme la soustraction de part et d'autre du **seuil K** d'un élément. Cette idée a été évoquée dès 1953 par Jacobson, mais n'a été rendue possible qu'en utilisant le rayonnement synchrotron. Deux images sont enregistrées à deux énergies très voisines, de part et d'autre du seuil d'absorption K de l'agent de contraste (iode). Le rayonnement X sera beaucoup plus absorbé par l'iode à l'énergie

E_+ , qu'à l'énergie E_- . En effet, au-dessus du seuil K (33.169 keV), les photons ont une énergie suffisante pour produire un **effet photo-électrique** sur un électron de la couche K de l'atome d'iode. Les os ou les tissus ont des coefficients d'atténuation très proches aux deux énergies, et disparaissent donc lorsque l'on soustrait les deux images. On obtient ainsi une image résolue en iode, où seules les structures contenant de l'iode (les vaisseaux) sont visibles.

Un premier protocole de recherche médicale a été développé sur la ligne médicale de l'ESRF (European Synchrotron Radiation Facility, Grenoble).

Les trente patients inclus dans ce protocole avaient déjà subi une angioplastie (dilatation d'une artère sténosée), en cas de suspicion de re-sténose, l'angiographie par voie veineuse au synchro-

Seuil K La courbe de probabilité d'interaction entre les électrons de l'iode et les photons incidents présente des discontinuités appelées "seuils d'absorption" (voir Figure 1), correspondant aux énergies de liaison des électrons dans les différentes couches de l'atome absorbeur. Le seuil le plus haut en énergie correspond à l'énergie de liaison de la couche K (la couche la plus proche du noyau). Pour un photon d'énergie juste au-dessus de ce seuil (noté E_+), l'énergie est juste suffisante pour éjecter un électron de la couche K. Pour des photons d'énergie juste inférieure (E_-), le processus n'est plus possible et la probabilité d'interaction chute donc brutalement.

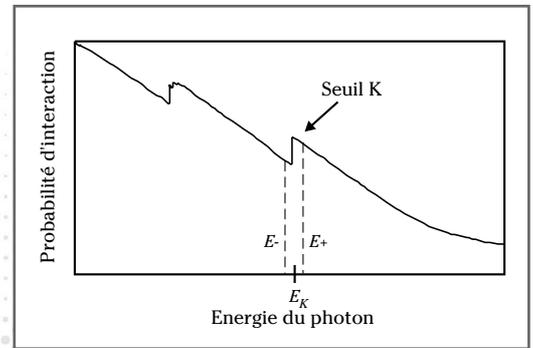


Figure 1 - Allure de la probabilité d'interaction entre un photon et un électron lié en fonction de l'énergie du photon incident. Pour l'iode, $E_K = 33.169$ keV.

tron leur était proposée, en sus de l'angiographie conventionnelle. Les deux examens étant nécessaires dans cette première phase pour valider la nouvelle méthode. La séquence temporelle d'images obtenue avec l'un des patients est présentée Figure 2, l'artère coronaire droite est clairement visible sur toute sa longueur. La méthode synchrotron permet de visualiser de façon peu invasive les artères coronaires et de quantifier des sténoses préalablement repérées. L'absence de complications avec cette méthode permettra de l'utiliser dans des protocoles de recherche, où l'angiographie conventionnelle n'est pas pratiquée de part les risques associés.

Contact

Helene Elleaume H.Elleaume@esrf.fr
 Equipe d'accueil Rayonnement Synchrotron et Recherche Médicale (RSRM).
 UFR de Médecine et UFR de Physique - Ligne médicale de l'ESRF.

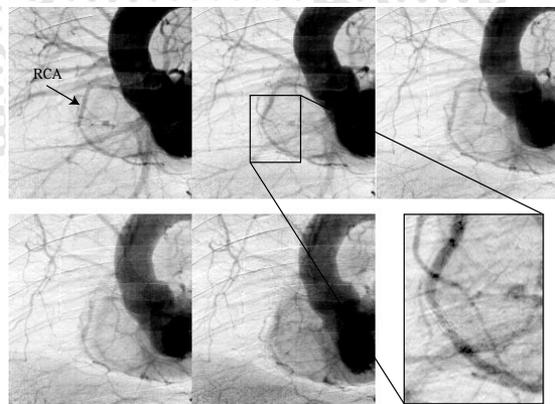


Figure 2 : Séquence d'images obtenue au synchrotron après injection par voie veineuse d'un bolus d'iode. L'artère coronaire droite (RCA) est clairement visible.



MidiSciences revient !

Prochains rendez-vous MidiSciences.

19 Février Grenoble technopole

Pourquoi Grenoble est une technopole ? *Michel Bernardy de Sigoyer (UPMF Grenoble)*

Minatec : le pôle d'innovation en micro et nanotechnologies *Jean-Charles Guibert (CEA Grenoble)*

5 Mars Technologies de demain

Les biopuces à ADN *Alexandra Fuchs (CEA Grenoble)*

Les supra-conducteurs *Stéphane Sanfillipo (CERN Genève)*



CONFERENCES

19 Mars Le vivant et ses stratégies de survie

L'homme dans l'extrême - températures extrêmes et

manque d'oxygène *Gustave Savourey (CRESSA Grenoble)*Comment les plantes s'adaptent aux conditions extrêmes ? *Serge Aubert (UJF Grenoble)***2 Avril Energies de demain**Energie solaire *C. Trassy (UJF Grenoble)*Pile à combustible *Olivier Diat (CEA Grenoble)***Contact**Sandrine Emin *Sandrine.Emin@esa.upmf-grenoble.fr*

Les mousses liquides

PHYSIQUE

Elles sont tout autour de nous : dans les produits de rasage, les shampooings, les bains moussants bien sûr, mais aussi dans une bouteille de lait qu'on secoue ou à la surface d'un expresso. Qu'est-ce qu'une mousse liquide exactement ?

Une mousse liquide, c'est un groupe de bulles qui, chacune, enferme un peu de gaz. Regardez de près la mousse au fond de votre évier : le gaz des différentes bulles ne communique pas. En revanche, l'eau qui entoure les bulles constitue un chemin continu qui communique d'un bout à l'autre de la mousse.

La mousse fait partie de ces domaines où l'esthétique et les sciences se rejoignent. Elle donne la curieuse impression de mélanger l'ordre et le désordre. Si vous laissez votre œil vagabonder sur la mousse au fond de votre évier, vous constaterez que les bulles ont une diversité étonnante de formes. Comment l'expliquer ?

Lorsqu'une bulle de savon est toute seule, chacun sait que sa forme est simple : c'est une sphère. En effet, l'énergie d'un film de savon est proportionnelle à sa surface. Il est moins coûteux en énergie, donc plus favorable, d'avoir la surface la plus petite possible. Si un film tend naturellement à se rétracter, l'air enfermé empêche de trop réduire le volume de la bulle. Le film prend alors la forme dont la surface est la plus petite possible pour un volume donné : c'est bien une sphère.

Maintenant, assemblez de nombreuses bulles. C'est désormais la surface totale des films de savon qu'il faut minimiser. Puisqu'il faut tenir compte du gaz enfermé dans chaque bulle individuelle, la situation devient rapidement plus compliquée. Pour avoir la surface la plus petite possible, chaque bulle tend à être ronde et régulière. Pour cela, elle doit pousser ses voisines. Mais lesdites voisines résistent puisque cela les rendrait concaves, augmentant leur surface. Comme toujours, les murs mitoyens résultent donc d'un compromis entre voisins.

C'est ce que les mathématiciens appellent le problème du périmètre minimal. Ils ont pu prouver que les films de savon se rencontrent trois par trois en faisant un angle de 120° , comme on peut le vérifier à l'œil (voir Figure 1). On le comprend intuitivement si on se représente les parois comme des films tendus, en équilibre, chacun tirant avec la même tension.

Faites sortir de la mousse à raser d'une bombe et déposez-la dans votre main. La mousse a une forme, et elle la conserve, comme le ferait un solide, même si vous renversez votre main avec la paume vers le bas : on dit qu'elle est élastique. Ensuite, appliquez-y fermement votre doigt ; cette fois, elle s'adapte et conserve la déformation que vous avez imprimée. Elle est devenue plastique ; c'est ainsi, en dessinant un trèfle du bout du doigt sur la mousse, qu'un barman irlandais prouve qu'un verre de bière pression a été bien tiré. Enfin, si vous la cisaillez rapidement avec une lame de rasoir, elle s'écoule

comme un fluide, ce qui vous permet de l'évacuer. Ce triple comportement, élastique, plastique et fluide, est surprenant, si l'on veut bien se souvenir que la mousse n'est faite que d'un mélange de liquide et de gaz !

On tire par exemple parti des propriétés solides lors d'un accident chimique ou nucléaire : on entoure de mousse le produit dangereux, pour l'immobiliser et le confiner. En temps que plastique, les mousses sont d'excellents amortisseurs. On le vérifie facilement en secouant une bouteille pleine de mousse : en plaçant son doigt à l'orifice, on ne sent presque rien. Les démineurs amortissent avec des mousses les ondes de choc lors d'une explosion et, de la même façon, on se protège des coups de grisou dans les mines de charbon. En s'écoulant comme un fluide, la mousse pénètre dans les moindres recoins des tuyaux, même s'ils ont des formes biscornues. C'est apprécié en nettoyage industriel, particulièrement dans le nucléaire. En effet, on doit décontaminer le fluide de nettoyage après usage : si c'est de la mousse, il y a beaucoup moins de quantité à traiter que si l'on a nettoyé à grande eau. Enfin, on peut astucieusement combiner les plaisirs, par exemple en couvrant un pare-brise d'avion d'une épaisse couche de mousse de dégivrage : dès que l'avion démarre, sous l'effet du vent, elle s'évacue en s'écoulant.

Le secret de la mousse repose sur les propriétés de molécules bien particulières. On les appelle *amphiphiles* car à la fois elles aiment et n'aiment pas l'eau. Plus précisément, elles ont deux parties : une tête soluble dans l'eau, appelée *hydrophile*, et une longue queue de 10 à 20 atomes de carbone, sans affinité pour l'eau, dite *hydrophobe*. Chaque film de savon, qui est essentiellement un film d'eau, est couvert de part et d'autre par une monocouche de molécules amphiphiles. Leurs queues sont dirigées vers l'extérieur, dans l'air. Leurs têtes sont vers l'intérieur puisqu'elles aiment être dans l'eau.

Elles ont deux effets principaux. D'une part, les deux monocouches forment des parois qui confinent l'eau. L'écoulement de l'eau au sein de chaque film de savon, c'est-à-dire le drainage de la mousse, est donc plus lent : la mousse met plus de temps à sécher. D'autre part, une fois que la mousse est

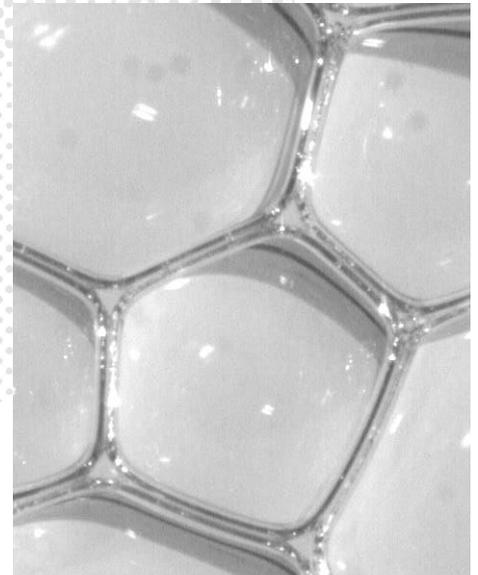
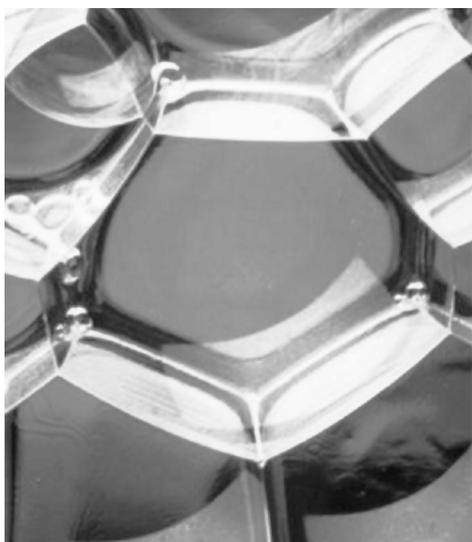


Figure 1 : Une bulle de savon entre deux plaques de verre. Photo S. Courty (Grenoble).

sèche, chaque film est très fin. Ce sont les molécules amphiphiles qui l'empêchent de claquer, car les deux couches de molécules, situées de part et d'autre du film, se repoussent entre elles. Les molécules amphiphiles ont un troisième rôle, certes moins essentiel, mais bien pratique : elles favorisent



Une mousse de savon chatoyante. Copyright Krüss GmbH.

la fabrication de la mousse. Créer une interface entre l'eau et l'air nécessite de fournir une énergie importante : la couche de molécules amphiphiles, qui sert d'intermédiaire entre l'eau et l'air, divise par dix ou vingt ce coût en énergie.

Toute une variété de molécules peut faire mousser, pas seulement celles des produits détergents. C'est le cas de nombreuses protéines, par exemple de l'urée, comme on le constate facilement. Dans une mousse au chocolat, ce sont bien sûr les protéines du blanc d'oeuf qui jouent ce rôle ; le champagne et la bière doivent leur collerette à leurs protéines, la chantilly bénéficie de celles du lait.

On n'a sûrement pas encore épuisé toutes les possibilités qu'offrent les mousses ! Actuellement, c'est l'industrie minière qui en utilise le plus. Dans des bassins de flottaison de cent mètres cubes, alignés dans d'immenses entrepôts, la mousse vient se fixer sur le minéral, permettant de le séparer de sa gangue inutile. Elle l'emporte vers la surface de l'eau, car elle est très peu dense.

Dans d'autres types de séparations basés sur la faible densité des mousses, en particulier en chimie, on exploite aussi le fait qu'une mousse ne contient que quelques pourcents d'eau, donc est facile à sécher industriellement. C'est encore l'économie associée au séchage, liée à un excellent pouvoir couvrant, qui fait choisir les mousses pour les traitements des fibres : pour imperméabiliser un tissu, par exemple. Cette bonne capacité à répartir le produit actif, moyennant une faible quantité de matière, est utilisée dans les mousses spermicides, parfois aussi dans les traitements des récoltes agricoles, pour limiter les rejets polluants.

Ce pouvoir couvrant est évidemment l'une des raisons de l'utilisation de mousse par les pompiers.

Ainsi, des bateaux spéciaux peuvent intervenir sur une plate-forme pétrolière en flammes et la recouvrir en peu de temps de mousse formée d'eau de mer. La mousse flotte en surface, et bloque suffisamment l'arrivée d'oxygène pour éteindre le feu. Comme elle fait moins de dégâts que de l'eau, on l'utilise aussi pour des incendies de lieux à préserver, comme des salles d'archives ; dans le cas où des personnes sont bloquées en milieu confiné, elle peut se révéler vitale, en particulier par l'air qu'elle contient.

Le plaisir intellectuel que j'éprouve en étudiant ces objets vient de la variété de ces facettes différentes : du métallurgiste au mathématicien, du cuisinier au pétrolier, du physico-chimiste au cinéaste, la mousse en a pour tous les goûts. J'espère, par ce tour d'horizon, vous l'avoir fait partager, sans déflorer le minuscule plaisir de votre prochaine gorgée de bière.

Contact

François Graner graner@ulf-grenoble.fr

Il étudie la matière molle au laboratoire de Spectrométrie Physique, sur le campus. Il a publié des "Petits problèmes de physique" chez Springer en 1998, et prépare pour début 2002 des "Petits problèmes de physique de la vie quotidienne".

Pour en savoir plus

1. F. Graner, *La mousse*, La Recherche, 345, 46-49, septembre 2001.
2. M. Vignes-Adler, F. Graner, *Vie et mort des mousses liquides*, Pour la Science, à paraître (2002).

Directeur de la publication

Thierry Dombre

Comité de rédaction

Olivier Brunet, Emmanuel Décavé,

Wilfried Desrat, Manoel Manghi,

Richard Pereyrol

Directeur du CIES

Gérard Cognet

Directeur CIES de projet

Claude Gaubert

Chargé culture scientifique UJF

Isabelle Joncour

Service Communication UJF

Monique Decock

Numéro ISSN

En cours

Contact

decave@drfmc.ceng.cea.fr

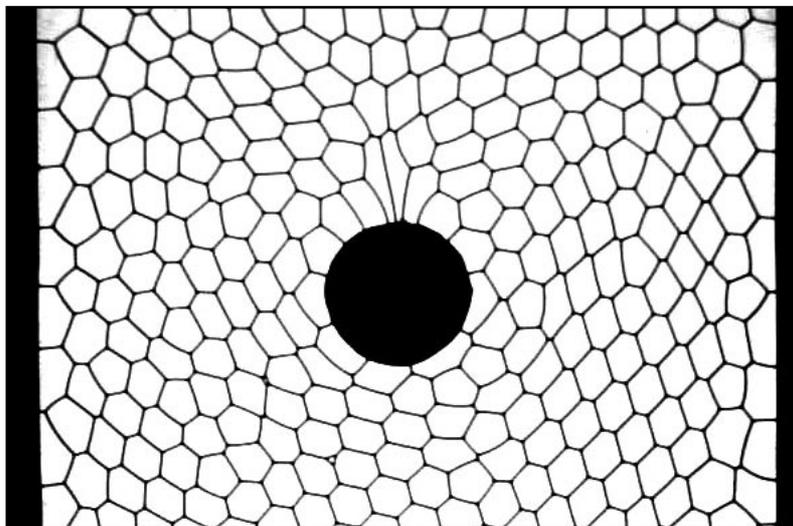
Impression

Imprimerie des Ecureuils

Nombre d'exemplaires

2000 ex

Publication mensuelle réalisée par un atelier de moniteurs de 3ème année du CIES.



Une mousse s'écoule autour d'un obstacle. Photo M. Asipauskas (Notre-Dame, USA).