

Bureau de dépôt : 4031 Angleur
N°ISSN 0773-3429
P.P. 9 / 1773
N° d'agrément : P001593

Sommaire

- | | |
|---|----|
| - Notre prochaine grande conférence , le 6 avril à 14h30 | 29 |
| - Les grands yeux de la science
(synchrotrons et sources de neutrons) (Jean-Pierre GASPARD) | 30 |
| - Une aurore polaire sur la Belgique : un rendez-vous manqué ! (Audrey LANOTTE) | 42 |
| - Réponse à la question posée dans le bulletin précédent | 46 |
| - « L'univers raconté à mes petits-enfants » (Hubert REEVES) | 47 |
| - Pour vivre mieux, dormez mieux ! (Sébastien DESURMONT) | 53 |
| - Les coulisses des Experts... De la fiction à la réalité ! (Emmanuelle DINON) | 58 |



Les grands yeux de la science pour l'étude de la matière
à Grenoble (pp. 30 à 41)



Publié grâce à l'appui

- du Service des affaires culturelles de la Province de Liège,
- du Service général Jeunesse et Éducation permanente
Direction générale de la Culture de la Communauté Française

Les grands yeux de la science (rayons X et neutrons) pour l'étude de la matière

par Jean-Pierre Gaspard
Professeur honoraire ULg

Mercredi 6 avril 2011 à 14h30



Infrastructures européennes de Grenoble

Sart Tilman Bâtiment B7b salle A4

Petits Amphithéâtres, Galerie des Arts
parking P14 ou P15, puis suivre les flèches

ENTRÉE GRATUITE
Renseignements : 04/366.35.85

Les grands yeux de la science

(synchrotrons et sources de neutrons)

par Jean-Pierre GASPARD

JP.Gaspard@ulg.ac.be

Professeur honoraire à l'Université de Liège.

Il est loin le temps où les savants, en général aisés, travaillaient dans leurs cabinets avec des ustensiles artisanaux astucieux. *Le temps du comte de CHAMPIGNAC* est révolu, constatons-nous avec nostalgie.

Les sciences expérimentales ont vu, à la fin du 19^e siècle, un développement des appareils et des techniques, par exemple dans le domaine des très basses températures (K. ONNES aux Pays-Bas), qui s'est amplifié exponentiellement au XX^e siècle.

La recherche est devenue une profession, toujours passionnante, qui exige un professionnalisme de haut niveau de la part des chercheurs (on ne dit plus « *des savants* ») et des moyens de plus en plus considérables.

Actuellement, pour des recherches de pointe, le budget de certains grands instruments demande la collaboration de plusieurs pays. De grandes infrastructures de recherche se sont développées dans beaucoup de domaines : physique des particules, astrophysique, recherches océanographiques et recherches dans le domaine de la structure de la matière au niveau atomique dont il est question dans cet article.

Les rayons X ont suivi cette évolution quantitative depuis leur découverte par RÖNTGEN dans son petit laboratoire à la fin du XIX^e siècle, jusqu'aux énormes synchrotrons développés un siècle plus tard.

1. Questions fondamentales

Les deux questions les plus fondamentales en science de la matière au niveau atomique (matériaux, molécules, biologie structurale, géologie...) sont :

- **où sont les atomes ?**
- **que font-ils ?**

La recherche scientifique est pilotée par la soif de connaître et de comprendre la structure de la matière à la fois pour des raisons fondamentales et pour améliorer les propriétés des matériaux.

Cela fait partie de la quête permanente de l'homme en vue de la compréhension du monde dans lequel il vit, de la matière inerte comme des mécanismes de la vie.

- *De quoi est composée notre planète ?*

- *Que sait-on des processus du vivant ?*

- *Comment expliquer les propriétés des matériaux ?*

- *Comment lutter efficacement contre la pollution ?*

- *Comment fabriquer des matériaux performants et renouvelables ?*

La réponse à la première question relève de l'analyse de la structure des matériaux. Pour mesurer les distances entre les atomes, qui sont de l'ordre de l'angström (Å)¹, il faut utiliser un rayonnement dont la longueur d'onde est aussi de l'ordre de l'Å.

Dans la pratique, on utilise une onde électromagnétique, plus spécifiquement des rayons X découverts par W. RÖNTGEN en 1895. La nature de ces rayons mystérieux au départ - d'où leur nom - a été élucidée par M. von LAUE en 1912. Il a montré que les rayons X étaient des rayonnements électromagnétiques comme la lumière visible et les rayons infrarouges mais avec une longueur d'onde de l'ordre de l'angström.

¹ un angström = 10⁻¹⁰ m

En 1913, les BRAGG, père et (surtout) fils réalisent que c'est là la clef de l'analyse structurale de tous les matériaux, y compris les matériaux compliqués du vivant (protéines, acides nucléiques...). Cette grande aventure scientifique se poursuit et s'accélère de nos jours sous le nom de **radiocristallographie**.

Les rayons X ne sont pas les seuls outils de l'analyse structurale, même s'ils sont les plus importants ; ils sont complétés par les neutrons et les électrons pour étudier les surfaces et les couches minces.

2. La source européenne de rayons X, ESRF : un supermicroscope

La première question est résolue, dans beaucoup de cas, par l'analyse structurale menée dans les laboratoires qui possèdent un diffractomètre à rayons X et des techniques annexes (NMR...).



ESRF
European Synchrotron
Radiation Facility
(rayons X)

ILL
Institut Laue-Langevin
(neutrons)

Figure 1. Grenoble, aux confins de la Chartreuse (à gauche), du Vercors (de dos) et de Belledonne enneigée, héberge les deux sources européennes les plus intenses de rayons X (ESRF, depuis 1984) et de neutrons (ILL, depuis 1971)

Cependant, dans des cas plus complexes ou pour des analyses plus fines, il est nécessaire de recourir à des techniques plus évoluées et d'utiliser des instruments plus performants. C'est là qu'interviennent les sources intenses de rayons X appelés **synchrotrons** (Fig. 1).

Selon la théorie de l'électromagnétisme de MAXWELL, des charges accélérées émettent une radiation électromagnétique. Lorsque des charges parcourent une orbite circulaire, elles sont soumises à une accélération centripète et donc émettent des ondes.

Avec des anneaux de stockage d'électrons de longueur kilométrique et des énergies de plusieurs GeV (milliards d'électrons-volts) (Fig. 2), on obtient des rayonnements de longueurs d'onde inférieures à l'Å, appelés rayons X durs. On est alors dans le domaine relativiste : les électrons se déplacent à (presque) la vitesse de la lumière dans le vide.

Un synchrotron² performant nécessite des investissements considérables qui ne peuvent se faire qu'au niveau d'un pays ou d'un groupe de pays. La Belgique ne possède pas de synchrotron national mais participe à l'effort européen dans le cadre de l'ESRF (European Synchrotron Radiation Facility)³ à Grenoble qu'elle finance à hauteur de 3%⁴. L'ESRF est la source européenne de rayons X à haute énergie.

Elle est composée (Fig. 2) d'un double accélérateur de particules, linéaire et circulaire, qui injecte des électrons dans un anneau de stockage qui, lui-même, produit du

² Ce qui est un abus de langage: le synchrotron est un accélérateur circulaire, il conviendrait de dire « anneau de stockage » mais nous nous alignerons sur la dénomination courante.

³ <http://www.esrf.eu/AboutUs/CompanyInfo/KeyDates/History>

⁴ Plus exactement dans le consortium belgo-hollandais BENESYNC au niveau de 6%. En outre la Flandre (25%) et la Hollande (75%) gèrent une ligne multifonction nommée Dubble à l'ESRF. La Belgique a joué un rôle certain dans les comités qui ont créé et gèrent le synchrotron européen : présidence de la première commission par le Dr. P. LEVAUX, secrétaire général du FNRS, présidences des comités d'attribution des temps de faisceau par des belges, présidence et vice-présidence actuelles du conseil de direction de l'ESRF (Drs. J. MOULIN et M. VANDERREST).

rayonnement électromagnétique (photons) dans tout le spectre et jusqu'aux rayons X durs.

L'ESRF permet d'étudier une gamme remarquablement large de matériaux, depuis les biomolécules jusqu'aux nanoaimants, en passant par les cosmétiques et les mousses métalliques. Biologistes, médecins, météorologues, géophysiciens ou archéologues et paléontologues sont utilisateurs de l'ESRF. Des physiciens y côtoient des chimistes et des spécialistes des matériaux. L'actuel projet d'extension vise à mettre l'accent sur les nanosciences et les nanotechnologies, la biologie et la matière molle ainsi que sur l'amélioration des performances de l'anneau pour lui assurer de rester à la pointe de la technologie car la concurrence mondiale est rude.

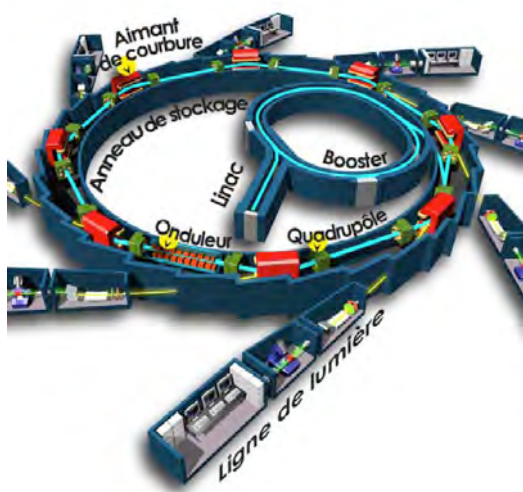


Figure 2. Le « synchrotron » est composé d'un accélérateur linéaire (linac), d'un accélérateur circulaire (booster synchrotron) qui amène les électrons à une énergie de quelques GeV puis les transfère sur l'anneau de stockage qui est un polygone dont les sommets sont définis par les aimants de courbure, là où la trajectoire des électrons change de direction et produit le fameux « rayonnement synchrotron ». De plus, dans les parties rectilignes, on insère des ondulateurs, batteries d'aimants en tête-bêche, qui font

onduler le faisceau d'électrons et produisent un rayonnement de très haute intensité (brillance). Les différentes lignes de lumière sont disposées tangentiellement à l'anneau et sont autant de laboratoires. Elles sont composées de trois cabines : la cabine optique en amont qui met le rayonnement en forme et sélectionne une longueur d'onde (couleur) bien définie, ensuite la cabine d'expérience où est installé l'échantillon, avec son environnement propre (hautes ou basses pressions, hautes ou basses températures, champ magnétique...) et le détecteur et enfin les expérimentateurs travaillent dans la troisième cabine, protégés du rayonnement.

Brilliance of the X-ray beams

(photons / s / mm² / mrad² / 0.1% BW)

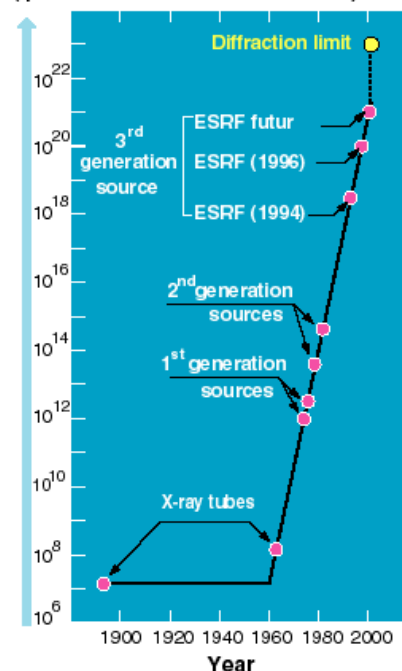


Figure 3. Brillance des sources de rayons X au cours du temps, depuis la découverte par RÖNTGEN en 1895. On constate la fantastique croissance de la brillance depuis l'avènement des synchrotrons.

Cela dépasse la loi de MOORE pour les processeurs d'ordinateurs : treize ordres de grandeur en 50 ans ou encore un doublement de la brillance chaque année !

Le budget annuel est de 100 M€ et est financé par 19 pays et quelques organismes⁵.

3. Des applications à l'infini

Avec 40 lignes de lumière dédiées à des fins spécifiques, les applications du rayonnement synchrotron sont multiples.

Pour l'illustrer, épinglons-en trois.

⁵ L'ESRF n'est pas le CERN.

Le CERN tente de découvrir les composants ultimes du noyau, cent mille fois plus petit que l'atome.

Le LHC, collisionneur de hadrons du CERN, fait 27 km de long et les énergies mises en jeu sont de l'ordre du TeV (milliers de GeV).

Le coût est aussi plus élevé (budget annuel : 700 M€ auxquels une vingtaine de pays européens contribuent).

3.1 Biologie structurale et pharmacologie : lien entre forme et fonction

Les protéines sont de grosses molécules pouvant contenir des centaines de milliers d'atomes. La structure tridimensionnelle des protéines est importante à connaître car elle conditionne la fonction de la protéine, en particulier sur les sites où les réactions biologiques ont lieu (Fig. 4a).

La radiocristallographie des protéines (Fig.4b) est un domaine en plein développement qui intéresse la biologie, la médecine et l'industrie pharmaceutique. Vu la complexité du problème, différentes techniques, croisées, doivent être mises en œuvre : sept lignes de lumière sont dévolues à la biologie structurale.

La conception de nouveaux médicaments requiert de nombreux essais de molécules de synthèse et cela a conduit à une automatisation poussée et à l'avènement de la cristallographie à haut débit dans laquelle de nombreux cristaux sont passés au crible. Ceci est permis grâce à la brillance extrême des synchrotrons.

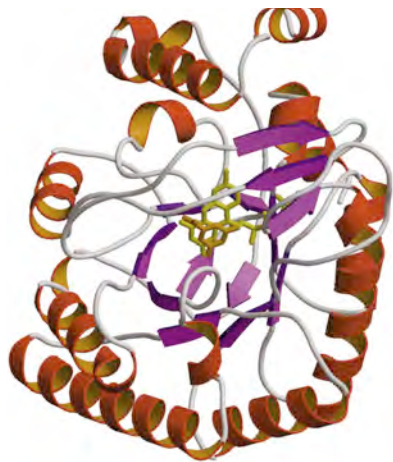


Figure 4a. Structure tridimensionnelle d'une protéine.

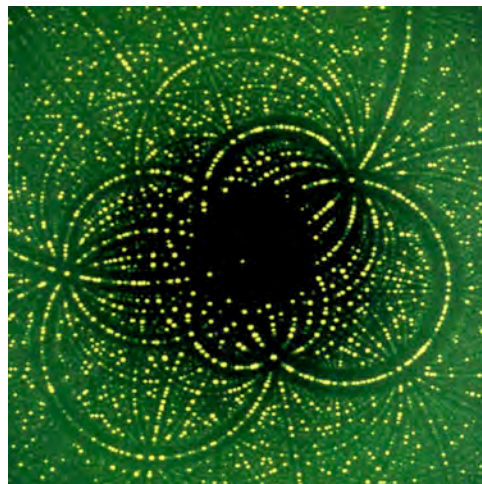


Figure 4b. Diagramme de diffraction

3.2 Conditions extrêmes : hautes pressions et hautes températures

Les géologues et géophysiciens ne peuvent accéder à leur domaine d'études, surtout ceux qui étudient le centre de la Terre. Ils réalisent en partie leur rêve en produisant en laboratoire des conditions proches de celles du noyau terrestre. En effet, puisque la pression est le rapport de la force à la surface, en diminuant la surface on peut obtenir des pressions gigantesques.

Le diamant a le double avantage d'être le matériau le plus dur connu et d'être transparent. Avec une cellule à enclume diamant, schématisée sur la figure 5, on peut produire des pressions de l'ordre du mégabar (= 10^6 atmosphères) et de plus chauffer l'échantillon à l'aide d'un laser.

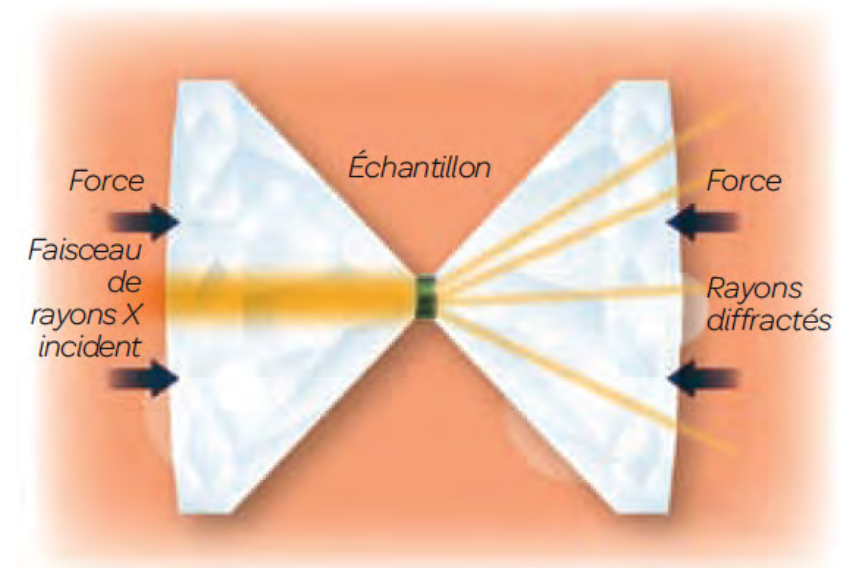


Figure 5. Cellule à enclumes diamant qui permet de créer des pressions de plusieurs millions d'atmosphères.

L'échantillon est placé entre deux diamants et confiné dans un joint métallique (non représenté ici); on peut aussi chauffer l'échantillon avec un faisceau laser de manière à reproduire des conditions s'approchant de celles du centre de la Terre.

La petitesse du faisceau synchrotrons (de l'ordre de 10 microns de diamètre, voire moins), corollaire de sa brillance, permet de travailler avec de petites surfaces et donc de hautes pressions.

3.3 Imagerie en rayons X

Au-delà des études au niveau atomique, il est également possible de faire de l'imagerie, en lumière cohérente et contraste de phase, et d'obtenir une image tridimensionnelle de l'objet opaque étudié. Cette technique est importante dans de nombreux domaines : en paléontologie pour étudier d'une manière non destructive les insectes fossiles de 100 millions d'années enclavés dans des morceaux d'ambre opaque, pour étudier la structure de la neige et comprendre les mécanismes des avalanches (Fig. 6), en métallurgie... Elle est utile aussi dans le diagnostic médical pour effectuer des angiographies à haute résolution.

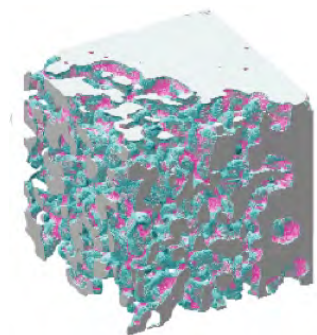


Figure 6. Reconstruction tridimensionnelle d'un volume de neige issu d'une avalanche de plaque.

4. La dualité onde-corpuscule en œuvre : les neutrons

4.1 Production des neutrons

La physique quantique depuis L. de BROGLIE (1924) nous apprend que les particules ont aussi un caractère ondulatoire et peuvent, comme les ondes, être diffractées.

On utilise cette propriété des neutrons pour sonder la matière au niveau atomique ; comme les neutrons n'ont pas de charge électrique, ils pénètrent aisément dans la matière.

Les neutrons sont produits par des réactions nucléaires, dans des réacteurs (Fig. 7) ou des sources à spallation.

Un certain nombre de pays européens ont financé la construction d'un réacteur européen à haut flux, l'Institut LAUE LANGEVIN de Grenoble⁶ et la Belgique y participe.



Figure 7. La piscine du réacteur à haut flux de neutrons ILL. 8 kg d' U^{235} constituent le combustible. Le bleu intense est dû à l'effet CÉRENKOV, provenant des électrons qui voyagent plus vite que la lumière dans l'eau.

Leur longueur d'onde associée est de l'ordre de 2 Å et peut être modifiée en changeant la température des neutrons. Ainsi, en refroidissant les neutrons dans un ballon d'hydrogène liquide à 20 K, ils ont une longueur d'onde de 7-8 Å, ce qui permet de sonder plus aisément les longues chaînes des polymères. Les neutrons sont guidés par des sortes de fibres optiques qui travaillent en réflexion totale jusqu'aux sites des expériences ; ce sont les guides de neutrons (Fig. 8).



Figure 8. Vue du hall des guides de neutrons de l'ILL.

⁶ <http://www.ill.eu>

4.2 Applications des neutrons

Au-delà de l'analyse des structures, les neutrons ont d'autres atouts : comme leur énergie est faible, comparable à celle des vibrations thermiques, on peut mesurer avec les neutrons les vibrations collectives des atomes dans la matière, appelées **phonons**. Ceci répond à la deuxième question.

La mesure des vibrations des atomes dans les matériaux permet d'en déduire les forces de ressorts entre les atomes et de comprendre leurs propriétés thermiques. On peut aussi mesurer les vibrations des membranes artificielles, modèles des membranes biologiques (Fig. 9).

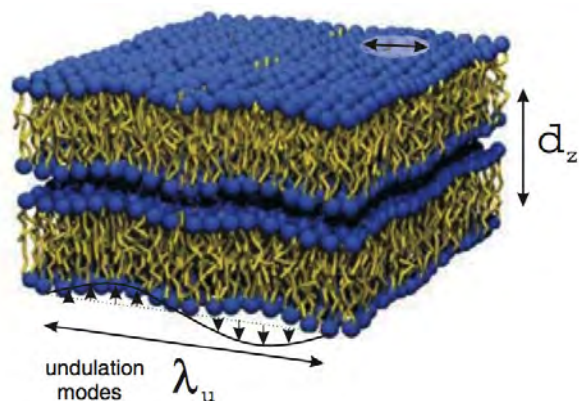
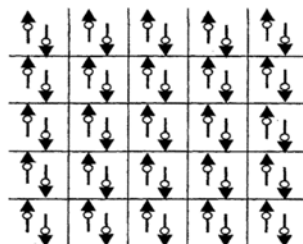


Figure 9. Les neutrons permettent d'étudier les mouvements des membranes, leurs ondulations à grande longueur d'onde et leurs modes de flexion.

Enfin, les neutrons possèdent un moment magnétique (spin) - ce sont donc de petites boussoles - qui permet de sonder le **magnétisme** de la matière, en particulier l'antiferromagnétisme (Fig. 10) dans lequel les petits aimants atomiques sont en tête-bêche et ne donnent pas lieu à une aimantation mesurable.

Figure 10.
Schéma d'une structure antiferromagnétique. Le matériau n'est pas aimanté puisque les petits aimants se compensent mais sa structure peut être déterminée par diffraction de neutrons.



Or le magnétisme est capital à plusieurs points de vue : pour la force motrice et pour l'enregistrement des données (p. ex. sur votre disque dur). Ce sont les travaux de Louis NÉEL, professeur à l'Université de Grenoble, prix NOBEL de physique 1970 pour sa découverte de différents types de magnétisme, qui ont amené l'ILL à Grenoble en 1971 et, dans son sillage, l'ESRF et les laboratoires de microélectronique et de biologie structurale (EMBO).

Les neutrons permettent d'étudier les composés organiques hydrogénés plus aisément que les rayons X et donc ils ont apporté une contribution importante à l'étude des polymères.

5. Le rôle de l'Europe dans les infrastructures de recherche

Une certaine coordination européenne est nécessaire pour gérer harmonieusement l'ensemble de ces grands instruments dénommés « Infrastructures ».

Un organisme supranational évalue les grands équilibres de la recherche européenne, c'est ESFRI (European Strategy Forum on Research Infrastructures). Ses recommandations sont accessibles sur le web⁷. Il a rédigé et remis à jour un plan d'action (roadmap) de développement des infrastructures de recherche en Europe en définissant des priorités.

Encore faut-il que les gouvernements délient leurs bourses. De plus, les sept infrastructures majeures européennes⁸ se sont groupées dans une structure EIROFORUM (European Intergovernmental Research Organisations Forum) qui les fédère et a aussi des objectifs éducatifs.

L'auteur remercie M^{me} B. MONFORT et M. C. HOUSIER pour leurs critiques constructives



⁷ http://ec.europa.eu/research/infrastructures/index_en.cfm?pg=esfri-roadmap

⁸ EMBL, ESA, ESO, CERN, ESRF, JET et ILL <http://www.eiroforum.org/>.

Une aurore polaire sur la Belgique : un rendez-vous annulé !

par Audrey LANOTTE,

Attachée à la Direction de Science et Culture

Suite à l'annonce de la plus forte éruption solaire (Fig. 1) depuis 2006 ce 15 février 2011 par le centre de prévision du Solar-Terrestrial Center of Excellence, du Pole Espace, beaucoup se réjouissaient : enfin une aurore boréale en Belgique ! Cependant, ce spectacle n'a pu avoir lieu. Il fut tout d'abord retardé... puis annulé !

En effet, le nuage de plasma dont la vitesse initiale était estimée à 1000 km/s (comparée à une moyenne générale de 200-400 km/s) devait atteindre la Terre le 17 février dans la matinée. Il fut probablement ralenti par d'autres nuages de plasma se déplaçant aussi vers la Terre, mais à une plus faible vitesse. Ce frein semble avoir engendré une perte d'énergie du nuage de plasma, enlevant tout espoir de pouvoir observer une aurore en Belgique. Il a finalement heurté notre bouclier magnétique aux alentours de 2h du matin ce 18 février, de manière banale.

Cette actualité nous amène à nous interroger sur la nature d'une aurore polaire. J' y réponds ci-après, à partir de questions.

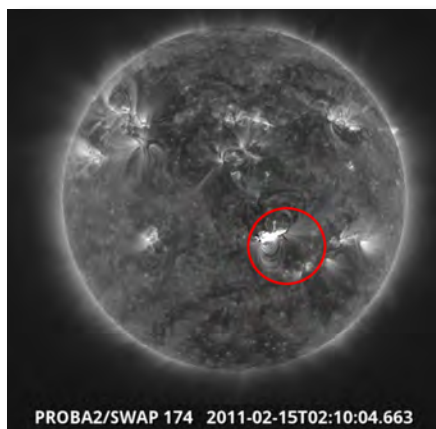


Fig. 1. Enregistrement de l'éruption solaire par l'instrument SWAP à bord du microsatellite européen PROBA2 entièrement conçu en Belgique.

Qu'est-ce qu'une aurore polaire ?

Il s'agit d'un phénomène lumineux naturel ressemblant à des voiles colorés dans le ciel nocturne. Les aurores sont présentes autour des pôles boréal et austral de la Terre. Elles sont provoquées par la collision d'électrons et d'ions provenant du Soleil, avec les composés neutres des couches supérieures de l'atmosphère (l'ionosphère) à des altitudes supérieures à 100 km.

Pourquoi n'en observons-nous pas partout sur Terre ?

A cause du bouclier magnétique de la Terre, même si nous avons plutôt tendance à répondre « grâce », vu que sans lui, nous ne serions pas là !

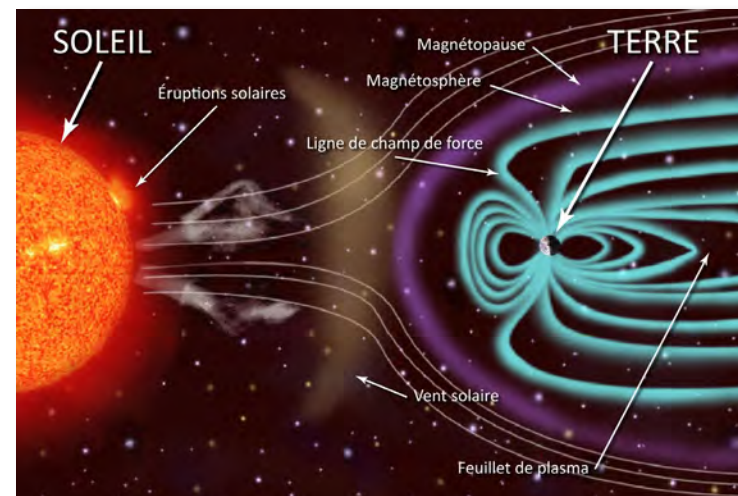


Fig. 2. Représentation d'artiste montrant l'éjection de vent solaire vers la Terre. La magnétosphère est déformée par le vent solaire et prend une forme asymétrique modulable au cours du temps, selon l'intensité du vent. Le plasma entre dans la magnétosphère dans le feuillet de plasma avant de se déverser autour des pôles.

En effet, on peut considérer la Terre comme étant un gros aimant. Son champ magnétique interagit avec les particules chargées du plasma et les dévie. Cependant, le bouclier magnétique de la Terre n'est pas parfait. Des particules du vent solaire peuvent pénétrer dans la magnétosphère.

Elles sont stockées dans la région équatoriale de la queue de la magnétosphère, appelée feuillet de plasma. Elles sont piégées le long des lignes de champ magnétique avant d'être déversées vers les régions polaires suite à des processus d'accélération liés à la forme de la magnétosphère (Fig. 2).

Elles n'arrivent donc pas directement sur Terre, elles sont d'abord stockées au-delà de la Terre (par rapport au Soleil) suite à l'interaction avec notre champ magnétique, et puis seulement arrivent dans notre atmosphère. Le chemin emprunté par les particules ionisées dépend de leur interaction avec le champ magnétique terrestre. Vue de l'espace, la zone de l'aurore décrit une sorte d'anneau de 4000 km de diamètre autour des pôles, appelé ovale polaire (Fig. 3).

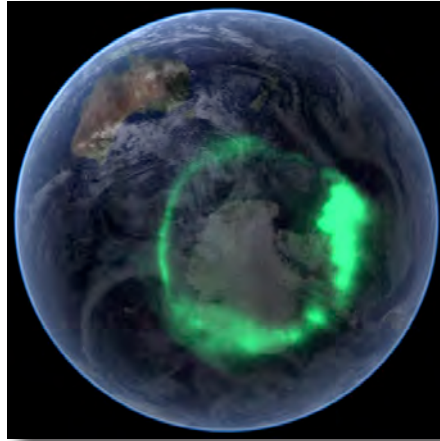


Fig. 3. Ovale polaire projeté sur la Terre.

De quelles couleurs sont les aurores ?

La couleur dominante est le vert et provient de l'émission lumineuse de l'atome d'oxygène. Cette émission est générée par un processus de cathodoluminescence : lorsque les molécules (ou atomes) de l'atmosphère entrent en collision avec le plasma accéléré, elles sont dans un état excité ; ces dernières se dés excitent en émettant de la lumière à différentes longueurs d'onde. L'émission de photons se fait dans n'importe quelle gamme du spectre électromagnétique (infrarouge, visible et ultraviolet). Notons qu'à plus basse altitude, la molécule d'azote N_2 est plus abondante que l'oxygène. Sa dés excitation produit une émission visible de couleur rouge qui peut être observée à la base des aurores. D'autres couleurs sont aussi présentes telles que le bleu et le violet qui sont respectivement produites par l'hydrogène et l'azote.

Les aurores sont-elles saisonnières ?

La fréquence des aurores dépend de l'intensité du vent solaire qui varie selon l'activité magnétique du Soleil. Son pic d'activité se produit environ tous les 11 ans lorsqu'il y a un maximum de taches solaires. Néanmoins, les aurores sont observables tout au long de l'année.

Pourquoi avait-on une chance d'en voir ?

Parce qu'une éruption solaire importante s'était produite notamment dans la direction de la Terre. Le plasma avait donc plus d'énergie que d'habitude. L'ovale polaire aurait donc dû s'élargir et s'étendre vers nos latitudes.

Quelles sont les répercussions ?

Le plasma énergétique du vent solaire génère des orages géomagnétiques pouvant perturber les communications terrestres ou par satellite et donc les systèmes de navigation comme le GPS. Les courants électriques induits peuvent endommager les transformateurs électriques...

Bibliographie

- Site de l'Observatoire Royal de Belgique (ORB): <http://www.observatoire.be/FR/hotnews/index.php>
- Site du Solar Influences Data analysis Center du dpt de Physique solaire de l'ORB : http://sidc.be/news/133/welcome_fr.html
- La Magie des Couleurs, partim Physique. Livret-guide de l'expo Science et Culture 2008.

Glossaire

Plasma : fluide conducteur composé de molécules gazeuses électriquement neutres, d'ions et d'électrons.

Taches solaires : zones plus sombres à la surface du Soleil, en raison d'une température plus froide régnant en cette région. Elles manifestent en leur milieu un champ magnétique 500 fois plus intenses que le reste du Soleil.

Ovale polaire : région en forme d'anneau sur laquelle s'étendent les aurores polaires. Approximativement centrée sur les pôles, l'ovale fluctue au cours du temps.

Réponse à la question posée dans le bulletin de Janvier - Février 2011

Rappel de la question :

Une encyclopédie française en dix volumes est rangée dans l'ordre sur une planche de bibliothèque.

Chaque volume est épais de 4,5 cm pour les feuilles et de 0,5 cm pour la couverture (2 x 0,25 cm).

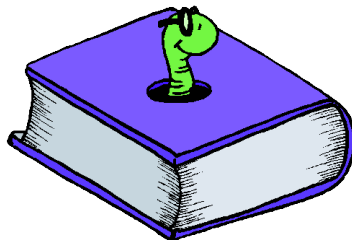
Un ver, né en page 1 du volume 1, se nourrit en traversant perpendiculairement et en ligne droite la collection complète et meurt à la dernière page du dixième volume.

Quelle distance aura-t-il parcouru pendant son existence ?

A première vue, dix épaisseurs de feuilles de 4,5 cm plus dix-huit épaisseurs de couverture, c'est-à-dire 4,5 cm donnent un voyage total de 49,5 cm. Eh bien non...

La première page du volume 1 et la dernière page du volume 10 ne sont pas aux extrémités de la collection. Le trajet total est donc de 40,5 cm.

Solution :



Vient de paraître : « L'univers raconté à mes petits-enfants »

Hubert REEVES, astrophysicien de renommée internationale, ancien conseiller de la NASA, directeur de recherches au CNRS vient de publier un petit livre intitulé : « L'univers raconté à mes petits-enfants »



Nous reprenons ici des extraits de l'émission « Parenthèse » (France Inter, 8 janvier 2011) au cours de laquelle il explique ce qui l'a motivé à écrire ce livre.

J'aimerais laisser quelque chose à mes petits-enfants et à tout le monde de ce que j'ai pu sentir dans l'évolution de l'astronomie tout au long de ma vie.

Je sens une très grande demande du public pour ces connaissances astronomiques présentées d'une façon simple et c'est ce qui m'a inspiré pour écrire ce petit livre.

F.I. : À quoi ça sert de regarder le ciel? Certains disent « ça ne sert à rien »... Certains disent « c'est pour les rêveurs »...

Alors ça dépend si l'on valorise la connaissance ou non. Je crois que c'est un choix. Si quelqu'un vous dit « moi, la connaissance ça ne m'intéresse pas », c'est comme ça. Moi j'écris pour les gens que ça intéresse de connaître d'où nous venons, quels sont nos rapports avec le ciel, les étoiles, les galaxies, le big bang... et aussi pour ceux qui ne le savent pas encore mais qui vont découvrir que ça les intéresse !

F.I. : Vous aimez à dire que les astronomes sont comme les préhistoriens de l'épopée humaine, pourquoi ?

Un peu comme les préhistoriens essayent de savoir comment vivaient nos ancêtres, il y a mille ans, un million d'années, dix millions d'années, les astrophysiciens font la même chose mais à l'échelle du ciel. Ils cherchent à savoir comment était l'univers il y a un milliard d'années, il y a cinq milliards

d'années et comment se sont passés les événements qui ont fait que l'univers est aujourd'hui ce qu'il est et que nous sommes ici.

J'essaye toujours de relier à la présence de la personne : qu'est-ce qui s'est passé dans le passé, quelle est l'infrastructure de la conscience et de l'intelligence, qu'est-ce que la science contemporaine nous apprend là-dessus ?

F.I. : Quelle est la notion la plus difficile à faire comprendre quand on parle à l'échelle de 14 milliards d'années, puisque c'est l'âge de l'univers ?

*La dimension que j'essaye de développer, c'est **la dimension de doute et de crédibilité.***

*Quand j'étais enfant, on avait le petit catéchisme et on répétait mot à mot ce qu'il fallait dire. Heureusement aujourd'hui cet état est changé, les jeunes veulent avoir des preuves, veulent être critiques et c'est ce **sens du doute** que j'essaye de développer : « n'acceptez pas quelque chose parce que quelqu'un vous l'a dit, demandez les raisons pour lesquelles vous, avec votre intelligence, vous devriez le croire ».*

F.I. : Mais alors par exemple, comment se représenter le fait que nous ignorions de quoi est fait 95% de l'univers, je parle là de l'énergie sombre et de la matière noire, c'est très abstrait ça, comment apporter la preuve de cela ?

D'abord il faut apporter la preuve qu'effectivement cet énoncé est valable, c'est-à-dire que nous savons, que nous avons des preuves très crédibles que ces matières, dont nous ne connaissons pas la nature, existent.

F.I. : C'est un des principaux problèmes de la science aujourd'hui : de quoi est fait 95% de la matière de l'univers ?

Nous savons de quoi elle n'est pas faite : elle n'est pas faite comme nous d'atomes, de protons, de neutrons et d'électrons, mais alors de quoi ? Cela fait partie de ce qui est excitant en cosmologie : découvrir un jour que là où on

pensait avoir des connaissances assez bonnes, on se trouve devant cet énorme vide. On ne sait de quoi est fait que 5% de ce qui est là, le restant, un peu partout les gens y travaillent et dans le monde, au CERN par exemple, le grand accélérateur travaille sur ce problème, les télescopes en orbites, les télescopes au sol... c'est une des questions les plus importantes pour l'astrophysique aujourd'hui : de quoi est fait en grande majorité notre univers ? Nous savons que c'est là, mais nous ne savons pas de quoi c'est fait.

F.I. : Alors il y a une autre grande question, Hubert REEVES, c'est celle des extraterrestres. Imaginer qu'il y ait une vie extraterrestre n'est pas un fantasme pour vous, vous en avez l'intuition dites-vous, mais comment ?

Une intuition vous savez c'est justement se donner le droit de ne pas avoir à dire, parce que si je savais, ce ne serait plus une intuition. C'est un sentiment, à force d'étudier tout cet univers, ses différentes composantes, il n'y a aucune preuve.

F.I. : Mais c'est votre théorie des fenêtres, la petite fenêtre, la moyenne, la grande ? C'est ça ?

L'idée est que dans l'univers, les atomes, les molécules sont les mêmes partout et ça c'est ce que j'appelle la petite fenêtre, ce qui est petit, qu'on reçoit par la lumière.

À grande échelle nous observons les étoiles, les galaxies... ça se ressemble ; la nature a des façons analogues de se construire à très petite dimension et à très grande dimension.

Dans le milieu il y a la moyenne fenêtre qui est celle dans laquelle nous sommes, c'est-à-dire des êtres qui sont visibles à l'œil nu, qui ont dix centimètres ou qui sont gros comme des baleines et l'intuition est que si la nature utilise les mêmes modes de construction à très petite échelle et à très grande échelle vraisemblablement, et c'est là que je dis que je n'en suis pas sûr, c'est donc un feeling que ça doit être comme ça.

F.I. : Mais comment votre esprit scientifique cohabite-t-il avec la proximité forcément métaphysique de la matière que vous travaillez ? Question un peu intime mais... Et Dieu dans tout ça ? Comment ça cohabite ?

Il y a deux choses importantes : l'esprit analytique et l'émerveillement. Le besoin que j'ai et que j'éprouve d'être fasciné, d'être émerveillé par ce corps humain que nous avons et que nous prenons pour acquis... c'est une chose fabuleuse et ça, ça reste quelque chose, je pense, qui est essentiel. Si on est purement dans la rationalité, on s'assèche, si on est purement dans l'émerveillement, on devient fou.

Je crois que c'est très important d'avoir un pied dans l'émerveillement et un pied dans le besoin d'une compréhension rationnelle avec les techniques scientifiques que nous avons aujourd'hui. C'est cet équilibre je pense qu'il est important de développer, c'est un des buts de ce livre aussi de garder toujours ce regard d'enfant mais cette rigueur fondamentale de la science contemporaine.



« Je dédie ce livre à mes petits-enfants. En commençant à l'écrire, j'ai pris conscience de la valeur symbolique que je pouvais lui donner : celle d'un testament spirituel. Que voudrais-je leur raconter sur ce grand Univers qu'ils continueront à habiter après moi ? J'ai alors songé à ces conversations avec l'une de mes petites-filles, où nous observons, étendus confortablement sur des chaises longues, le ciel étoilé. Je me suis senti revivre ces soirées de mois d'août avec mes enfants qui me bombardaient de questions pendant que nous attendions les étoiles filantes.

La contemplation de la voûte céleste et le sentiment de notre présence parmi les astres provoquent un désir partagé d'en savoir plus sur ce mystérieux cosmos que nous habitons. Il sera ici question de science, ce qui n'exclut pas la poésie. »

L'extrait ci-dessous illustre bien le ton qu'à choisi Hubert REEVES pour écrire ce livre qui ne manquera pas d'intéresser jeunes... et moins jeunes !

Qu'est-ce qu'un trou noir ?

- J'entends beaucoup parler des trous noirs. Existents-ils vraiment ? Y en a-t-il dans le ciel au-dessus de nos têtes ? Et, d'ailleurs, s'ils sont vraiment noirs, on ne devrait pas les voir !

H.R. : La réponse est oui, il y a des milliards de trous noirs. Des grands comme le Système solaire, des petits de la taille du Mont-Blanc et peut-être des plus petits encore. En fait, le mot « trou » n'est pas bien choisi. Ce ne sont pas des trous mais des astres assez étranges. Pour t'en parler, je vais d'abord te proposer une fiction. Imagine que cette nuit un génie gigantesque s'approche de notre Soleil et entreprenne de le compresser entre ses immenses mains. Imagine que notre étoile, qui mesure près d'un million de kilomètres de diamètre, se trouve réduite à seulement trois kilomètres.

- Que se passerait-il ?

H.R. : Demain, pas de lever de Soleil, il serait invisible !

- Pourquoi ?

H.R. : Parce qu'il serait devenu si dense, si compact que sa lumière ne pourrait plus s'en échapper. Elle retomberait sur lui comme l'eau des fontaines.

- Qu'est-ce qui l'empêcherait de s'en aller ?

H.R. : L'attraction de la matière tellement comprimée ! Exactement comme l'attraction de la Terre empêche les cailloux que tu lances de quitter notre planète. Un trou noir, c'est un astre si compact que rien ne peut s'en échapper. Même la lumière y revient ! Tout ce qui tombe sur lui n'en ressort jamais. C'est une sorte d'aspirateur géant.

- Mais demain matin, comment pourrais-je savoir si le Soleil est encore là, puisque je ne pourrais pas le voir ?

H.R. : En observant, nuit après nuit, les étoiles toujours visibles dans le ciel, tu verrais repasser la ronde saisonnière des constellations tout comme auparavant. Cela t'assurerait que la Terre continue de tourner autour du Soleil.

- Alors, le fait de devenir un trou noir n'empêcherait pas le Soleil d'attirer la Terre et de la maintenant en orbite autour de lui.

H.R. : Tu as tout compris. Notre Soleil a deux actions différentes sur les planètes : premièrement il leur envoie de la lumière, et deuxièmement il les attire par ce qu'on appelle son champ de gravité. C'est une propriété de tous les corps. Ils s'attirent mutuellement et plus ils sont massifs plus ils attirent ce qu'il y a autour d'eux. Cependant, les deux activités sont indépendantes. Même s'il ne leur envoyait plus de lumière, le Soleil continuerait à attirer les planètes. Un trou noir manifeste sa présence par sa gravité.

Imaginons maintenant un autre chapitre à notre histoire. Cette fois, le malin génie augmente légèrement la masse du Soleil... *A suivre !*



Pour vivre mieux, dormez mieux ! La science nous révèle quoi faire - ou ne pas faire - pour profiter d'un sommeil de qualité

par Sébastien DESURMONT¹

Des découvertes scientifiques nous révèlent ce qu'il faut faire - ou ne pas faire - pour profiter d'un sommeil de qualité. Voici les secrets d'une bonne nuit.

Faisons le compte : 365 nuits par an, à raison d'environ 7 heures 30 de sommeil par nuit (la moyenne nationale)... Nous dormons chaque année près de 2.737 heures. En fait, nous passons un tiers de notre existence en position horizontale. Une perte de temps ? Sûrement pas. Sans un sommeil de qualité, impossible de se montrer performant.

Toutes les études scientifiques le confirment : il n'est pas un seul des grands systèmes du corps humain - hormonal, circulatoire, cutané, nerveux, cardiaque, psychique ou intellectuel - qui ne tire bénéfice d'une bonne nuit.

Pourtant il n'est pas si facile de bien dormir. Un quart des Français ne se sentirait pas reposés à leur réveil. Et 45% des actifs jugent leurs nuits de mauvaise qualité ou insuffisantes, selon une enquête réalisée en 2008 pour l'institut national de prévision et d'éducation pour la santé (Inpes). En cause, le stress, bien sûr, mais pas seulement...

La psychiatre et neurobiologiste Sylvie ROYANT-PAROLA, auteur de « Comment retrouver le sommeil par soi-même » (Editions Odile Jacob), est formelle : « Mal dormir c'est souvent le résultat d'une accumulation de petites erreurs stratégiques au cours de la journée ». Les scientifiques du sommeil ont donc élaboré une série de recettes pour se « reprogrammer » et dormir enfin efficacement.

¹ paru dans *Management*, n°170, décembre 2009, pp. 107-111

Aller se coucher avant 1 heure du matin

Même si vous avez une âme de noctambule, évitez de vous mettre au lit après 1 heure du matin. Car, pour se réveiller en forme, il faut privilégier le sommeil « lent profond », celui qui permet un relâchement musculaire total et une récupération physique complète.

Le sommeil profond se répartit au cours des 5 ou 6 cycles de sommeil d'une même nuit mais les chercheurs ont remarqué qu'il était de bien meilleure qualité entre 23 heures et 2 heures du matin qu'au cours des cycles matinaux.

Se réveiller tous les jours à la même heure

« *Se coucher tôt, c'est très bien...* » estime le Dr Danielle TESZNER, auteur de « *Savoir dormir* » (Editions Flammarion) « *Le véritable secret consiste à se lever tous les jours à la même heure, qu'elles qu'aient pu être le moment du coucher et la durée du sommeil. On sait maintenant que notre horloge interne a besoin de ce repère matinal fixe.* »

Eviter de passer trop de temps au lit

Aussi surprenant que cela puisse paraître, les mauvaises nuits sont souvent le résultat d'un excès de temps passé au lit. « *Beaucoup de gens dorment plus qu'ils n'en ont besoin, par crainte de ne pas avoir leur dose de sommeil* », observe le Dr TESZNER. Un temps d'endormissement dépassant les vingt minutes, de nuits entrecoupées de réveils nocturnes, de grasses matinées qui relèvent davantage de la détente que d'un véritable sommeil : ce sont autant d'indices qui montrent que vous surévaluez vos besoins.

Réguler son énergie grâce à la luminothérapie

Les bienfaits apportés par cette technique ne sont plus contestés. En hiver, le manque de sommeil incite l'épiphyse, une glande située dans le cerveau, à sécréter de grandes quantités de mélatonine.

Or cette hormone agit de la même façon qu'un somnifère. Parmi ses effets démontrés, on relève des baisses de moral fréquentes (on parle alors de « *dépression hivernale* ») ou une tendance à piquer du nez vers 14 ou 21 heures. Une séance quotidienne de trente minutes de lumière blanche (5.000 à 10.000 lux) remet les pendules à l'heure : vous serez bien éveillé le jour et dormirez mieux la nuit. Il faut compter aux alentours de 300 euros pour une bonne lampe.

Après une petite nuit, faites une courte sieste

Pour le Dr TESZNER, le roupillon qu'on s'accorde après le déjeuner est le plus souvent une erreur : « *La sieste annule l'opposition qu'on doit respecter entre le jour et la nuit* ». Seuls les petits dormeurs (ceux qui se contentent de nuits de moins de sept heures) peuvent en tirer un bénéfice. Cette pause doit être courte (pas plus de quinze minutes) et prise de préférence en position semi-assise. Pour ne pas la prolonger au-delà du temps nécessaire, faites comme Carlos GHOSN, le patron de Renault-Nissan, qui se détend avec un trousseau de clés à la main. Quand ce dernier tombe, c'est le signal que la sieste est terminée.

Se méfier des excitants accumulés dans la journée

L'organisme met jusqu'à huit heures pour éliminer la caféine. Absorbé après 15 heures, un expresso peut gâcher toute une nuit. Et, même avant 15 heures, la consommation d'excitants n'est pas sans conséquence car leurs effets d'additionnent : plus de quatre cafés par jour ou cinq verres de cola à 50 mg de caféine chacun, ou encore six tasses de thé à 40 mg de théine, et c'est la nuit blanche assurée !

Manger des pâtes et boire du lait

Le soir, les plats lourds imposent des efforts de digestion qui retardent l'endormissement. N'abusez pas des viandes rouges (elles accroissent la sécrétion de noradrénaline, une substance qui stimule la vigilance).

À oublier aussi : fritures, charcuteries ou fromages forts... Forcez en revanche sur les légumes verts et les glucides lents (pâtes, riz). Ils augmentent le taux de glucose dans le sang et favorisent la production de sérotonine, un neuromédiateur aux propriétés sédatives.

Malin aussi, le verre de lait chaud de nos grands-mères : il contient du tryptophane, un acide aminé à l'effet apaisant. Enfin, achevez votre dîner au moins deux heures avant d'aller au lit.

Commencer à ralentir la cadence après 20 heures

Dans 80% des cas, c'est entre 19 et 21 heures que l'on prépare sa mauvaise nuit. Une partie de tennis à 21 heures vous empêchera de fermer l'œil dans les quatre heures qui suivent : « *Le sport relance le système d'éveil en augmentant la température corporelle. Or, l'endormissement n'intervient que sur le versant descendant de la courbe de température* », précise Sylvie ROYANT-PAROLA.

Filer au lit dès les premiers signes d'assoupissement

Bâillements, paupières lourdes, impression d'engourdissement ou de froid ? Ce sont les signes à ne pas négliger. Ils correspondraient à l'émission par le cerveau d'ondes induisant un état de relaxation.

Ce moment propice ne dure que quelques minutes : mieux vaut ne pas le manquer ! Sous peine d'avoir à attendre le début du cycle suivant, une heure et demie à deux heures plus tard.

Prendre une douche fraîche avant de se coucher

Notre horloge interne étant rythmée par les régulations de la température du corps, une douche à peine tiède aide à s'endormir. Et, contrairement à l'idée reçue, c'est une douche chaude qui donner un coup de fouet le matin.

Préférer un calmant naturel à un somnifère

Près de 13% des Français prendraient des produits pour dormir. S'ils peuvent aider à dépasser une insomnie passagère et aiguë dont la cause est repérée, les somnifères sont toxiques et induisent des dépendances. Ils réduisent le temps de sommeil lent profond, celui qui nous retape.

Il existe en revanche toute une palette de calmants sans danger, à base de plantes ou de substances naturelles, telle la protéine de lait. Sans effets secondaires, ils provoquent une sensation de relaxation, voire de somnolence. « *La valériane (en gélules) augmenterait le temps de sommeil lent profond...* » observe le Dr Jean-Claude HOUDRET, auteur de « *Combattre le stress* » (Editions Solar). « *Pour les troubles du sommeil liés au stress, essayez l'homéopathie.*

Prenez du Gelsemium avant une échéance importante, de l'Argentum nitricum contre le surmenage, de l'Ignatia amara contre les bouffées d'anxiété. »

Parfumer son oreiller avec des huiles essentielles

Voici une recette ancestrale qui utilise la phytothérapie. Il s'agit tout simplement de pulvériser sur l'oreiller des huiles essentielles de plantes aux propriétés équilibrantes et apaisantes reconnues : bergamote, camomille romaine, oliban, néroli... A choisir certifiées bio de préférence.

Apprendre à se réveiller tout en douceur

Il n'est pas de bonne nuit sans un réveil agréable. Si vous ne supportez plus d'être tiré de votre sommeil par une sonnerie, adoptez un simulateur d'aube.

Son fonctionnement, fondé sur les principes de la luminothérapie (mais il ne s'agit pas d'une lampe à lumière blanche), aide l'organisme à adopter un rythme de veille et de sommeil naturel.



Les coulisses des experts... De la fiction à la réalité

Des séries télévisées éclairées par la chimie, la géographie et la criminologie

par Emmanuelle DINON

Emmanuelle.Dinon@ulg.ac.be

Ingénieur industriel au département de Chimie de l'ULg

Le mardi 15 février 2011, l'ULg accueillait les étudiants du secondaire afin de leur faire découvrir les spécificités des formations universitaires.

À cette occasion, le Département de Chimie organisait, en collaboration avec le Département de Géographie et l'École Liégeoise de Criminologie Jean CONSTANT, une activité intitulée « **les coulisses des Experts** ».

L'objectif était de décrypter les séries policières dont la plus connue est *Crime Scene Investigation (CSI)*, titre original de la série *Les Experts*.

J'ai présenté, avec l'aide technique de Science et Culture, la première partie qui était consacrée à la démonstration de techniques d'analyses d'indices :

détection - des résidus de tir - analyses de drogues
 - de faux billets - alcootest
 - de traces de sang...

Ces expériences étaient tirées de l'exposition « *Les Experts : du crime au labo* » organisée en octobre 2010 par Science et Culture en collaboration avec l'Université de Liège.

En complément de chaque expérience, Philippe Boxho, médecin légiste et directeur de l'École Liégeoise de Criminologie, précisait de manière concrète le travail des experts de la police scientifique « dans la vraie vie ».

Bien que les séries télévisées se basent sur des techniques réelles, on y retrouve des incohérences ; par exemple les analyses ADN qui prennent en réalité plusieurs jours alors qu'elles sont réalisées à la minute dans les séries policières.



Un étudiant passe un alcootest lors de l'activité « Les coulisses des Experts ».

Marie TROTTA, du Département de Géographie, a ensuite abordé le thème de la **cartographie criminelle**, méthode d'investigation qui permet de définir des zones prioritaires de recherche lors de la traque d'un auteur de délits en série et de cerner son comportement spatial.

Enfin la dernière partie, présentée par Vincent SERON de l'École de Criminologie, a permis de mettre en évidence l'influence de ces séries policières lors des procès dans les tribunaux. Il a abordé l'impact de la diffusion et de la consommation de la série *les Experts* sur le fonctionnement de la Justice et notamment **l'effet CSI** : les jurés auraient des attentes irréalistes vis-à-vis des preuves scientifiques et des techniques d'investigation, à l'image de ce qu'ils voient dans ces séries populaires.

Il en résulterait une augmentation du poids de la charge de la preuve pour l'État, une croyance des jurés que la preuve criminalistique n'est jamais fautive et donc, parfois, un effet sur les décisions des juridictions.

Grâce à la pluridisciplinarité des présentateurs, cette représentation qui a réuni environ 200 étudiants a permis de décrypter les séries télévisées policières et de donner au public un aperçu des sciences criminalistiques et criminologiques.

Elle a également permis de mettre en valeur une facette peu connue des applications de la géographie et de la chimie laquelle joue un rôle parfois très important dans le déroulement des enquêtes et des procès criminels.



PLACEMENTS - CREDITS - ASSURANCES



Eric Dupont SPRL
Banque & Assurances

CBFA : 100591A - cB



Rue Saint Léonard, 314 - 4000 Liège
☎ 04/227.54.34

Rue Saint Séverin, 40 - 4000 Liège
☎ 04/223.47.85

www.fintro.be
email : eric.dupont@portima.be

Guichets ouverts tous les jours de 9 à 13 h et de 14h à 16h30
Les vendredis jusqu'à 18 h ; les samedis uniquement sur RDV