

## Les vœux du nouveau chef du Dapnia



*Ce n'est pas sans une certaine émotion que je m'adresse à vous en cette nouvelle année, à l'occasion de ma prise de fonctions. Je vous présente, ainsi qu'à vos proches, mes meilleurs vœux de santé et de succès personnels et professionnels pour 2002.*

*Je désire aussi vous faire part de mon ambition pour le Dapnia, et de l'enthousiasme que je déploierai pour promouvoir encore davantage nos disciplines et notre savoir-faire dans la communauté scientifique, ainsi que dans la société.*

*Dans ce but, nous devons baser nos activités scientifiques et techniques sur une solide réflexion stratégique. Je conduirai cette réflexion avec vous, aidé en cela par la constitution, qui me paraît souhaitable, d'un « conseil scientifique et technique de département » (CSTD).*

*Le Dapnia occupe une position particulière au sein du CEA, et plus généralement au sein du dispositif de recherche en France, avec son mode de fonctionnement essentiellement basé sur les projets. C'est un de ses nombreux atouts, et l'équipe de pilotage et de suivi des projets mise en place au niveau de la direction du département poursuivra l'action entreprise, en tenant le plus grand compte des suggestions récemment formulées par les chefs de groupe et les chefs de projet. La nouvelle organisation du Dapnia, pour être pleinement opérationnelle, nécessite un certain nombre de regroupements géographiques. Je les soutiendrai avec force, et je veillerai à ce qu'ils soient conduits dans un esprit de large concertation.*

*Les liens entre le Dapnia, le CNRS, et l'université sont inéluctablement appelés à se renforcer encore dans l'avenir. Les collaborations, partenariats, réseaux... sont des données incontournables de la recherche fondamentale d'aujourd'hui, et je m'emploierai de mon mieux à les renforcer et à les développer.*

*Je vous propose que nous organisions en 2003 (par exemple au printemps) des « journées du Dapnia » qui nous permettront, dans une ambiance conviviale, de faire le point sur les programmes et le fonctionnement du Dapnia, et de consolider nos objectifs pour l'avenir.*

*Pour la première fois depuis la création du Dapnia, l'effectif présent fin 2002 ne sera pas inférieur à celui de fin 2001<sup>(1)</sup>. Ce résultat doit beaucoup à l'action de Joël Feltesse, et de la précédente équipe des chefs de service. Je mettrai tout en œuvre pour que cette stabilisation se confirme dans le futur.*

*Vous le voyez, l'année 2002 s'ouvre sur des « chantiers » que nous devons mener à bien : réflexion stratégique à moyen et long terme, nouvelle organisation, ouverture et renforcement de liens avec nos partenaires....*

*Comme je vous l'ai déjà annoncé, je serai épaulé dans ma tâche par Marcel Jacquemet, chef de département adjoint, par Sophie Portier, adjointe pour les ressources budgétaires et les programmes, par Jean-Claude Languillat, adjoint chargé du suivi et de la coordination des projets, par Patrice Micolon et Anne-Claire Gouze pour la gestion des ressources humaines. Je souhaite que s'établisse entre nous tous un climat de confiance, qui nous permettra de travailler dans une ambiance sereine et motivante.*

Michel Spiro, chef du Dapnia

## Un hélium disparu ressuscité

*(Etude de la structure du noyau exotique hélium-8)*

*Pour la première fois, un faisceau de noyaux d'hélium-8 ( ${}^8\text{He}$ ) a été produit grâce au dispositif Spiral (Système de Production d'Ions RADIOactifs en Ligne) du Ganil, le Grand Accélérateur national d'ions lourds de Caen. C'est une fenêtre qui s'ouvre sur la terre inconnue des noyaux inconnus sur la Terre. Il en existe des milliers d'espèces. Ces noyaux instables, radioactifs et éphémères, notre planète en contient très peu, certains se renouvellent, comme le carbone-14 cher aux archéologues, d'autres ont définitivement disparu de notre environnement. Et voilà que l'homme parvient à en reconstituer quelques uns. Il est devenu capable de forger des noyaux tellement éloignés de ceux qui lui sont familiers, tellement exotiques, qu'on peut se demander si la Nature elle-même a pu un jour les fabriquer. L'hélium-8 est l'un d'eux. Quelle aubaine de pouvoir en étudier les propriétés ! Jusqu'alors, en effet, on n'avait que nos bons vieux noyaux bien de chez nous pour étudier les propriétés de leur substance : la matière nucléaire. Voici que soudain, tel un explorateur en présence de la faune d'un nouveau continent, l'homme dispose de dix fois plus d'espèces pour progresser dans l'univers des noyaux. Les noyaux exotiques sont la partie immergée du grand iceberg nucléaire.*

ScintillationS

(1) À l'exception notable de 1998, qui a vu le transfert du GECA depuis Saturne

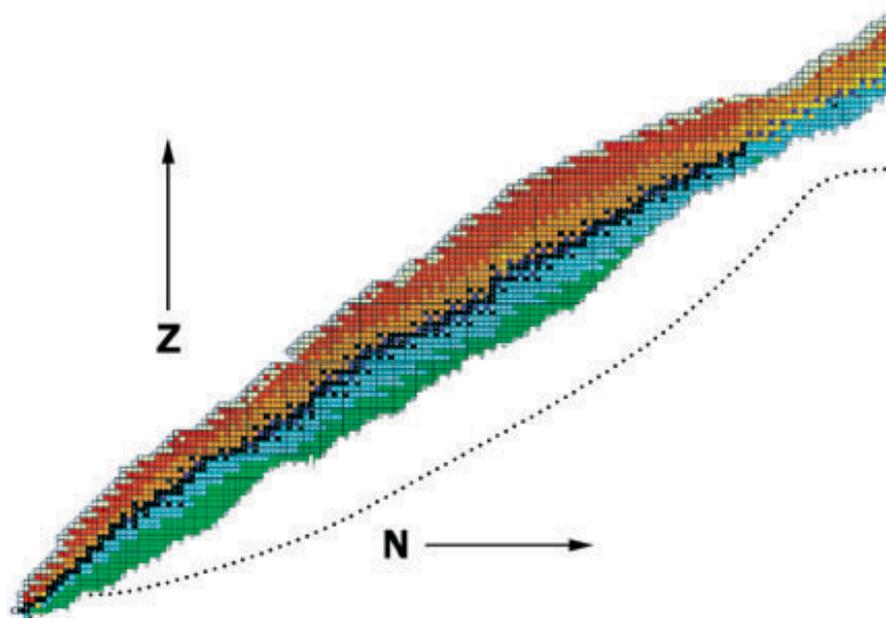


Fig. 1a : La « charte » (ou carte) des noyaux. Chaque noyau est représenté par un point dont l'abscisse est  $N$ , son nombre de neutrons, et l'ordonnée est  $Z$ , son nombre de protons. Les noyaux stables se répartissent sur une étroite ligne noire : la vallée de stabilité. Les autres noyaux sont instables, soit par excès de protons (zone bleue et verte des émetteurs de radioactivité bêta plus), soit par excès de neutrons (zone orange et marron des émetteurs bêta moins). La zone plus claire en haut et à droite est celle des noyaux « lourds » émetteurs de rayons alpha. La ligne pointillée est la frontière, pour l'instant hypothétique, au delà de laquelle s'étend la zone de non-stabilité par excès de neutrons : aucun noyau

## Pourquoi s'intéresse-t-on à l'hélium-8 ?

Une image plus précise que l'iceberg est la vallée montagneuse de type glaciaire, dont le profil est en « U » : plus on est haut, plus la pente est escarpée et plus la position est instable. Les quelques 3 000 espèces de noyaux instables se répartissent à flanc de montagne. En fond de vallée, on trouve environ 300 espèces de noyaux stables. Ce sont surtout ces noyaux-là que nous avons jusqu'à présent explorés. Ils se répartissent sur ce qu'on appelle la *vallée de stabilité* (Fig. 1).

Si l'on quitte la vallée et si l'on gravit le versant bleu de la figure 1 par la ligne de plus grande pente, on rencontre des noyaux qui, pour un même nombre de protons, possèdent de plus en plus de neutrons. De tels noyaux ont trop de neutrons pour rester stables et ils évoluent par radioactivité  $\beta^-$ , c'est-à-dire la transformation au sein du noyau d'un neutron en un proton. A partir d'un noyau à  $Z$  protons et  $N$  neutrons, une telle transformation donne un noyau de  $(Z+1)$  protons et  $(N-1)$  neutrons. Ce phénomène s'accompagne de l'émission d'un électron et d'un antineutrino. Pour un nombre de protons  $Z$  fixé, quand on

ne peut plus ajouter de neutrons à l'édifice nucléaire, on dit qu'on a atteint la ligne de limite de stabilité en neutron (C'est la ligne pointillée « drip line »). Mais les théories qui prédisent la position de cette ligne sont en désaccord.

Cette divergence reflète le fait que le modèle théorique de l'interaction entre deux nucléons au sein du noyau est de moins en moins réaliste pour les noyaux de plus en plus riches en neutrons, qui s'éloignent donc de plus en plus de la vallée de stabilité. En effet, les modèles d'interactions dont on dispose ont été déduits de résultats obtenus sur la matière nucléaire « infinie » (on raisonne comme si le noyau n'avait pas de limites) et « symétrique » ( $N=Z$ , autant de protons que de neutrons dans le noyau, cas très particulier), puis de l'observation des autres noyaux stables. Voilà pourquoi elles décrivent bien les propriétés de ces noyaux stables, et mal celles des noyaux radioactifs, dont le nombre de neutrons est très différent du nombre de leurs protons. On va donc tester, grâce à ces noyaux exotiques,

l'influence sur nos théories, du paramètre d'*isospin*, grandeur physique directement liée à la différence entre le nombre de neutrons et le nombre de protons.

Faute d'éléments cruciaux que nous apporterait une meilleure connaissance des noyaux instables, on ne peut actuellement prévoir les limites au delà desquelles les noyaux ne peuvent garder leur cohésion. Et voici que les accélérateurs nous donnent accès à des noyaux jusqu'alors hors de notre portée : les noyaux radioactifs. Cela tombe à pic car pour être capables de comprendre la matière nucléaire dans son ensemble, de prédire ses conditions d'existence et de stabilité, et d'estimer la structure des édifices nucléaires, il est indispensable de faire des expériences avec ces noyaux radioactifs et de bâtir des théories capable d'expliquer les propriétés de TOUS les noyaux depuis les noyaux stables, jusqu'aux noyaux très déficients ou très riches en neutrons.

On progresse dans la compréhension des noyaux instables, mais on attend toujours des développements théoriques pour décrire de façon unifiée à travers un « modèle standard de physique nucléaire »

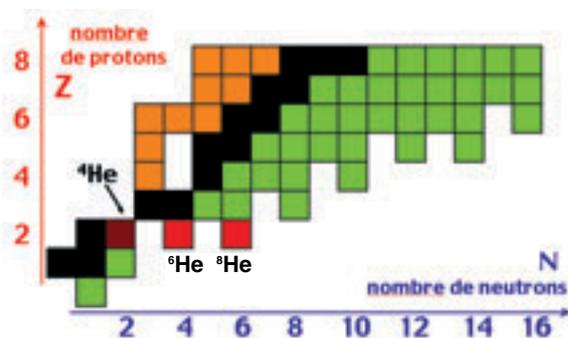


Fig. 1b : Zoom sur la zone en bas à gauche de la carte. Elle contient les noyaux dont le nombre de protons  $Z$  est compris entre 0 et 8. L'hélium-4 est sur le point  $Z=2$ ,  $N=2$  ; l'hélium-8 est au point  $Z=2$ ,

(MoSPhN), aussi général que possible, l'ensemble des noyaux, stables et instables. Par bonheur, notre champ d'observation s'accroît sans cesse, grâce aux nouveaux accélérateurs qui produisent toujours plus de nouveaux isotopes radioactifs.

Le groupe de structure nucléaire du SPPhN de Saclay s'intéresse ainsi à la structure des noyaux radioactifs dits *exotiques* parce que la faible énergie qui maintient leur cohésion conduit à des structures inhabituelles. Ce groupe a

### Encadré 1 – Comment mesure-t-on une réaction de diffusion

Une expérience de diffusion tient un peu du « femtobillard » américain. La bille que l'on propulse frappe une autre bille. La première est déviée, la deuxième se dirige (ou non) vers la poche du billard. Si elle tombe dedans, c'est le point. La mesure consiste à compter les points en fonction de l'angle de déviation de la bille propulsée. La bille que l'on propulse, c'est  ${}^1\text{H}$  ; celle que l'on frappe, c'est le proton ; la poche, c'est le détecteur.

Mais les physiciens perfectionnent le jeu : ils tiennent compte de l'énergie communiquée à la bille qui va dans la poche, et aussi de la fragilité de la bille incidente. Ce que les physiciens expriment ainsi : si l'énergie du projectile (*énergie incidente*) est plus grande que l'énergie qui maintient sa cohésion (*énergie de liaison*), il arrive que le choc désagrège le projectile. Il faut en tenir compte dans l'évaluation du nombre de points (*taux de comptage*) quel que soit l'état du projectile après le

choc. Dans l'expérience décrite dans l'article, l'énergie des projectiles d'hélium-8 est de 15,4 MeV/nucléon (énergie totale :  $15,4 \times 8 = 123,2$  mégaélectronvolts puisqu'il y a 8 nucléons) et il ne faut que 0,45 MeV pour arracher un neutron à un noyau d' ${}^4\text{He}$  (ce qui donne un  ${}^3\text{He}$ ) et 2,1 MeV pour lui en arracher deux (ce qui donne un  ${}^2\text{He}$ ).

Autre perfectionnement : les physiciens veulent évaluer la probabilité (*section efficace*) de « faire le point » en fonction de l'angle de déviation du projectile (ils parlent précisément de *distribution angulaire*). Ils vont donc chercher le « double tilt » obtenu si deux événements sont consécutifs au choc : 1) la bille frappée tombe dans la poche ; 2) la bille projectile ou l'un de ses fragments dégomme une petite quille placée à l'avance sur le billard. En langage physicien, c'est une *mesure en coïncidence*.

J. M.

ainsi étudié le « halo » de 2 neutrons qui se manifeste dans l'hélium-6 (2 protons et 4 neutrons) par un grand éloignement moyen des deux neutrons surnuméraires, par rapport au groupe central de deux protons et deux neutrons, que les physiciens nomment le *cœur d'hélium-4*. La probabilité de présence élevée de ces neutrons « très périphériques » à des distances de plusieurs fermis (1 fm = 1 femtomètre =  $10^{-15}$  mètre) de ce cœur est surprenante compte tenu de la portée, de 1,4 fermi de l'interaction forte (voir *ScintillationS* n° 42), au sein de ce noyau. Cela confère à  ${}^6\text{He}$  une taille comparable à celle du  ${}^{12}\text{C}$ , qui a le double de nucléons. La mécanique quantique autorise cette extension pour des nucléons faiblement liés. Avec le faisceau d' ${}^8\text{He}$  produit à 15,4 MeV par nucléon, le groupe exotique a proposé d'étudier les diffusions de ce noyau sur une cible de protons pour explorer sa structure.

Connaître les propriétés de noyaux tels que  ${}^8\text{He}$  permet d'apporter des briques à l'édifice du MoSPhN. Ce noyau de 6 neutrons et 2 protons possède le plus grand rapport N/Z connu. Il possède 4 neutrons de plus que l'alpha (noyau d'hélium-4), et ces quatre neutrons sont liés par seulement 3,1 MeV (à comparer aux 20 MeV d'énergie qui lient les 2 protons et les 2 neutrons d'un alpha).

Ce noyau d'hélium-8 est décidément bien surprenant. Avec un neutron de moins, on obtient  ${}^7\text{He}$  qui ne reste pas lié ; un de plus, et c'est  ${}^9\text{He}$ , qui se désintègre, lui aussi. Or  ${}^8\text{He}$  est lié. Conclusion : en présence du cœur d'alpha, un ensemble de 4 neutrons, ni

plus, ni moins, engendre un ensemble lié. Autre surprise, sa taille est comparable à celle de  ${}^6\text{He}$  ( $2,5 \pm 0,1$  fm), alors qu'on pourrait s'attendre à ce que  ${}^8\text{He}$ , avec deux neutrons supplémentaires, ait une probabilité de s'étendre encore plus élevée que celle de  ${}^6\text{He}$ .

On soupçonne ce noyau de développer une « peau » de quatre neutrons s'étendant loin du cœur d' ${}^4\text{He}$ . Mais on ne connaît pas les raisons de ce phénomène, ni le rôle du cœur d'alpha dans la stabilisation des 4 neutrons. Autre interrogation : comment se comportent les neutrons dans une matière nucléaire aussi diffuse que celle de  ${}^8\text{He}$  ? Ont-ils une forte probabilité de se grouper, ce qui offrirait l'exceptionnelle possibilité d'étudier un échantillon de matière neutronique soumise à l'interaction d'un cœur alpha, ou bien doit-on prendre en compte des corrélations entre agrégats de nucléons :  ${}^4\text{He} + 2$  neutrons, ou bien triton ( ${}^3\text{H}$  : un proton et deux neutrons) + triton + 2 neutrons ?

${}^6\text{He}$ ,  ${}^8\text{He}$  ne sont pas que des anomalies ou des curiosités. Les noyaux exotiques offrent une porte vers les secrets de la structure nucléaire. Les noyaux exotiques légers sont une parcelle de la mosaïque des noyaux que nous cherchons à assembler, selon les mots de Paul Bonche du SPHT. Comme le note notre collègue théoricien, l'exploration de la matière nucléaire ne comporte pas « *une manip phare susceptible d'éclairer l'ensemble de la discipline, mais chaque expérience est un élément de la mosaïque, et chaque élément est essentiel pour comprendre l'ensemble.* »

Ces noyaux représentent un labora-

toire pour étudier ce phénomène de base en physique nucléaire : l'interaction nucléon-nucléon. On va pouvoir l'examiner dans cet échantillon de matière nucléaire tout à fait particulier : un quatuor de neutrons loin du cœur. Pour calculer les densités de matière, il faudra bâtir des modèles qui prendront en compte ce que les physiciens nomment des *corrélations collectives à longue portée*.

Dans le cas des noyaux stables, on mesure précisément les densités par interaction avec des électrons. En effet, la diffusion d'électrons sur une cible constituée de l'élément stable donne la densité de charge qui conduit à la densité de proton (voir *ScintillationS* n° 42). Puis, sachant que les densités de neutrons se déduisent, en première approximation, des densités de protons au facteur N/Z près on accède en fin de compte à la densité totale de matière. Malheureusement, comme les noyaux exotiques sont instables, leur durée de vie est trop courte pour qu'on puisse en fabriquer des cibles et obtenir par cette méthode leur densité de matière. Mais comme la diffusion de particules sur une cible est un moyen privilégié d'étudier les projectiles ou la matière de la cible, au lieu de bombarder avec des particules connues une cible qu'on veut étudier, on bombarde une cible connue avec les projectiles que l'on veut étudier.

On a donc envoyé  ${}^8\text{He}$  sur la cible la plus simple, la mieux connue : un proton. Ou plutôt sur une collection de protons que contient une cible polypropylène ( $\text{CH}_2$ ) (le proton n'est autre que le noyau de l'atome d'hydrogène).

L'expérience a été réalisée au mois de novembre par le groupe *exotique*

du SPhN, dans l'aire expérimentale Speg (spectromètre à perte d'énergie du Ganil), en collaboration avec des physiciens de l'IPN d'Orsay, du Ganil, et du laboratoire FLNR à Dubna en Russie.

### Production d'un faisceau radioactif d' $^8\text{He}$ avec SPIRAL

On produit les ions d' $^8\text{He}$ , dont la durée de vie est de 119 millièmes de seconde, en bombardant une cible de carbone avec un faisceau d'ions stables de carbone-13, accéléré à 975 MeV (75 MeV par nucléon). La cible est chauffée pour extraire les fragments radioactifs résultant de la collision  $^{13}\text{C}-^{12}\text{C}$  et ces fragments sont ensuite ionisés dans une source d'ions.

Au cours de l'expérience, la puissance du faisceau de  $^{13}\text{C}$  a été portée à la limite de ce que peut encaisser l'ensemble cible-source de Spiral, soit  $9 \cdot 10^{12}$  ions  $^{13}\text{C}$  par seconde. Les noyaux d'hélium-8 produits sont alors accélérés par un cyclotron de moyenne énergie jusqu'à une énergie de 15,4 MeV/nucléon. Ce dispositif a permis d'envoyer jusqu'à 14 000 noyaux d' $^8\text{He}$  par seconde sur la cible de réaction de l'aire expérimentale Speg. Pour une première, c'est déjà une quantité notable, qui pourra encore être augmentée en améliorant

la transmission entre la cible et le cyclotron.

Cette réussite dans la production, extraction, accélération puis transmission d'ions éphémères sur la cible de réaction des physiciens est une véritable prouesse technique à mettre à l'actif des techniciens et des ingénieurs du Ganil.

### Le Dispositif expérimental (schéma fig. 2 et photos fig. 3 et 4)

La position des impacts des protons est mesurée par le premier étage de MUST, le détecteur en silicium à pistes de surface  $60 \times 60 \text{ mm}^2$  avec ses 60 pistes verticales et horizontales larges de 1 millimètre, que l'on voit derrière le porte-cibles sur la photo de la figure 3.

Cet ensemble de mesures permettra d'explorer, pour la première fois, la structure de l' $^8\text{He}$  sur une grande partie de son extension spatiale.

Dans une première étape, l'analyse des données consistera à obtenir les premiers niveaux d'excitation (*encadré 3*) de l'hélium-8, ce qui permettra d'éclaircir la situation, actuellement confuse dans ce domaine.

Ensuite nous établirons les distributions angulaires (*encadré 1*) de diffusion élastique et inélastique (*voir les trois croquis en haut*

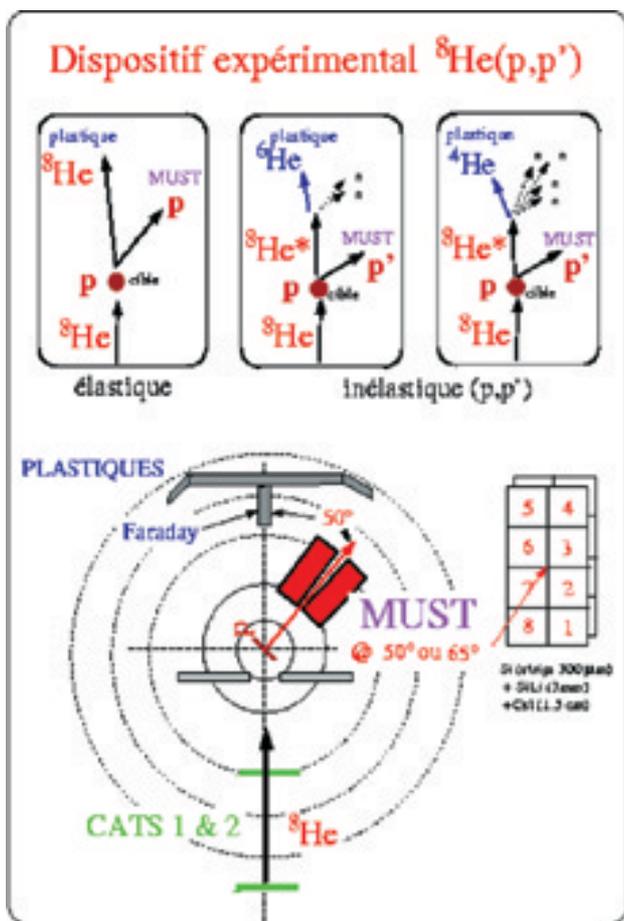


Fig. 2 : Schéma de la configuration expérimentale vue de dessus. Les réactions étudiées sont présentées par les 3 croquis du haut. L'astérisque de  $^8\text{He}^*$  indique que le noyau d'hélium-8 est dans un état excité (*encadré 3*)

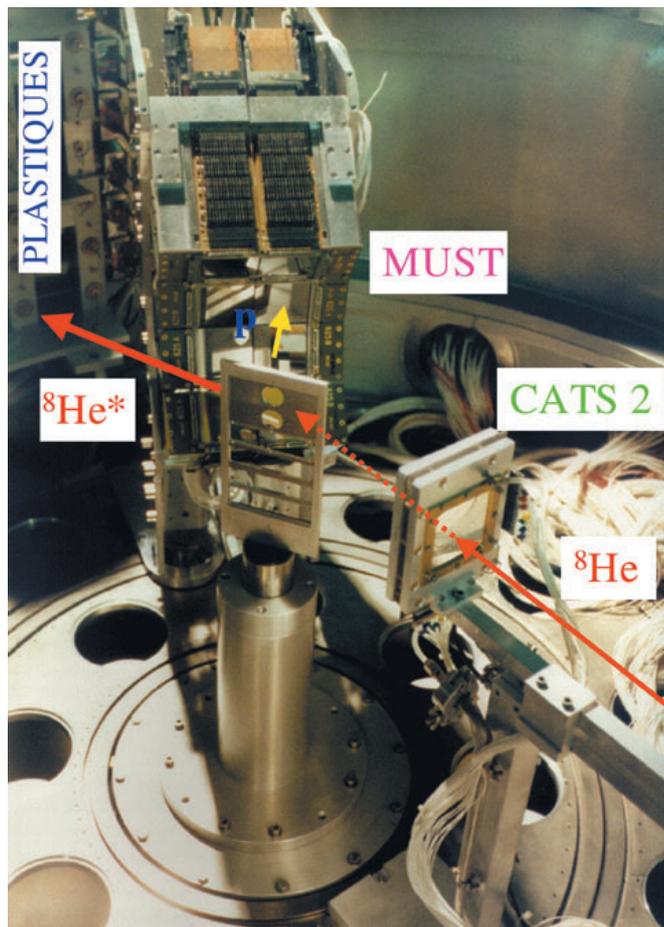


Fig. 3 : L'axe du faisceau suit la diagonale qui va du bord inférieur droit au coin supérieur gauche du cliché. La cible à réaction (porte-cibles au centre de la photo) fait un angle de 45 degrés par rapport à l'axe du faisceau. Au premier plan, un détecteur de faisceau Cats. Derrière la cible, le détecteur Must en colonnes

de la figure 2) pour la transition de l'état fondamental vers le premier état excité. On pourra alors les comparer aux distributions théoriques, et cela permettra d'affiner les modèles.

En affinant ainsi notre compréhension des interactions nucléaires au sein des noyaux riches en neutrons, nous connaissons mieux la structure des noyaux exotiques et donc la matière nucléaire, qui ne fut longtemps explorée que dans le domaine très partiel des noyaux stables.

Valérie Lapoux (SPhN)

### Encadré 2 : dispositif expérimental

Les deux cibles de diffusion sont en polypropylène  $(CH_2)_n$ , matériau riche en protons. Ce sont de fines feuilles de plastique, l'une de 15 micromètres, l'autre de 95 micromètres, assez minces pour limiter les pertes d'énergie et la « dispersion angulaire » dans la cible, source de flou dans la mesure. Le point d'impact et l'angle d'incidence des noyaux d'hélium-8 sur la cible sont déterminés dans les chambres à fil Cats1 et Cats2 (Chambres à trajectoires de Saclay, développées au SED). Cats2 est visible sur la photo 3 en bas à droite.

On détecte le proton éjecté dans un ensemble nommé Must (MURs à STRips) en coïncidence (encadré 1) avec le partenaire lourd, hélium-4 ou hélium-6, détecté dans un mur de six lattes de plastique, dont on voit les six photomultiplicateurs associés sur la gauche de la photo 4. Ce mur est complété par un détecteur en plastique scintillant rapide, dit « petit Faraday », à 75 cm de la cible, dans l'axe du faisceau. Ce mur recueille en grande partie les particules d' $^4He$  qui se ruent en faisceau pointu vers l'avant, après avoir interagi sans perte d'énergie (choc élastique) avec la cible de protons.

Les positions, l'énergie et le temps de parcours (*temps de vol*, disent les physiciens) jusqu'au détecteur du proton éjecté par le choc sont déterminés par Must, ensemble de 8 détecteurs, chacun constitué de 3 étages : un détecteur à « pistes » d'épaisseur 300 micromètres, puis un cristal de silicium et lithium (SiLi) de 3 millimètres suivi d'un détecteur en iodure de césium (Csi) de 1,5 centimètres destiné à détecter les particules légères, protons, deutons, tritons,  $^3He$ , alpha. Cet ensemble a été conçu par l'IPN d'Orsay, le SPhN et le service de physique nucléaire de Bruyères-le-Châtel.

Mur de plastique et ses photomultiplicateurs

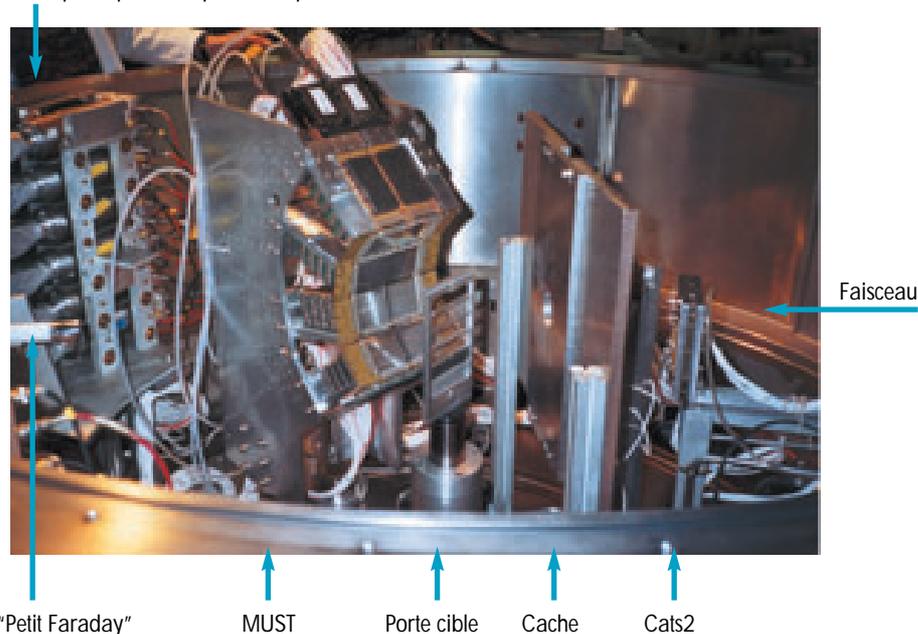


Fig. 4 : Ensemble de détection. Le faisceau arrive dans l'axe horizontal, de la droite. On voit de profil le détecteur Cats (tourné de  $20^\circ$  par rapport à l'axe du faisceau), puis le cache, le porte-cibles au centre, tourné de  $45^\circ$ , le détecteur Must tourné à  $50^\circ$ , et sur la gauche, dans l'axe, on aperçoit

### Encadré 3 – L'excitation nucléaire

Une ampoule électrique éclaire quand les atomes de tungstène de son filament reçoivent de l'énergie au passage du courant. Pour chaque atome, le grain d'énergie qu'il reçoit agit comme une nanofusée Ariane qui propulse un ou plusieurs de ses électrons sur une orbite plus haute. L'atome est alors excité. Mais l'électron n'a de cesse de rentrer au bercail, et ce faisant, restitue l'énergie fournie sous forme d'un grain de lumière. La différence avec un satellite, c'est que les orbites où peut se mouvoir un électron atomique sont distinctes, il n'y a pas de passage continu de l'une à l'autre. Chaque orbite correspond à une énergie précise de l'électron. On parle de *niveaux d'énergie discrets*. L'énergie de l'électron ne varie pas continuellement, mais par sauts, par *quanta*, comme sur un escalier, et non un plan incliné. En outre, si l'énergie reçue est suffisante, l'électron est éjecté de l'atome.

Quand un noyau atomique reçoit de l'énergie, un ou plusieurs de ses *nucléons* (proton ou neutron) sautent aussi d'un niveau d'énergie à un niveau supérieur. Le noyau passe de son *état fondamental* à un *état excité*. Et tout comme dans l'atome, quand le nucléon retombe sur son niveau initial, il restitue l'énergie fournie sous forme d'un grain de « lumière ». La différence, c'est que ce grain-là a une énergie de l'ordre d'un million de fois plus grande que le grain lumineux de l'ampoule. C'est un *photon*

*gamma* (voir n° 52). Le noyau s'est *désexcité par radioactivité gamma*. Si l'énergie reçue par le noyau est supérieure à l'énergie nécessaire pour le casser, un ou plusieurs nucléons peuvent lui être arrachés.

Le noyau d' $^4He$  est envoyé sur la cible dans son état fondamental. S'il y reste après la diffusion, il n'a absorbé aucune énergie, la diffusion est *élastique*. Si le noyau se retrouve excité, c'est qu'il a reçu et absorbé de l'énergie et la diffusion est dite *inélastique*<sup>1</sup>.

Un noyau, c'est un peu comme une harpe dont les cordes vibrent chacune à une fréquence différente. Si l'on envoie sur la harpe un grand boum sonore, chaque corde se met à vibrer d'une façon particulière, qui dépend de sa longueur, de sa tension, de son diamètre, du métal dont elle est faite. Autrement dit, l'audition de la harpe indique quelle(s) corde(s) a/ont réagi et donc renseigne sur la configuration de l'instrument. C'est un peu pareil dans une diffusion inélastique : l'ensemble des états excités d'un noyau détermine les musiques qu'il va pouvoir jouer, c'est-à-dire les différentes façons qu'ont ses nucléons d'encaisser l'apport d'énergie. La diffusion inélastique est un outil privilégié pour explorer la structure et les propriétés d'un noyau.

Valérie Lapoux et Joël Martin

(1) Le rebond d'une balle donne une petite idée de ces phénomènes : si la balle rebondit à la hauteur d'où on l'a lâchée, c'est qu'elle n'a perdu aucune énergie lors du choc avec le sol (cas idéal). Le choc est élastique. En revanche, une boule de jade rebondira très peu et risque de se casser. Le choc est très inélastique et si le sol est en marbre, il risque, lui aussi, d'être ébréché (Note du Scintillateur).

# Antares déploie son cordon ombilical

(Les pêcheurs au neutrino ont tendu leur câble d'une façon convenue)

Une étape primordiale a été franchie dans la construction du détecteur de neutrinos Antares (voir ScintillationS n° 33, 34, 41) : le câble qui reliera le détecteur, installé par 2400 m de profondeur à 40 km au large de Toulon en mer Méditerranée, à la station terrestre installée à La Seyne-sur-mer a été déployé avec succès entre le 7 et le 9 octobre par le bateau Castor équipé en câblier<sup>1</sup> pour l'occasion. La pose a été effectuée de la mer vers la terre.

Le câble d'un diamètre de 22 mm, fourni par Alcatel, comporte 48 fibres optiques pour la transmission des données et 1 conducteur électrique (le retour se fait par la mer) pour l'alimentation en courant



Le Castor

alternatif sous 5 000 volts. Il est équipé d'une double armure (diamètre 60 mm) sur 14 km à partir de la côte pour avoir une meilleure protection mécanique à

faible profondeur. Il se termine par un connecteur côté mer pour pouvoir se raccorder à une boîte de jonction qui alimentera chaque ligne du détecteur.

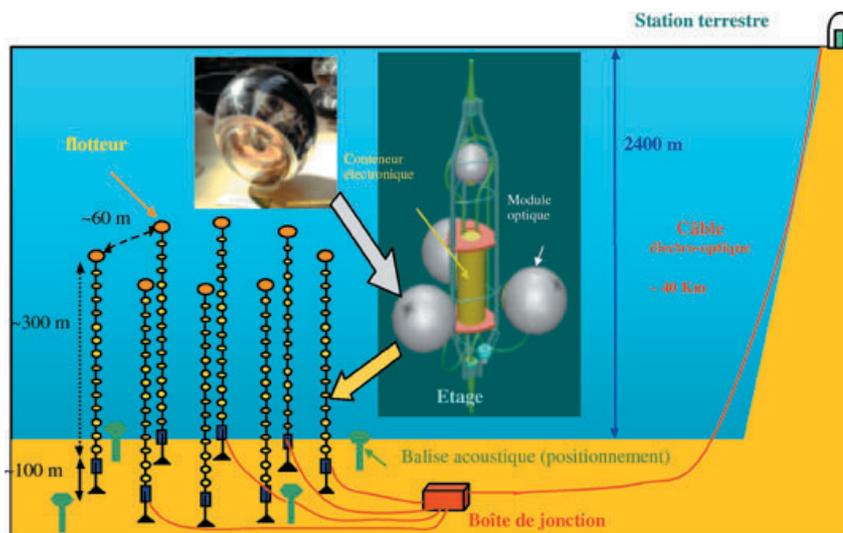


Schéma d'implantation du détecteur composé de 10 lignes posées au fond de la mer et maintenues verticales par leur propre flottabilité. Une ligne est constituée de 30 étages espacés de 12 m, équipés de 3 modules optiques et de l'électronique associée

Contact Dapnia : Patrick Lamare, tél : 01 69 08 72 58, <http://antares.in2p3.fr>. Crédits photo : CNRS/IN2P3

(1) Ces pêcheurs au neutrino friands de thons ont finalement rendu leur câblier (NDLRs).

## « La Jeune Génération » de la Société française d'énergie nucléaire

### Sa philosophie, ses objectifs, ses actions

Il y a un an et demi, des centaines de jeunes ingénieurs et chercheurs dans différents secteurs du nucléaire venant de plus de trente pays se sont rassemblés à Bratislava, en Slovaquie, fondant le Congrès international de la Jeune Génération et lançant la déclaration suivante :

« Nous sommes des jeunes venant du monde entier. Notre culture, notre langage et notre éducation sont différents mais nous partageons la même détermination à communiquer notre préoccupation pour l'environnement. Nous voulons nous assurer que le rôle de la technologie nucléaire n'est pas oublié lorsqu'il s'agit de prendre des décisions sur le futur de notre planète. »

Cette déclaration reflète l'esprit de notre organisme et sa volonté d'agir au sein d'une société dont le développement industriel et technologique « explosif » suscite des besoins énergétiques jour après jour croissants. Nous

souhaitons aussi répondre aux inquiétudes de nos concitoyens qui, pour des raisons diverses, sont de plus en plus préoccupés par la sûreté des installations nucléaires et le devenir des déchets qu'elles produisent.

La Jeune Génération, a été initialement créée, au sein de la Société française d'énergie nucléaire (SFEN) pour promouvoir le transfert du savoir nucléaire entre les générations. Constituée de jeunes ingénieurs et chercheurs experts en énergie nucléaire, notre association reste avant tout un moyen d'information et de réflexion sur le nucléaire, aussi bien sur le plan technologique que sur le plan socio-politique s'ouvrant ainsi sur le grand public.

Dans ce cadre, nous avons organisé au mois de mai de cette année une rencontre avec les jeunes des partis politiques en France. L'objectif de cette action était d'améliorer les échanges

avec la société civile, de comprendre les positions des politiques sur les choix énergétiques et d'informer en donnant une image vue de la Jeune Génération de l'industrie nucléaire.

Cette action continuera et se poursuivra avec une nouvelle rencontre en cours d'organisation, élargie cette fois-ci aux étudiants de l'Ecole nationale d'administration et de certains instituts des sciences politiques, consacrée à la sûreté des installations nucléaires en France contre les agressions externes. Dans la Jeune Génération, on part du principe que tout sujet peut être abordé, toute crainte est légitime et toute question mérite une réponse. L'ouverture au public ne peut créer la confiance recherchée que si les barrières, objectives et subjectives, sont vaincues.

Si nous avons choisi, au sein de la Jeune Génération, de mener cette politique d'ouver-

ture sur d'autres formations associatives, politiques et étudiantes, ce n'est pas seulement parce que nous estimons que ce genre d'initiatives conduira à instaurer un climat de confiance entre nous, mais aussi parce que nous croyons que la notion d'énergie et la planification énergétique ne sont plus une affaire de spécialistes. Aujourd'hui, chacun perçoit l'importance vitale des questions énergétiques pour l'économie, et chacun veut pouvoir s'informer et comprendre les mécanismes et connaître les politiques menées.

La Jeune Génération est également présente d'une façon active dans plusieurs manifestations internationales. Citons notamment la première conférence étudiante américaine sur le nucléaire qui a eu lieu au Texas en mars 2001. Citons aussi Icone9, la conférence internationale organisée par la SFEN et ses homologues japonaise et américaine en avril 2001 à Nice. Quarante-cinq jeunes de la Jeune Génération originaires des Etats-Unis, de l'Europe, de l'Amérique latine et de l'Asie y ont participé avec des présentations traitant des problèmes divers liés à l'énergie, aux déchets et à la technologie nucléaires ainsi qu'à la sûreté des réacteurs et à l'opinion publique face à cette sûreté. La Jeune Génération sera également présente à la prochaine conférence d'Icone qui aura lieu au

mois d'avril 2002 à Washington.

Et parce que nous sommes préoccupés par les problèmes de la pollution de notre environnement et les changements que subit le climat de la Terre à cause des émissions excessives des gaz à effet de serre dans l'atmosphère, et parce que tout cela aura un impact sur la qualité de vie de futures générations, nous participons depuis 1998 aux conférences COP des Nations-Unies sur le changement climatique.

La deuxième conférence du Congrès International de la Jeune Génération, en cours d'organisation, aura lieu en avril 2002 à Taejeon en Corée du Sud. Des membres de la branche française de la JG ont rejoint leurs camarades américains, russes, anglais, allemands et japonais pour soutenir le groupe local coréen. Le congrès a choisi comme slogan pour son deuxième rassemblement « Un monde d'opportunités ». Cette conférence abordera notamment les moyens de développement de nouvelles approches pour faire connaître les bénéfices de l'énergie nucléaire dans l'ensemble des énergies disponibles, afin de promouvoir l'usage de la technologie et des sciences nucléaires pour le bénéfice de l'humanité, de faciliter le transfert des connaissances actuelles vers la nouvelle génération et d'encourager la création d'un réseau mondial de jeunes professionnels et savants dans le domaine du nucléaire.

Ces activités traduisent nos convictions pour une action savante et ouverte. Parce que nous croyons profondément que notre revue *Agir* doit dépasser le contexte classique de la diffusion de l'information dans le milieu é n e r g é t i q u e nucléaire, non seulement en France mais aussi au niveau international et parce que nous croyons qu'une action efficace doit répondre aux questions posées et aux doutes exprimés par une large tranche de la jeunesse dans une atmosphère de clarté et d'efficacité, pour assurer un progrès continu et sûr de nos sociétés. En disant cela, je pense avec émotion à une belle phrase qu'a merveilleusement formulée la poétesse polonaise Wislawa Szymborska : « *Et puis, je saisis sa main. "Rien de nouveau sous le soleil", as-tu dit, Ecclésiaste. Et pourtant, toi-même, tu es né nouveau sous le soleil* ».



Mansour Fadil, thésard au SPhN  
Membre de la Jeune Génération  
Tél : 01 69 08 81 68  
Email : fadil@cea.fr

Mansour Fadil (SPhN)

Pour plus de renseignements, visitez notre

## On écrit à ScintillationS

Suite au « *Comment ça (ne) marche (pas)* » du n° 52, nous avons reçu du Professeur Jean-Louis Bobin de l'université Pierre et Marie Curie, à Paris, un fort sympathique et instructif courrier dont nous extrayons ceci :

« *Quelle surprise de trouver dans le dernier numéro de ScintillationS [...] tout un raisonnement bâti sur une réaction improbable ! Si le fer-56 est bien le plus stable des noyaux, la fabrication de l'hélium-4 est loin d'être directe.* »

Dans une pièce jointe, très claire et très précise, disponible sur simple demande au journal, cet éminent spécialiste, qui nous a déjà fait l'honneur d'être cité dans *Scintillations* (N° 50), comme co-traducteur, avec Alain Milsztajn (SPP) et Yves Sacquin (SPP), du livre de Franck Close : *Asymétrie, la beauté du Diable*, précise,

entre autres passionnantes informations, que lorsque deux deutons fusionnent, ils ne donnent directement de l'hélium-4 que dans un dix millionième des cas. Et d'ajouter avec humour que cette réaction serait pourtant diablement utile pour résoudre les problèmes énergétiques de l'humanité.

Dont acte, mais pas « Pan ! sur le becquerel ».

Notre « *Comment ça (ne) marche (pas)* » (dont notre correspondant souligne avec humour que jamais titre ne fut plus à propos), ne visait en effet qu'à indiquer de façon simple à nos lecteurs non scientifiques d'où vient l'énergie fournie par la fusion.

C'était l'unique but de ce petit article que l'on a soigneusement séparé de celui de Stéphane Schanne afin de laisser de côté tout de qui est probabilités de réactions.

On a choisi la réaction « dd donne hélium-4 » car cet exemple de réaction

possible quoique très rare<sup>1</sup>, est particulièrement simple et montre tout aussi bien qu'un autre (même si cet autre est bien plus probable) que la fusion ne donne de l'énergie que si les deux petits noyaux sont moins robustes que le gros. Et donc, que toute fusion du fer-56, le plus robuste d'entre eux (en fait, c'est le nickel-56, mais il est infiniment plus rare), avec un autre noyau ne produit pas d'énergie.

C'était le message essentiel de ce « *Comment ça ne marche pas* ».

Merci quand même au professeur Bobin qui a eu la délicatesse, avant d'envoyer son pli, d'orner sa bath missive de cette NDLR façon *ScintillationS* : « *C'était pour cogiter sans haine.* »

Nous l'avons entendu et compris. Quelle plaisir de ouïr en cogitant !

Joël Martin (SPhN et ScintillationS)

(1) Un dix millionième des milliards de milliards etc. de réactions qui donnent de l'hélium-4 depuis que le Soleil est né il y a plus de quatre milliards d'années, cela fait quand même un certain nombre... Il est vrai que cette proportion est réhibitoire pour que cette réaction soit exploitable sur Terre. D'où, peut-être, la réaction (épistolaire) de ce sympathique et savant spécialiste des plasmas et de la fusion.

## Comme promis dans le précédent numéro, voici les propositions de Jean-Luc Sida

### Demandez le programme !

#### Rencontre des services avec la hiérarchie du Dapnia

Très favorable à cette « tournée des popotes », Joël Feltesse est venu au SIG courant 2001 avec ses collaborateurs : visite des locaux et du point d'accueil du public, discussion avec les chefs de groupe et les chefs de projets du SIG, à la satisfaction, semble-t-il, de tous. D'autres services devraient ainsi être périodiquement visités.

#### Journées du Dapnia

Il y a eu deux séries en neuf ans : *les métiers du Dapnia* à Seignosse et *la physique du Dapnia* à Kéravel. On s'orienterait vers une journée annuelle, avec présentations des activités du département, un bilan de l'année en cours et de ses faits marquants, les perspectives pour l'année suivante, et des discussions sur le fonctionnement du Dapnia.

#### Séminaire Dapnia, séminaire Scintillations

Les séminaires techniques sont organisés par Rémi Chipaux, tous les mois. Dans la foulée journées de Kéravel, des séminaires vulgarisés ont été donnés et répétés en différents lieux du Dapnia. Dans cette veine, nous proposons des « séminaires ScintillationS » reprenant des articles. Cela permettra une lecture plus approfondie de ces articles et un plus grand rayonnement des faits marquants du Dapnia. Françoise Gougnaud (ex SIG) les organisera.

#### Le Dapnia et les étudiants

- Participation aux « projets parrainés » des collèges et lycées de l'Essonne.
- Implication dans des TIPE (Travaux d'initiative personnelle encadrés) des classes préparatoires aux grandes écoles. Cette année un des thèmes des TIPE est : *Théories, modèles, procédés et technologies relatifs au noyau atomique*. C'est en plein dans notre créneau. Faites des propositions, elles paraîtront sur le web.
- Nous répondons du mieux possible aux sollicitations des écoles d'ingénieurs ou des universités. Des étudiants et enseignants de l'université de Metz ont pu ainsi visiter le Dapnia pendant trois jours. Les retours ont été très positifs malgré la surcharge de travail pour les équipes accueillantes. Ces jeunes demandent de la documentation. Il y en a sur le web du Dapnia. Angèle Séné et/ou la « Gestion des stocks de publications CEA, M. Renault, 01 46 54 92 96, FAX : 01 46 54 92 98 » peuvent vous aider à la compléter.

#### Liens avec les autres départements ou directions du CEA

C'est une « idée folle » de Jean-Luc Sida. Les liens directs avec les autres unités du CEA sont *faibles*. Pour créer des passerelles, pourquoi ne pas faire des échanges entre départements ? Exemples : Vous venez d'être embauché à la Direction de l'Energie Nucléaire, venez faire un stage de six mois au SPhN. Vous venez de prendre la responsabilité d'un projet au SPP, venez faire un stage de six mois dans un service technique. Il est très intéressant de confronter les méthodes de travail et d'apprendre que, dans tel ou tel bâtiment, il y a des compétences similaires ou complémentaires à celles du Dapnia. Tout le monde y gagne, le service qui bénéficie de l'embauche comme celui qui reçoit une aide pendant six mois. Le coût : accepter un décalage de six mois avant de disposer de la personne embauchée. Mais six mois, c'est si peu dans une carrière de 30 ans...

#### Hobbies

Beaucoup de laboratoires ont des hobbies : fêtes, courses, tournois sportifs, concerts. Nos services en ont mais pas à l'échelle du Dapnia. Un tournoi inter services de football sur une journée a été proposé... Y aurait-il des challengers pour l'équipe entraînée par Valérie Lapoux, la Zidanette du SPhN'?

## Va et vient

**Septembre 2001** – Robert Touzery est recruté au SIG. Delfin Loucano est muté du Drecam au STCM. Emmanuelle Guélin quitte le SGPI pour Cadarache et Magali Reyrier, le STCM pour la DEN. Maarten Boonekamp est détaché du SPP au Cern et Jacques Martino, du SPhN (dont il était le chef) prend la direction de SUBATEC, à Nantes. Jean-Paul Jacquemin, quant à lui, part en préretraite. En plus de celui à l'euro, on souhaite à toutes et à tous un bon passage à leurs nouvelles activités.

**Octobre 2001** – Hervé Deschamps est recruté au SEI. Bienvenue au club ! Gérard Coulaud (SDA), Michel Huet (SEI), Michel Juillard (SEA), Jacques Mougeot (SDA), Pierre Paillet (STCM) et Guy Thion (SAP) partent en retraite. On la leur souhaite pleine de bonnes choses. Qu'ils ne s'inquiètent pas trop du nouveau montant de leurs ressources mensuelles, elles seront désormais exprimées en euros.

**Novembre 2001** – Mois très ensoleillé : Antoine Daël (STCM) et Alexandre Loulgerue traversent la route de façon synchronisée pour être mutés à Soleil. Deux autres mutations : Malgorzata Tkatchenko quitte la tête du SGPI pour le Dimri et Christian Travier quitte le SEA pour la DRT de Grenoble. Jacques Néel (SGPI) prend sa retraite. Deux recrutements : Thierry Lasserre au SPP et François Nunio au SGPI. Bon changement de cap à toute et à tous. Jean-Louis Faure est réintégré au SPP. Bon retour au bercail, P'tit Louis !

#### CEA - DIRECTION DES SCIENCES DE LA MATIÈRE

**DIRECTEUR DE LA PUBLICATION** : Michel SPIRO  
**COMITÉ ÉDITORIAL** : Joël MARTIN (porte-parole), Claire ANTOINE, Joël BELTRAMELLI, François BUGEON, Rémi CHIPAUX, Philippe CONVERT, Françoise GOUGNAUD, Christian GOUIFFES, Christophe MAYRI, Xavier-François NAVICK, Yves SACQUIN, Jean-Luc SIDA, Angèle SÉNÉ, Didier VILANOVA  
**MAQUETTE** : Christine MARTEAU  
**MISE EN PAGE** : GRAPHOTEC  
**CONTACT** : Joël MARTIN - Tél. 01 69 08 73 88  
 Fax: 01 69 08 75 84 - E.mail: jmartin@dapnia.cea.fr

<http://www-dapnia.cea.fr/ScintillationS/>

Dépôt légal janvier 2002

8!

**Vous aussi communiquez vos idées folles, nous vous aiderons à les réaliser.  
 Pour contacter l'équipe Com. du Dapnia, composez le 30 00 ou imélez à  
[com@dapnia.cea.fr](mailto:com@dapnia.cea.fr)**

(1) Certains joueurs au foot rugueux boudent sans pouvoir chanter (NDLRs).