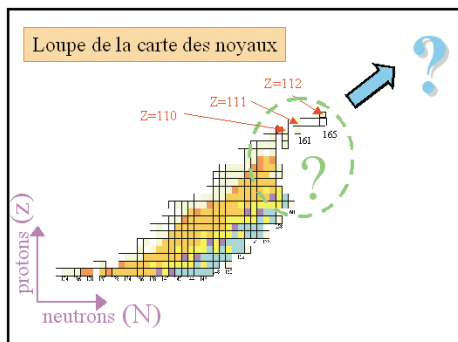


Journal du Département d'Astrophysique, de physique des Particules, de physique Nucléaire et de l'Instrumentation Associée

La vérité (des « superlourds ») sort du puits (de science)

L'édito du numéro 45 de ScintillationS (décembre 1999) titré : « Les Forgerons de l'improbable » évoquait des noyaux d'atomes « superlourds », bien plus massifs que l'uranium, le plus lourd des noyaux existant naturellement sur Terre. Ces éléments radioactifs ont une existence trop brève pour qu'on les trouve à l'état naturel. Depuis la fin du XX^e siècle, l'homo sapiens, et ses drôles d'énormes machines à remonter le temps que sont les accélérateurs de particules, ont pu jouer aux alchimistes modernes : ils ont réussi à créer de nouveaux éléments, et en particulier quelques-uns de ces noyaux superlourds. Certes très éphémères, de tels noyaux vivent néanmoins assez longtemps pour que l'on puisse les détecter juste après leur formation. Le hic, c'est qu'il faut catapulter des milliards de milliards de noyaux sur d'autres noyaux pour avoir une chance que quelques uns fusionnent en donnant quelques superlourds, qu'il est en outre extrêmement difficile de voir au milieu de milliers d'autres corpuscules créés par les chocs des noyaux projectiles sur la cible. Enfin, plus le noyau est lourd, moins on a de chances de le produire...

Mais la nature est bien faite : on peut avoir indirectement des indices sur l'existence et la stabilité de ces noyaux car ils se cassent selon un processus qui les distingue d'autres noyaux. Antoine Drouart, du SPhN, nous raconte (pages 2 à 4) comment, au Grand accélérateur national d'ions lourds (Ganil), près de Caen, on observe les noyaux issus de chocs entre un faisceau de noyaux d'uranium-238 et un cristal de nickel. De ces chocs naissent toutes sortes de noyaux avec, peut-être, des superlourds. Ces noyaux variés sont issus de



Z = 120 ?



mécanismes différents détaillés dans l'article (fission, quasi-fission, fusion-fission...).

Chaque mécanisme a une durée caractéristique. Cela permet de les distinguer.

De cette variété découle le principe de la mesure. Les différents ions issus de ces

cassures « arrosent » un détecteur après avoir décrit des trajectoires plus ou moins « tendues », dont la courbure dépend du noyau dont ils sont issus et de son mode de cassure. Ceux qui se cassent le plus vite produisent des ions quasi instantanément dans la cible de nickel, donc tout près d'autres noyaux de cette cible. Ces noyaux alors les repoussent électriquement et violemment. Ainsi repoussés, ces ions prennent une trajectoire assez courbe et arrosent plutôt la périphérie du détecteur. En revanche, plus un ion est produit « tard », moins il est produit près d'autres noyaux de nickel, moins il est repoussé, plus il file presque droit et plus il arrose près du centre du détecteur. Si l'on considère ce détecteur comme un puits, on peut dire que le puits sera d'autant plus vite rempli si les « gouttes » que sont les ions produits tombent à l'intérieur de la margelle et n'arrosent pas l'extérieur. En fonction du remplissage du puits-détecteur, on pourra estimer, parmi tous les ions produits combien l'ont été « vite » et combien l'ont été « moins vite ». C'est cette mesure des différents temps qui permet de trier les différents noyaux produits. C'est facile à dire, bien plus difficile à réaliser : il faut être capable d'évaluer – même si c'est indirectement – des temps aussi minuscules que 10^{-18} seconde (un milliardième de milliardième de seconde). Le dispositif que décrit Antoine est une astucieuse combinaison d'un puits à ions, couplé à une sorte de chronomètre hyper rapide, grâce auquel on sait si tel ou tel noyau que l'on a détecté est susceptible de donner ou non naissance à un superlourd.

La vérité sort du puits¹, précise au milliardième de milliardième de seconde.

Joël Martin (SPhN et ScintillationS)

(1) Antoine (qui a efficacement aidé à améliorer cet édit) emploie une belle image : celle de l'Ombre du cristal. Il imagine que les ions projetés sont des rais de lumière tombant sur le cristal. En fonction de la « dispersion » de ces rais (faisceau lumineux pointu ou étalé), l'ombre portée par le cristal n'est pas la même. Ainsi peut-on dire que les superlourds sortent de l'ombre...

À la recherche de noyaux disparus ou pas encore apparus

Étude de la stabilité des noyaux superlourds de $Z = 120$ par des mesures de temps de fission

Les noyaux « superlourds » (voir le n° 45 de ScintillationS) sont des éléments dont le numéro atomique (le nombre de protons dans le noyau) est supérieur à 104, à comparer avec l'élément naturel le plus lourd, l'uranium (92 protons). Ils n'ont jamais été découverts dans la nature, mais peuvent être synthétisés dans des accélérateurs d'ions par la fusion de deux noyaux plus légers. L'élément le plus lourd reconnu officiellement aujourd'hui possède 111 protons (Roentgenium), mais des équipes japonaises et russes déclarent également avoir synthétisé quelques noyaux possédant jusqu'à 118 protons. Ces expériences sont délicates et longues : il faut envoyer sur une cible plusieurs milliards de milliards de noyaux pour avoir une chance de fabriquer un seul élément superlourd qui doit être détecté parmi des milliers d'événements parasites. Cette difficulté est liée aux deux étapes de la synthèse d'un noyau superlourd (figure 1) :

1. la *fusion* des deux noyaux initiaux en un noyau composé, noyau d'atome dans un « état excité » instable (voir ScintillationS n° 41) ;
2. la survie du noyau ainsi formé qui se « refroidit » en émettant des neutrons pour donner un élément superlourd.

Chacune de ces étapes coexiste avec d'autres phénomènes qui mènent à la dissociation du système en deux noyaux, souvent différents des partenaires initiaux. Dans le premier cas, on parle de **quasi-fission** qui entraîne la séparation des noyaux avant leur fusion complète et avant la formation du noyau composé. Dans le second, on parle de **fusion-fission** ou plus simplement de fission, dans laquelle le noyau composé se brise avant de s'être complètement « refroidi ». La formation d'éléments superlourds est très peu probable car les processus

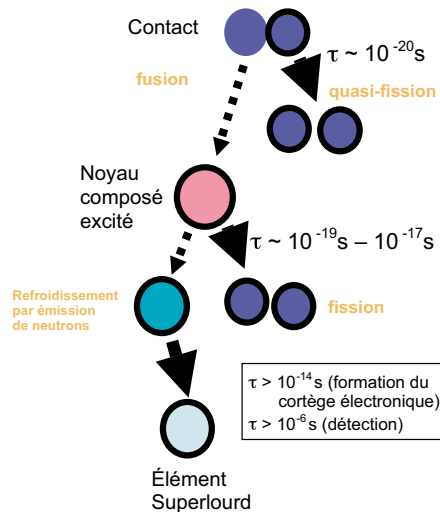


Figure 1 - Schéma du processus de synthèse d'un élément superlourd : les noyaux initiaux arrivent en configuration de contact. Dans la grande majorité des cas, les deux noyaux se séparent rapidement (10^{-21} à 10^{-20} s) après avoir échangé quelques protons et neutrons. Parfois, ils fusionnent complètement et forment un « noyau composé » unique qui est un noyau dans un état excité. Ce noyau composé va soit pouvoir se refroidir en évaporant des neutrons, soit fissionner en deux nouveaux noyaux (en 10^{-19} à 10^{-17} s). S'il arrive à se refroidir complètement, il va vivre assez longtemps pour capturer son cortège électronique (10^{-14} s). L'atome ainsi édifié devient alors un élément chimique à part entière. En pratique, on ne peut détecter que des éléments superlourds qui vivent plus d'une microseconde.

de quasi-fission et de fusion-fission y sont largement dominants. Pour bien comprendre les mécanismes de formation des noyaux superlourds, il est indispensable de pouvoir distinguer expérimentalement les phénomènes de quasi-fission et de fission, de façon à pouvoir étudier les deux étapes de formation. Dans les deux mécanismes, les caractéristiques des fragments émis sont très similaires et il est donc difficile de distinguer les processus. Toutefois, les temps mis en jeu dans les deux types de réactions sont très différents : la quasi-fission dure entre 10^{-21} et 10^{-20} secondes, alors que la fusion-fission, qui implique la formation du noyau composé, peut être significativement plus longue. C'est pourquoi nous avons utilisé la

méthode de *blocking*, qui permet une mesure directe de ces temps de réaction.

Processus de « Blocking » (ou d'« Ombre »)

La méthode mise en jeu ici est celle « d'étude de l'ombre dans les monocristaux », ou *blocking*. Le *blocking* est un phénomène qui apparaît quand un ion est émis à l'intérieur d'un monocristal suivant la direction et à proximité d'un axe cristallin (figure 2). L'ion subit alors une force répulsive de chacun des atomes de l'axe.

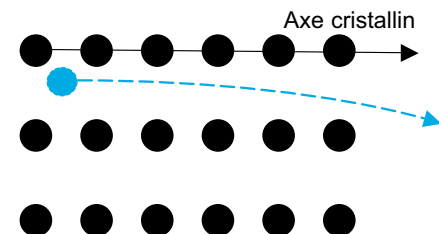


Figure 2 - Le phénomène d'ombre dans un monocristal (ou blocking) : un ion (en bleu) se déplace dans un cristal près d'une rangée atomique. Il subit une force répulsive collective de la part des atomes de cette rangée qui l'en éloigne (pointillés bleus). On observe par conséquent dans la distribution angulaire des ions un trou (dip) centré sur l'axe cristallin.

Sa trajectoire dévie de la direction de l'axe. Lorsque l'on regarde dans la direction de cet axe, on observe un trou appelé « *dip* » ou « creux de blocking » dans la distribution angulaire¹ des ions centré sur l'axe cristallin (figure 3).

Plus l'ion passe près des atomes du cristal, plus la répulsion est importante et plus l'ion est dévié. Le *blocking* est important et le *dip* est profond. Cet effet est maximum tant que les ions sont émis à une distance inférieure à l'amplitude des vibrations thermiques du cristal. Dans cette limite, la profondeur du *dip* est maximale. Elle ne dépend au premier ordre que de la qualité du cristal. Si les produits de réaction sont émis à une distance supérieure, la trajectoire de l'ion est moins perturbée et la dévia-

(1) La distribution angulaire d'un « jet » d'objets (gouttes d'eau d'un tuyau d'arrosage, noyaux émis lors d'une réaction etc.) est leur répartition en fonction de l'angle de leur trajectoire par rapport à l'axe de symétrie du jet (qui correspond à la trajectoire « centrale »). Si l'on envoie le jet sur une cible plane perpendiculaire à l'axe du jet, l'ensemble des impacts est contenu dans un cercle centré sur l'intersection de l'axe du jet et du plan cible. La distribution angulaire est alors reliée au nombre d'impacts en fonction de leur distance au centre du cercle, distance elle-même directement reliée à l'angle entre la trajectoire correspondant à un impact donné et l'axe du jet. Si l'on interpose une bille sur l'axe du jet d'un tuyau d'arrosage, aucune goutte d'eau n'arrivera au centre de la cible visée. S'il est physicien, l'arroseur vous expliquera que la distribution angulaire des gouttes comporte un trou (en anglais : *dip*), au centre. Une différence entre ce jet d'eau et un jet d'ions est que le *dip* observé dans la distribution angulaire des ions émis (voir la légende de la figure 2) n'est pas dû à un objet interposé sur la trajectoire « centrale » – parallèle à la rangée d'atomes du cristal des ions – mais à l'inflexion des trajectoires parallèles à cette rangée. Plus cette inflexion, due à la répulsion des atomes du cristal, est importante, moins d'ions arrivent au centre du cercle témoin des impacts, et, donc, plus le trou, creux ou *dip* est prononcé. J.M.

tion moins importante : le creux de blocking se remplit.

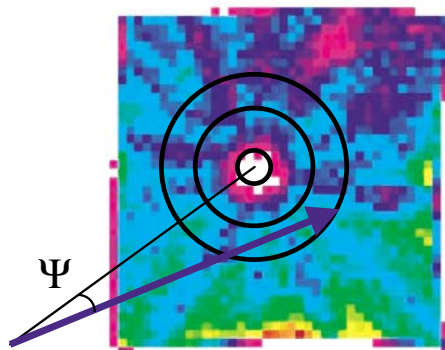


Figure 3 - Répartition des points d'impact des ions dans la direction de l'axe du cristal. L'angle Ψ est l'angle entre la trajectoire de l'ion (en bleu) et l'axe cristallin (en noir). Le centre du dip correspond à la zone blanche (peu d'impacts).

L'expérience

L'expérience E416 est le fruit d'une collaboration entre Ganil, le GPS Jus-sieu, l'IPN Lyon, l'IPN Orsay et le SPHn et le Sédi au Dapnia. Elle s'est déroulée au Ganil en juin-juillet 2003 en utilisant le détecteur Indra (voir *ScintillationS* n° 7 et 20). Un faisceau d'uranium 238 d'énergie 6.62 mégaélectronvolts par nucléon (MeV/A) est envoyé sur une cible constituée d'un monocristal de nickel. Dans cette expérience, on observe les ions émis après une réaction entre un noyau du faisceau et un noyau de la cible dans la direction d'un axe du cristal (figure 4). Dans le cas d'une

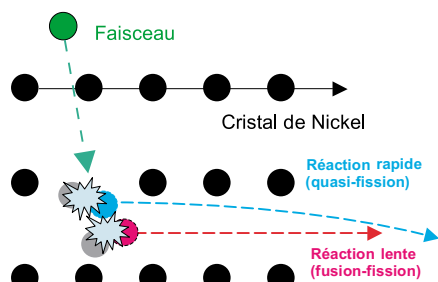


Figure 4 - Dans le cas d'une fragmentation rapide (bleu), les produits de réaction sont émis proche de la rangée cristalline et subissent la répulsion de blocking. Si la fragmentation est plus tardive (rouge), les ions, émis plus loin de la rangée cristalline, ne ressentent plus cet effet car les répulsions des deux rangées voisines se compensent.

réaction rapide, les produits de réaction sont émis très peu de temps après l'interaction, au voisinage immédiat de l'atome-cible. Dans une quasi-fission rapide, le fragment émis dans la direction de l'axe est très proche d'une rangée atomique et subit une forte répulsion. Le dip correspondant à ces réactions est donc profond. Inver-

sement, dans une fusion-fission lente, le noyau composé s'éloigne du rang atomique avant de fissionner. Les fragments sont alors moins sensibles à l'effet de *blocking* et le dip est moins prononcé. La profondeur du dip permet donc de signer des temps de réaction différents. Le temps minimum mesurable correspond au temps mis par des ions pour sortir de la zone des vibrations thermiques (environ 0.0065 nano-

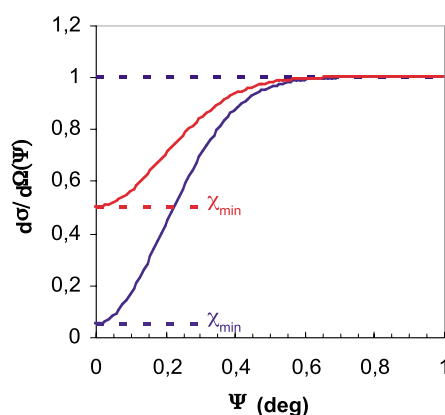
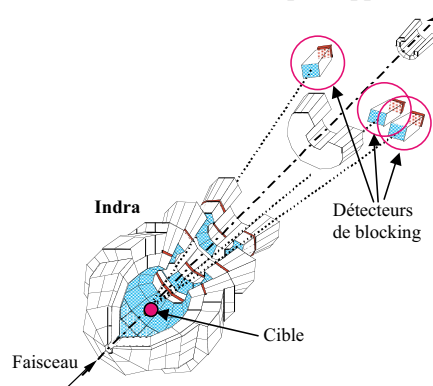


Figure 5 - Répartition des impacts autour de l'axe du cristal (voir aussi figure 3). La courbe bleue correspond aux réactions rapides ($t < 7.10^{-19}$ s) et la courbe rouge aux réactions lentes. Le dip « bleu » est plus profond.

mètre, dans le cristal de Ni à température ambiante). Pour un noyau composé à 120 protons ($Z = 120$), qui résulte de la fusion complète entre un noyau du faisceau et de la cible, ce temps est de 7.10^{-19} s. C'est le temps mis par le noyau composé pour sortir de la zone des vibrations thermiques sachant qu'il se déplace à une vitesse de 29000 km/s dans le cristal. Notre expérience ne peut distinguer des temps inférieurs à cette limite.

Le cristal-cible est monté sur un détecteur orientable dans l'espace, ce qui permet de diriger les axes du cristal vers des détecteurs spécifiques dits « de blocking ». Un tel détecteur est situé à 10° et deux autres à 20° par rapport au



Dispositif expérimental : le faisceau est focalisé sur le cristal de nickel. Les axes de ce dernier sont dirigés vers les détecteurs de Blocking grâce à un goniomètre orientable. Les 17 couronnes du détecteur Indra couvrent quasiment tous les angles autour de la cible.

faisceau, à un mètre de la cible. Chacun mesure la perte d'énergie d'un ion et son énergie résiduelle. On estime ainsi le numéro atomique Z du noyau détecté ainsi que son énergie. La position de l'impact est mesurée avec une précision de 300 micromètres. Connaissant la taille de l'impact du faisceau sur la cible, cette dernière mesure permet de déterminer l'angle d'émission de l'ion avec une précision de 0.046° . On peut ainsi constituer les courbes de dip et calculer la profondeur du « creux » correspondant.

En complément de ces détecteurs, la cible est placée au centre du multi-détecteur Indra qui couvre la quasi-totalité de l'espace autour de cette dernière. Ce dispositif composé de 17 couronnes de détecteurs identifie le numéro atomique de tous les ions émis lors des réactions, notamment les particules légères chargées (protons, hélium) et des fragments de fission émis en coïncidence avec ceux détectés dans les détecteurs de *blocking*. Il est donc possible de sélectionner les réactions issues d'un système de $Z = 120$ où sont émis simultanément deux et seulement deux fragments dont la somme des numéros atomiques est égale à 120 (réactions « purement binaires »).

Les résultats

Les détecteurs permettent de déterminer le nombre de protons (Z) de chaque ion détecté. La figure 6 montre, pour un détecteur de *blocking* situé à 20° , les mesures de pertes d'énergie ΔE corrélées avec les mesures d'énergie résiduelle E . Ces mesures couplées à des simulations, qui calculent des « lignes de Z », déterminent le numéro atomique (nombre de protons) de chaque fragment. La détection et l'identification complète des produits de réaction identifient alors sans ambiguïté les mécanismes. Toutefois, notre dispositif ne peut distinguer les processus de quasi-fission et fusion-fission. Aux trois zones de la figure 6 on associe trois processus différents :

- La zone 1 montre des ions proches du nickel issus de diffusions directes. Il s'agit de réactions nucléaires dans lesquelles les ions partenaires échangent de l'énergie et très peu de nucléons.
- La zone 2 contient des fragments de numéro atomique compris entre 35 et 60. Ces derniers sont issus de la fission des noyaux d'uranium du faisceau qui ont interagi avec la cible.

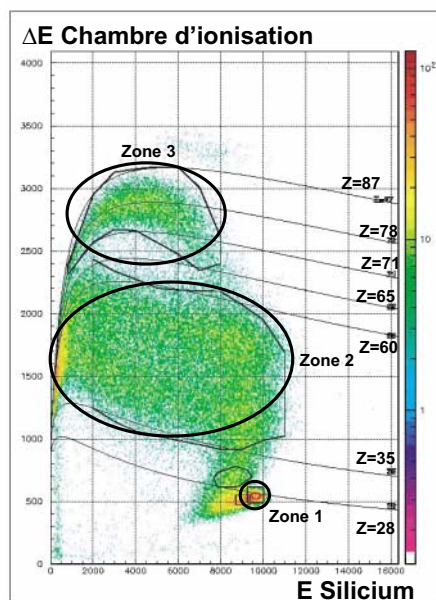


Figure 6 - Graphe d'identification : pour chaque fragment traversant le télescope de blocking, on obtient sa perte d'énergie dans la chambre d'ionisation ΔE en fonction de l'énergie résiduelle E déposée dans le détecteur silicium. Des simulations permettent d'en déduire le numéro atomique Z de l'ion (lignes). On distingue essentiellement trois zones associées à des réactions particulières (voir texte) :

- zone 1 : diffusions directes
- zone 2 : fission des projectiles d'uranium
- zone 3 : fragments de quasi-fission ou de fusion-fission témoins de la formation de superlourds.

- La zone 3 est peuplée de fragments contenant entre 70 et 87 protons, qu'a vus un détecteur de blocking placé à 20° par rapport à la direction du faisceau incident. L'analyse montre que les réactions associées sont en grande

majorité binaires : deux fragments et seulement deux sont détectés après réaction et la somme de leurs numéros est égale à 120.

Les creux de blocking associés à ces trois zones sont présentés dans la figure 7.

Le *dip* associé à la zone 1 est très profond. Il correspond aux réactions de diffusion, trop rapides pour être mesurés par notre dispositif (capable tout de même de mesurer des durées jusqu'à 7.10^{-19} secondes).

La zone 2 correspond à la fission de l'uranium, processus connu pour être lent ; on observe effectivement un creux

de blocking plus rempli. Cela valide notre méthode : *un processus lent se traduit par un dip peu profond : les ions projectiles arrosent peu la région centrale du détecteur.*

Enfin, pour les fragments de la zone 3 on observe un *dip* d'une profondeur intermédiaire. Cela implique qu'une importante proportion des réactions de fragmentation dure notablement plus que 7.10^{-19} secondes.

Compte tenu du nombre de protons des fragments ($70 < Z < 87$), ces temps intermédiaires signent la formation d'un noyau superlourd suivi de sa fission.

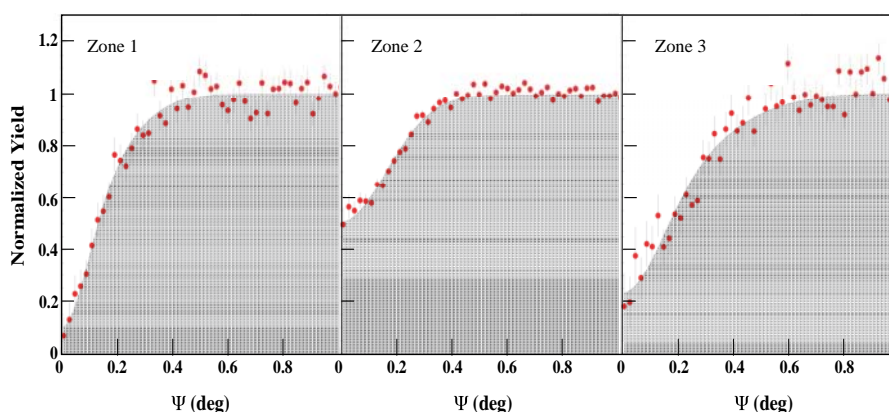
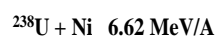


Figure 7 - Creux de blocking (*dip*) : plus petite est la valeur du point le plus bas de la courbe limite entre les zones blanches et grises, ponctuée par les points expérimentaux (en rouge), plus profond est le dip. On retrouve les trois zones sélectionnées dans la figure 6 : (1) diffusions directes, (2) fission de l'uranium, (3) quasi-fission et fusion-fission signant la production de superlourds.

Conclusion

Grâce à la méthode de mesure d'ombre dans un cristal de nickel nous avons distingué les événements de quasi-fission et ceux de fission d'après le temps de vie du système composite. Nous avons ainsi mis en évidence la formation d'un nombre non négligeable de systèmes comptant 120 protons survivant à la fission pendant au moins 10^{-18} s. Des temps aussi « longs » à l'échelle des réactions nucléaires témoignent de l'existence dans cette région d'importants « effets de couches » sources de longévité car ils rendent moins instables les noyaux qui possèdent un nombre particulier de protons et de neutrons (proche ou égal aux nombres « magiques », voir encadré).

Une expérience complémentaire aura lieu prochainement au GANIL pour mettre en évidence par cette méthode les nombres magiques de protons dans la région des éléments superlourds $Z = 114$ et $Z = 124$. Elle contribuera à identifier les zones les plus favorables à la stabilité des noyaux superlourds que, dans l'avenir, d'autres expériences pourront tenter de synthétiser.

Antoine Drouart (SPhN)

Effets de couches et nombres « magiques »

Dans une image macroscopique du noyau, l'assemblage de protons et de neutrons est considéré comme une goutte d'un liquide chargé. La répulsion électrique entre les protons du noyau est compensée par la force nucléaire, attractive. Cette compensation assure la stabilité du noyau. Selon ce modèle simplifié, plus le noyau est gros, plus la répulsion est importante. Au-dessus de 104 protons, la force répulsive devient dominante et le noyau fissionne en deux noyaux plus petits. Dans cette vision, les noyaux superlourds ne peuvent exister. Mais le noyau est aussi le siège d'effets quantiques qui ne rentrent pas en compte dans ce modèle de « goutte liquide » et qui viennent modifier la donne. Notamment, le « modèle en couche » du noyau prévoit que, pour certains nombres dits « magiques » de neutrons et/ou de protons (2, 8, 20, 28,

50, 82, 126), les nucléons sont plus liés que dans un simple liquide chargé, et le noyau correspondant est plus stable (1). Largement confirmés expérimentalement, ces effets sont responsables de l'existence des éléments superlourds et de leur résistance à la fission spontanée. Toutefois, on ne sait pas encore aujourd'hui quels sont les grands nombres magiques qui assureraient un maximum de stabilité aux noyaux superlourds. Les modèles prévoient un nombre de neutrons optimal vers 184, et un nombre de protons de 114, 120 ou 126. Des expériences sont nécessaires pour trancher entre ces différentes prédictions.

(1) Tout comme le sont les atomes des gaz nobles de l'air dont les couches électroniques sont complètes, ce qui les rend pratiquement inertes chimiquement donc très stables.



Caverne de CMS en cours d'excavation, à 90 mètres sous terre.

CMS a une belle bobine

Le détecteur CMS (Compact Muons Solenoid) est l'un des gigantesques appareillages expérimentaux du futur grand collisionneur de hadrons (LHC), au Cern.

Il a été conçu et optimisé pour rechercher le boson de Higgs, la supersymétrie,

les quarks *top* et *bottom*, la physique du lepton le plus lourd : le tau (voir le tableau des particules n° 47) et mieux comprendre la « brisure de symétrie électrofaible ». Les physiciens espèrent ouvrir ainsi les portes d'une nouvelle physique « au-delà du Modèle Standard ».

D'où les particules élémentaires, quarks et leptons, tirent-elles leurs masses ? Comment se sont différenciés les photons, messagers de la force électromagnétique, des bosons Z^0 , l'une des trois familles de messagers de la force faible, à la suite de la brisure de la symétrie électrofaible ? Le mécanisme de Higgs communément invoqué (voir ScintillationS n° 48, 49, 60) explique incomplètement les choses. On conjecture de nouvelles propriétés de la nature : dimensions supplémentaires

d'espace-temps, supersymétrie qui contribuerait à la matière noire galactique... Autres recherches : mieux comprendre la dissymétrie de production particule-antiparticule par l'étude de la violation de CP (n° 48 et 55) dans le système du méson B, à la suite des expériences BaBar et Belle (n° 19 et 48) et acquérir une meilleure connaissance du plasma de quarks et de gluons (n° 46, 51, 61).

L'élément central de CMS est un énorme aimant cylindrique (solénoïdal) supraconducteur, le plus grand jamais construit (longueur : 12,5 mètres, diamètre : 6 mètres). Il est entouré d'une « bobine », enroulement d'un câble conducteur d'électricité d'une conception nouvelle due à Jean-Claude Lottin (SACM) : il a eu l'idée de le renforcer afin qu'il résiste aux tensions mécaniques dues au gigantesque champ magnétique de 4 teslas (100000 fois le champ magnétique terrestre, laissez vos montres au vestiaire!).

Notons que l'énergie magnétique totale stockée dans cet aimant est de 2,6 mil-

liards de joules, de quoi faire fondre 18 tonnes d'or!

La bobine est composée de 5 éléments, dont le dernier a été livré au Cern le 1^{er} mars 2005, accueilli par une cérémo-



Bobine de CMS.

nie officielle. Étapes suivantes : tests en surface, puis descente dans les entrailles du LHC courant 2006. Le monstre sera opérationnel à la mi-2007, prêt à digérer ses premières collisions.

Le Dapnia (essentiellement le SACM et le SIS) est impliqué depuis le début des années 1990 dans la conception de cet aimant et de la partie cryogénique du solénoïde (ce qui permet de glacer l'aimant, *ndlr*), en compagnie d'autres prestigieux instituts comme le Polytechnicum de Zürich (ETH), l'Institut italien pour la physique nucléaire (INFN) à Gênes et le Cern.

L'embarquement pour ITER

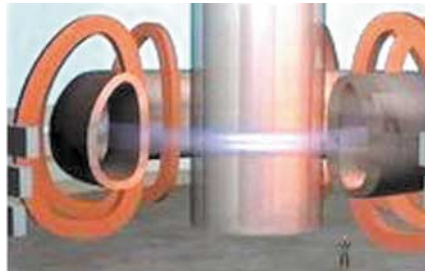
Au moment où *ScintillationS* met sous presse, la nouvelle ensoleille les labos : c'est à Cadarache que le « Réacteur thermonucléaire expérimental international », ITER, allumera un morceau d'étoile.



Fusion : deutérium + tritium → hélium + neutron.

Espérance d'une énergie quasi illimitée pour beaucoup, projet pharaonique selon d'autres, cet immense défi scientifique et technologique est dans la lignée de ces grands projets que l'*Homo scien-*

tificus mondialis sait concocter. Et de même que le Cern, taxé hâtivement de gouffre financier par des critiques à courte vue, produit plus de bénéfices économiques qu'il ne coûte d'argent,



ITER (vue d'artiste).

ITER suscite encore plus d'espairs en matière de créations de richesses et d'emplois. Enjeu énorme.

Au Dapnia, beaucoup ont suivi un

peu en haletant le parcours de la candidature française : demi-finale franco-espagnole¹, puis finale Europe-Japon². Un vigoureux coup de chapeau à toutes les personnes qui ont permis ce succès final, avec une grosse pensée émue pour l'un des grands artisans du savoir-faire thermonucléaire actuel : René Pellat. Ses mânes sans doute se réjouissent. Comme beaucoup d'entre nous.

ScintillationS

Pour en savoir plus, on peut lire l'article de Pierre Bertrand dans *Pour la Science* n° 334, août 2005, pages 8 et 9.



« Dis, Papa, c'est encore loin, le Soleil ? ».

(1) Est-ce pour autant qu'on verra bientôt à Cadarache des briques d'ITER (*ndlr*)?

(2) Est-ce pour autant qu'on y sera sensible aux achats des Nippons ?

Michel CANTIN

La vie d'un labo c'est aussi celle des femmes et des hommes qui y œuvrent avec leur talent, leur passion, leur force de travail et leur humanité. Mais la vie d'un labo, c'est aussi, hélas, les immenses chagrins et le sentiment de grand vide que laisse la disparition d'un collègue et d'un ami. En publiant son hommage à Michel Cantin, ScintillationS souhaite s'associer à l'intense émotion de Jacques Paul et de celles et ceux qui ont connu, admiré et aimé Michel.

Michel Cantin nous a quittés. Voici déjà plus de dix ans qu'un accident avait prématurément mis fin à ses activités au service d'astrophysique. Mais à l'occasion d'un repas de Noël ou d'une autre fête au service, nous avons quand même eu la joie de croiser dans nos couloirs sa curieuse silhouette, façon Lénine à Petrograd.

Quelle joie c'était d'ailleurs pour Michel Cantin de tromper ainsi son monde, lui qui dans les années de plomb de la guerre froide avait combattu tant de sectarismes. Mes premières rencontres avec Michel Cantin remontent à la fin des années soixante. Je débutais alors au service d'électronique physique qui n'avait pas été encore été élevé au rang de service d'astrophysique. J'avais la chance de participer à ces campagnes de lancement de ballons stratosphériques où les équipes du CEA s'essayaient à détecter qui des photons gamma, qui des électrons et positrons « ultra-relativistes » (très proches de la vitesse de la lumière), qui des protons et noyaux accélérés. Quel beau programme d'astroparticules, trente ans avant la lettre !

Je revois encore Michel Cantin, dans un hangar surchauffé d'un petit aéroport de province, s'évertuer à mettre au point un détecteur de protons qu'il avait pris soin de monter dans une cocotte-minute, solution élégante pour mettre l'appareil à l'abri de cet environnement nocif qui règne dans la haute stratosphère. Puis craignant de mettre en œuvre en ambiance spatiale les détecteurs à gaz qui faisaient alors florès dans les accélérateurs de particules, Michel Cantin poursuivit ensuite sa quête d'un détecteur simple et pratique pour traquer les particules cosmiques. Sur une idée de Michel Cassé, il contribua donc au développement de l'aérogel de silice. Il s'agit d'un matériau d'aspect solide, extrêmement léger, mais qui, s'agissant des particules accélérées, se comporte comme les gaz ultra-comprimés des détecteurs à effet Tcherenkov¹. Restaient alors à capter les rares rayons lumineux que produit cet extraordinaire matériau au passage d'une particule relativiste. Pour y parvenir, Michel Cantin l'enferma dans une boîte cylindrique, tapissée à l'intérieur d'un papier blanc ultra-diffusant. Le dispositif était complété par quelques photomultiplicateurs montés tout autour de la boîte. Ceux qui fréquentent le service d'astrophysique ont certainement remarqué ce modèle de l'expérience C2 à bord du satellite HEAO-3 autour duquel s'enroule l'escalier du bâtiment 709. Ses éléments les plus voyants sont justement cet empilement de cylindres plats qui témoignent de la science du détecteur dont Michel Cantin fit toujours preuve.

Au début des années 80, Michel Cantin rejoignit l'équipe en charge du télescope gamma « Sigma ». Pour réduire le bruit de fond du télescope, nous avons décidé d'insérer au-dessus de la caméra à rayons gamma un détecteur apte à enregistrer le passage des particules chargées relativistes, mais suffisamment mince pour ne pas atténuer le rayonnement gamma incident. En charge de ce détecteur, Michel Cantin reprit alors le concept de ses fameuses boîtes diffusantes en remplaçant l'aérogel de silice par un mince disque de plastique scintillant. Succès complet. Sans ces encombrants guides de lumière, sans ces fragiles joints optiques, quatre petits photomultiplicateurs suffisaient à détecter le passage des électrons et protons les moins ionisants. Huit ans d'un fonctionne-

ment en orbite sans la moindre anicroche confirmèrent les remarquables qualités de l'appareil dont Michel Cantin avait mené l'étude et le développement. Tant et si bien que quand les promoteurs du spectromètre SPI à bord du satellite Integral² décidèrent à leur tour d'y insérer un détecteur de particules chargées, c'est une copie conforme de celui de Michel Cantin que réalisa l'industrie italienne pour le compte d'un laboratoire milanais et qui bien sûr fonctionne parfaitement en orbite depuis bientôt deux ans.

Bien avant même le lancement réussi du satellite Granat qui emportait le télescope Sigma, Michel Cantin avait déjà mis sa science de la détection de photons au profit d'un nouvel équipement spatial qui, à bord du satellite SoHO, devait mesurer les oscillations du Soleil en vue de sonder l'intérieur même de notre étoile³. La mesure de ces oscillations passait par celle, extrêmement précise, de

l'excitation d'un gaz par la lumière solaire. Les équipes européennes en charge de ce projet étaient alors divisées sur la meilleure technique à mettre en œuvre. Certains ne juraient que par les diodes photoélectriques, mais grâce à la contribution de Michel Cantin, les tenants français des photomultiplicateurs l'emportèrent haut la main. Ainsi naquit le projet Golf, où les laboratoires français se taillèrent la part du lion. Michel Cantin fut tout naturellement désigné pour s'impliquer dans l'étude et le développement du sous-système à la charge du service d'astrophysique, à savoir l'ensemble des photomultiplicateurs, un des éléments clefs du dispositif expérimental. Là encore son art de l'expérimentation fit merveille jusqu'à cet accident qui l'empêcha de mener sa tâche jusqu'au terme qu'il s'était fixé. Puisse les futurs meneurs de projets spatiaux à Saclay bénéficier du concours de personnalités comme Michel Cantin, véritable physicien, remarquable expérimentateur, ingénieur compétent, le tout sous l'autorité d'un esprit curieux de tout. L'avenir de nos laboratoires n'en serait que meilleur !

Jacques Paul (SAP)



Expérience C2, dans le hall du bâtiment 703 à l'orme des Merisiers (Saclay).

(1) ScintillationS n° 23.

(2) ScintillationS n° 13, 41, 52, 56, 63.

(3) ScintillationS n° 25, 40, 50, 63.

La DSM a un nouveau directeur



Yves Caristan

Yves Caristan est ancien élève de l'École Normale Supérieure de la rue d'Ulm, titulaire d'une thèse en sciences de la terre, du PhD (doctorat en philosophie) en géophysique du Massachusetts Institute of Technology (Cambridge, USA, en 1981) et d'une thèse d'État en géophysique.

François Gounand, dont le mandat à la tête de la DSM a pris fin le 31/12/2005, a été nommé Conseiller auprès de l'Administrateur général. En (très) gros, François Gounand est chargé d'étudier avec Michel Spiro, ancien chef du Dapnia et actuel directeur de l'IN2P3 (CNRS) une nouvelle symbiose entre des unités de recherche fondamentale du CEA et du CNRS.

ScintillationS souhaite à François Gounand bonne chance et succès dans

sa nouvelle mission. En son nom personnel, le porte-parole le remercie pour sa disponibilité, sa chaleur, son sens de l'humain et de ce qu'il a pu faire auprès de nos autorités de tutelle pour infléchir la ligne initiale des premières versions du PMLT, très pénalisante pour le Dapnia. Ledit porte-parole témoigne avec gratitude que François Gounand n'a jamais exercé la moindre pression hiérarchique pour peser sur le ton de notre journal.

François Gounand est remplacé par Yves Caristan, géophysicien spécialiste de la surveillance sismique au CEA de 1981 à 1999, puis directeur général du BRGM (Bureau de recherches géologiques et minières). Notre nouveau directeur, qui prend également la direction du centre de Saclay, a bien volontiers accepté que notre journal publie ses vœux 2005. En lui souhaitant la bienvenue permanente dans nos colonnes, nous l'en remercions :

« Tout nouvellement arrivé à la tête de la Direction des sciences de la matière, je veux d'abord vous dire le plaisir et la fierté que j'ai à être maintenant parmi vous.

En tant que scientifique, je connais depuis longtemps l'excellence de vos travaux et la diversité de vos thématiques. Je sais que la qualité de vos recherches est reconnue et appréciée tant en France qu'à l'étranger. En 2004, comme lors des années précédentes mais dans un contexte plus difficile, vous avez obtenu des résultats importants dont l'impact mérite d'être souligné, dans tous les domaines et toutes les disciplines. De nombreux prix et distinctions sont d'ailleurs venus récompenser vos divers talents.

L'espace de la recherche au CEA est un continuum allant de la recherche fondamentale à la recherche appliquée. En explorant des thèmes très amont, la recherche fondamentale fait naître les nouvelles idées et les nouveaux concepts, provoque les découvertes permettant à l'innovation d'être durablement viable. La DSM en est un acteur majeur.

J'ai déjà rencontré certaines de ses équipes, et je me réjouis par avance des visites que je rendrai, au cours de ce semestre, à celles que je ne connais pas encore.

En attendant, à l'aube de cette nouvelle année, j'ai le grand plaisir de vous adresser mes meilleurs vœux, pour vous-même, votre famille et tous ceux qui vous sont chers. »

Que voilà des choses bien agréables à lire et à entendre ! Nous adhérons d'enthousiasme à cette définition de la recherche fondamentale, recherche tellement « amont » qu'elle est la source de tout ce qui en découle. Sans elle, le fleuve de l'innovation serait durablement tari. Merci à Yves Caristan de rappeler d'emblée, avec ses propres mots, cette incontournable vérité.

Joël Martin
(porte-parole de ScintillationS)

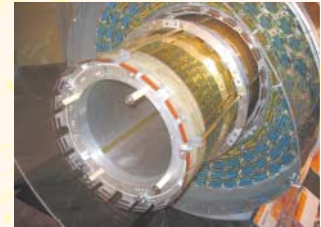
Les lauriers du DAPNIA

Le prix de la communication Dapnia 2004 a été décerné à Dominique Durand (Sédi) et Christophe Yèche (SPP) pour avoir sauvé du placard, après des années de bons et loyaux services, un détecteur construit au Dapnia pour le Cern : CP

Lear. Les deux lauréats méritants et passionnés ont récupéré, dépoussiéré et en partie désossé ce bel instrument désormais obsolète afin d'en dévoiler les entrailles (plutôt Dominique) et d'en expliquer le fonctionnement par des posters clairs et

pédagogiques (plutôt Christophe). Ainsi ressuscité et mis en valeur, CP Lear coule désormais des jours paisibles sous le regard admiratif des visiteurs du site de l'ancienne pile EL3, désormais hall d'exposition. Vaut le détour.

CP Lear fut une superbe expérience implantée sur l'anneau Lear, au Cern, consacrée depuis 1989 à l'étude de la violation de CP (*ScintillationS* n° 48 et 64), source possible de différences ténues entre matière et antimatière. En 1995, le SEI, le SED (fusionnés depuis en Sédi) et le SPP ont proposé une amélioration du dispositif. Résultat : le nombre d'événements analysés a pu être multiplié par 2,5. C'est ce dispositif qui est exposé à EL3.



CP Lear prêt pour l'exposition : à gauche, l'ensemble, à droite, détail des chambres concentriques.

Pour en savoir plus : <http://www-dapnia.cea.fr/Phys/Sed/archives/php/cp-lear.html>

Lors du pot offert par le Dapnia le 22 novembre 2004, à EL3, son chef, Jean Zinn-Justin a précisé, entre autres : « [...] La recherche fondamentale est certes source d'applications mais elle a aussi un objectif plus culturel, et c'est particulièrement vrai pour la physique du Dapnia. L'accumulation des progrès scientifiques modifie peu à peu, et de façon profonde, la vision du monde qui nous entoure. Il est donc tout à fait essentiel que nous communiquions au plus grand nombre les résultats les plus significatifs de notre recherche.

Le jury a été très sensible à votre choix de communiquer sur un sujet, a priori difficile, la violation de CP. [...] L'opération CP consiste à réfléchir l'espace dans un miroir et en même temps à remplacer

toutes les particules par leurs anti-particules. Il y a quarante ans, il a été montré que les lois de la nature n'étaient pas exactement invariantes par CP. Cette complication [...] participe cependant à la solution d'une autre énigme importante : l'absence d'anti-matière dans l'univers. En effet, si les lois de la nature étaient invariantes par CP, on ne comprendrait pas pourquoi il n'y a pas exactement autant de matière que d'anti-matière. Ainsi, une propriété obscure de la physique microscopique a-t-elle contribué à rendre possible l'existence du monde tel que nous le connaissons [...]

Entre juillet et septembre 2004, la Direction générale et la Dircom du CEA ont organisé un concours : « Vos idées ont

la parole ». Les concurrents étaient invités à s'exprimer sur « les défis scientifiques et technologiques qui pourraient être relevés en France à l'horizon 2020 ». Roland Lehoucq (SAp) a décroché le prix de l'idée la plus originale : « réaliser un œil artificiel directement branché sur le nerf optique, qui redonnerait (au moins partiellement) la vue aux aveugles, avec comme enjeu la connexion d'un système électronique inerte à un système nerveux humain ». Voilà, c'est cité.

Roland a gagné un voyage à New York pour 2 personnes. Congratulations & enjoy your trip, Rolly!



Roland Lehoucq

DERNIÈRE MINUTE

Décidément, la violation de CP réussit au Dapnia : la Société Française de Physique (SFP) vient de décerner le prix Joliot-Curie à Gautier Hamel de Monchenault (SPP) pour sa contribution à l'étude de l'asymétrie matière-antimatière via la

désintégration des mésons beaux (*voir n° 48*). Avec une modestie aussi sympathique que collégiale, le lauréat associe à sa réussite le groupe Babar du SPP, ainsi que les ingénieurs et techniciens du Dapnia qui ont contribué au projet.



Eric Delagnes



Gautier Hamel de Monchenault

La même SFP a attribué le prix Yves Rocard à Éric Delagnes (Sédi) pour le « Développement d'un échantillonneur analogique rapide à très grande précision pour applications en oscillographie ». C'est un circuit intégré travaillant à des fréquences de plusieurs gigahertz (1 GHz = 1 milliard d'oscillations par seconde) au cœur d'un oscilloscope numérique portable commercialisé fin 2004 par une société qui a pu ainsi maintenir l'emploi d'une dizaine de personnes. Épatante retombée des développements commencés sur les mémoires analogiques du calorimètre de l'expérience ATLAS, dans lequel elles sont utilisées à 500000 exemplaires, et dont l'aboutissement a donné lieu au dépôt d'un brevet. Puisqu'on vous dit que la recherche fondamentale crée et sauve des emplois...

Le DAPNIA rayonne au Chili



Le site de La Silla de l'Observatoire européen austral (ESO), au crépuscule.

Félix Mirabel (SAP) est bien connu de nos lecteurs pour ses nombreux travaux sur les microquasars et autres trous noirs phagocytes d'étoiles ou propulseurs de supernovæ (*ScintillationS* n° 36, 52, 56, 57, 59, 62), mais aussi pour l'identification de galaxies infrarouges ultra-brillantes. Le voilà détaché au Chili pour 3 ans, comme représentant officiel de l'Observatoire européen austral (ESO, *photo*), et directeur de l'Office des sciences de Santiago. À travers lui, le rayonnement international du Dapnia est une fois de plus reconnu. Bravo Félix !

Fête au DAPNIA



Les secrétaires du Dapnia (une bonne vingtaine) se sont joyeusement retrouvées pour célébrer la fête des secrétaires autour d'un bon buffet confectionné par... elles-mêmes.

Cette fête a lieu tous les ans le 3^e jeudi d'avril depuis 1992.

On peut voir dans ce repas printanier un bel exemple de la fédération des services au Dapnia.

Sophie Chastagner (SIS)

Le DAPNIA a un nouveau service

Le Service de démantèlement (ou déclassement) des accélérateurs (SDA) n'a cessé depuis sa création d'acquérir une expertise à présent unanimement reconnue en matière de déclassement d'installations nucléaires de base (INB).

Ses équipes animées par des spécialistes chevronnés des accélérateurs et de la protection contre les radiations ont développé une méthodologie qui fait maintenant autorité.

Cette situation a tout naturellement créé un accroissement des domaines de compétence du SDA. Ce service du Dapnia change donc d'étiquette : à dater du 1^{er} janvier 2005, il devient le Service d'expertises nucléaires en assainissement et conception (Senac), libellé très clair : le Sénac a vocation d'apporter



Saturne en partance vers sa dernière demeure.

ses compétences en méthodologie du déclassement et de l'assainissement, mais contribue aussi, avec la Direction de l'énergie nucléaire (DEN), à l'élaboration d'une norme internationale en matière, entre autres, d'évacuation des déchets.

Au départ chargés d'enterrer proprement deux machines emblématiques de Saclay, Saturne et l'ALS, les assainisseurs du Dapnia ont acquis une stature d'experts en nettoyage nucléaire, ce qui confère à notre département une image « sociétale » extrêmement positive, mais aussi une dimension de concepteur en nouvelles installations (accélérateurs et autres), vu que c'est en démontant et en nettoyant un instrument qu'on en connaît le mieux le principe et le fonctionnement.

On ne change pas une équipe qui gagne : son chef reste le même, François Damoy, chef de l'ancien SDA.

Un grand bravo, et longue vie au Senac (plus longue que celle des déchets qu'il est chargé d'évacuer) !

Va-et-vient



Noeud de va-et-vient (assurance pour grimper).

Octobre 2004 – Sandrine Cazaux est mutée du SACM au SIS. Le SIS bénéficie aussi de l'arrivée de Sophie Chastagner venant de Dapnia /Dir. Christine Toutain et Gildas Thomas quittent le SIS, l'une pour le SAP, l'autre pour le Sédi. Philippe Galdemard quitte le SAP pour le LSCE. Félix Mirabel (*voir colonne 1*) est détaché auprès de l'ESO. Jacques Gaiffier, Pierre Léaux et Yves Pabot prennent leur retraite. À toutes et à tous nous souhaitons de s'épanouir dans leurs nouveaux horizons.

Novembre 2004 - Yves Fournier quitte le SDA pour le Laboratoire Léon Brillouin (LLB) au Drecam. André Bouère et Jean-Claude Sérinet (tous deux du SAP) et Marcel Le Guen (SACM) partent en retraite. André Tabary (SAP) passe annexe 1. Un grand bravo ! Jean-Marc Joly quitte le SDA dont il fut chef de service adjoint, pour le département de recherche médicale de la DSV, à Fontenay aux Roses. Bon vent, Jean-Marc, et reviens nous voir pour évoquer nos visites de l'ALS ! Samira Hassani est recrutée au SPP et Olivier Louchart, au SACM. Bonne chance à ceux qui vont et à ceux qui viennent.

Décembre 2004 – John Rander (SPP) part en retraite, ainsi qu'André Tabary (SAP). On la leur souhaite pleine d'activités épanouissantes. Abdallah Hambi (SACM) passe annexe 1. Félicitations ! Et vive le père Noël : ce mois de décembre voit arriver quatre nouveaux recrutés : Nicolas Duportail et Philippe Le Pouhalec, au SIS, Julien Pancin, au Sédi et Jérôme Rodriguez au SAP. Bienvenue au Dapnia !

Janvier 2005 – Danielle Nicolleau (SIS), Jean-Pierre Badiou (SIS), Jean-Bernard Berton (SACM), Francesco Farci (SIS), Christian Génin (SACM), Jacques Mallet (SPP), Claude Mazur (Sédi), Simone Peresse (Dapnia/Dir) et Daniel Vignaud (SPP) constituent la cohorte des partants en ce début d'année. Bonne chance dans votre nouvelle vie. Sandrine Hernando est mutée de Dapnia/Dir au Sédi et Jean-Marc Casandjian est muté de Ganil au SAP. François Dumoulin est recruté au Sédi. Bienvenue à ces nouveaux arrivants.

Février 2005 – Bernard Coadou (SACM) s'en va suite à un « départ négocié ». Reviens nous voir, Bernard ! Ferdinand Robin quitte le SACM pour le Ganil. Bonne chance ! Éric Pantin (SAP) nous revient après six mois de

congé sabbatique. François Meigner arrive au Sédi, venant du Département conception de réalisations et d'expérimentations (DCRE) de la DAM. Bienvenue au Dapnia !

Mars 2005 – Jean-Paul Mille (SIS) et Michel Poitevin (SACM) partent en retraite. Bonne route ! François Bugeon est muté du Sédi au SIS. Il fera encore mieux bénéficier le Dapnia des qualités de communicateur, que nous connaissons bien à *ScintillationS*. Bonne chance, François dans tes nouvelles activités !

Avril 2005 – Gérard Chaillot (SAP) ainsi que Monique Loret et Gertraud Kozanecki, tous deux du Sédi, partent en retraite. On la leur souhaite pleine d'activités. Michel Winckler (Sédi) passe annexe 1. Toutes nos félicitations. Trois mutations vers Dapnia/Dir : Didier Béderède (SIS), Philippe Bourgeois (Sédi) et Christian Cavata (SPP). Un quatrième « muté » nous arrive de la direction de la DSM : Thierry Vappeureau vient renforcer le SIS. Bonne continuation à tous les quatre.

Mai 2005 – Le Dapnia déplore le décès de José Soares Pinheiro (Senac). *ScintillationS* présente ses condoléances à sa famille, ses collègues et ses amis. Christine Rod (Dapnia/Dir), Marcel Jablonka (SACM), Emile Pasquetto et Jack Rolquin (tous deux du Sédi) partent en retraite. On leur en souhaite le développement durable. Côté mutations : Alexis Amadon quitte le SPP pour la DSV, Eric Corbet quitte le Senac pour le Service d'assainissement et de gestion des déchets de Saclay de la DEN, Wilfrid Farabolini arrive au SACM en provenance du Département de modélisation des systèmes et structures (DMSS) de la DEN, Fabien Jeanneau vient de la DRT (Département des technologies du capteur et du signal, laboratoire modélisation, mesure et analyse) et va au Sédi, et Jean-Michel Dumas passe de la Direction du patrimoine et de l'assainissement (DPA) de la DEN, au Senac (voir page 9 l'article sur ce nouveau service).

Juin 2005 – Anne-Claire Gouze (DIR) prend un congé parental d'éducation. On est contents pour elle et sa famille et on attend son retour. Yves le Coz (SphN) s'embarque pour Iter (Cadarache), au Département de Technologie nucléaire de la DEN. Yves, on te souhaite bien du soleil ! Pascal Ver-

nin migre du SPhN au SPP. Bonnes parties de billard avec les particules, Pascal ! Valentin Blideanu est recruté au Senac. La plus cordiale bienvenue ! Jean-Pierre Robert (Sédi) s'en va vers le riant horizon de sa retraite. Bonne continuation !

Pan ! sur le becquerel !

Notre journal présente ses plus vives excuses, et surtout celles du porte-parole, pour les inversions de personnalités dans la légende de la photo des membres du comité d'évaluation du DAPNIA, parue dans notre numéro 66. Contrairement à certaines « *ndlr* » sporadiquement distillées dans ses colonnes branchées, il va de soi que notre journal s'interdit de telles facéties lorsqu'il s'agit de personnes.

Nous espérons que les prestigieuses victimes de cette étourderie auront l'indulgence de nous la pardonner.

Voici l'authentique légende (merci à Roland Dayras, SPhN).



Au premier rang, de gauche à droite de la photo :

- 1 Prof. Ken Peach (Président)
- 2 François Gounand
- 3 Prof. Sir Chris Llewellyn Smith
- 4 Prof. Roberto Petronzio
- 5 Jean Zinn-Justin
- 6 Prof. Douglas Gough
- 7 Prof. John Peoples

Au deuxième rang, de gauche à droite de la photo :

- 8 Prof. Hans Specht
- 9 Prof. Alfred Mueller
- 10 Prof. Lawrence Cardman
- 11 Prof. Walter Henning
- 12 Prof. Guy Wormser
- 13 Prof. Ugo Amaldi
- 14 Prof. Simon White

Cette bévue n'est pas la seule. Page 4 du même n° 66, la photo en bas à gauche représente une expérience auprès de Spiral, au Ganil, et non, comme le prétend hâtivement la légende, de Spiral2, dispositif encore à l'état de projet. Mais, bonne nouvelle, ce projet SPIRAL2, de

130,2 millions d'euros, vient de recevoir (23 mai 2005) le feu vert du ministère délégué à la recherche.

Jamais deux sans trois : dans le passage du Rapport consacré à la spallation (page 6, colonne 1, lignes 4-7) on peut lire : « La mesure des réactions de spallation autour de 1 GeV, vitales pour les systèmes contrôlés par accélérateur. *Ces mesures utilisent le séparateur de fragments du GSI, dont le Dapnia est le maître d'œuvre.* »

Une traduction plus précise du texte anglais original est la suivante : « La mesure des réactions de spallation autour de 1 GeV, vitales pour les systèmes contrôlés par accélérateur. *Ces mesures utilisent le séparateur de fragments du GSI, mais le Dapnia en est le maître d'œuvre.* »

C'est presque pareil, sauf que c'est complètement différent ; c'est un peu comme si on disait que le facteur d'excellents pianos, M. Steinway, est le maître d'œuvre des interprétations de Rubinstein. Le Dapnia n'est pas le maître d'œuvre du séparateur, œuvre du

GSI, mais le Dapnia est le maître d'œuvre des mesures des réactions de spallation.

Les bouteilles traditionnelles attendent les victimes dans le bureau du porte-parole.

Le porte-parole

Plumes du DAPNIA

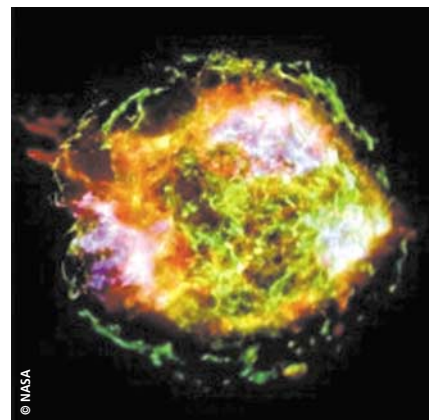
Michel Cassé (SAp) écrit plus vite (vite et bien) que son ombre. Il publie chez Odile Jacob un nouveau livre où l'ombre est omnipotente, mais où l'on ne sent jamais l'angoisse de la page blanche :

Énergie noire, matière noire.

Énergie noire et matière noire représentent 95 % de l'Univers¹. La composition de la matière noire nous est inconnue car, comme les trous de la même couleur, on ne la voit pas. Mais on la sent, entre autres aux mouvements des galaxies, qui ne tournent pas comme si la seule matière était la matière visible (celle dont nous sommes faits et qu'on nomme aussi *matière*

baryonique). La matière, noire ou visible, s'agglutine par gravitation attractive, celle qui fait tomber les boules de pétanque et les balles de tennis. Mais, comme l'écrit l'auteur, « Pour comprendre ce qu'il nous est donné à voir, deux formes de gravitation opposées sont requises. La matière noire qui a une vertu attractive, et l'énergie noire qui jouit d'une gravitation répulsive. »

Dans cet ouvrage d'une grande rigueur scientifique, parfois ardu, mais où il donne libre cours à sa poésie naturelle, Michel Cassé, esprit géométrique tout en finesse, nous emmène dans une haletante « cavale cosmologique » où le zéro rejoint l'infini.



Les restes gazeux de la supernova Cassiopeia A, qui a explosé à 10 000 années-lumière de la Terre. L'observation de tels phénomènes dans des galaxies lointaines a révélé l'existence de l'énergie noire.

Un autre Lucky Luke du SAp, Roland Lehoucq, publie aux éditions du Pommier (collection *Les Minipommes*) :

Le Soleil, notre étoile

Ce délicieux livret joliment illustré par Magali Bonniol recueille les réponses « sérieuses et drôles » de l'auteur à des questions drôles et sérieuses que posent les enfants sur cette boule « pas plus grosse que la Lune », qui nous chauffe, qui nous éclaire, qui a l'air de tourner autour de la Terre et qui ne tombe pas comme la pomme de Newton.

Le rapport qualité/prix est imbattable pour les travailleurs de notre Maison : il est infini puisque le livre est offert par le CEA. Ne vous en privez pas et faites le lire à vos chères têtes blondes. Mine de rien, elles et ils aborderont des tas de choses

en riant (puisque'il est même question du Soleil aux toilettes), mais sans que ne soient prononcés de gros mots comme thermodynamique, physique nucléaire, analyse spectrale, effondrement gravitationnel. Pourtant, tout y est, mais à la sauce Roland, décidément un grand vulgarisateur.

Ce recueil est un petit bijou.



Le gai savoir de Joël Martin.

Aux Presses Universitaires de France vient de paraître un « Que sais-je », sobrement intitulé « La contrepèterie ». Et de tous les livres de Joël c'est peut-être celui-là que je préfère. Certes, il n'y a que 400 contrepèteries dissimulées dans ses 126 pages, et seulement 950 se dévoilent dans le plus simple des appareils, une misère ! Mais il condense le savoir *encyclopédique* du plus grand contrepèteur du Dapnia (1,86 m).

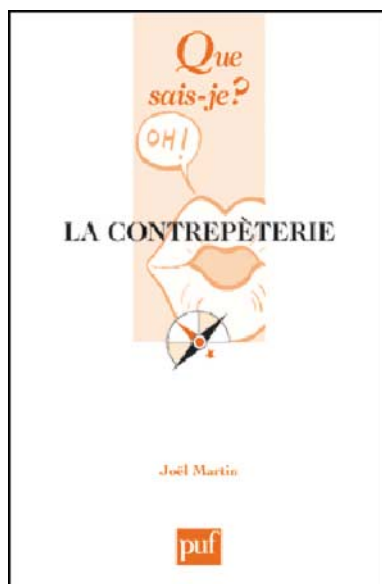
D'abord il remonte aux origines contrapétives, révèle que la médecine et l'église y sont pour quelque chose, et que derrière l'histoire se cache la franche rigolade. Ensuite on cause mécanique, permutation, glissement

sémantique, bref, on apprend comment marche cette affaire-là et comment la savourer.

Un mystère se lève : pourquoi les francophones contrepètent-ils si fort et pas les autres ? On découvre la contrepétophonétique. On apprend que le contrepèter est un sujet de thèse de médecine, que les orthophonistes le mettent à profit, et que les gamins qui s'y frottent ont toutes les chances d'avoir la langue bien pendue. Et le chapitre d'exercices résolus qui clôture le tout nous montrent l'exemple.

Ce bouquin : c'est la pédagogie du plaisir !

François Bugeon (SIS)



(1) Composition du monde : matière baryonique (celle qui nous est familière), 5 % ; matière noire, 23 %. Tout le reste (72 %) est énergie sombre.

Un « scoop » rattrapé de justesse

Jeudi 7 juillet. Votre *ScintillationS* n° 67 enfin bouclé vient d'être transmis à l'imprimeur.

À 15 heures 30, tombe un email. C'est un communiqué CEA-CNRS annonçant la découverte par Hess (voir ci-dessous), d'une source galactique de photons d'une énergie sans précédent.

Cette découverte vient d'être publiée ce même jeudi 7 juillet 2005 dans la prestigieuse revue *Science*, qui avait mis l'embargo dessus jusqu'à cette date. Mais la nouvelle était connue quelque part au sein du Dapnia puisque le papier de *Science* est signé entre autres de deux membres de notre département.

Un rappel : *ScintillationS* est le journal dudit département, c'est écrit dessus...

Pourtant le mail évoqué ci-dessus ne vient pas du Dapnia. Il m'a été transmis, dans la minute où elle l'a reçu, par une journaliste de *La Recherche*, que tous les lecteurs de *ScintillationS* peuvent remercier car je n'ai reçu la nouvelle par le canal habituel que le lendemain, c'est-à-dire trop tard. Sans le professionnalisme et la gentillesse de cette journaliste, nos lecteurs auraient été privés de cette nouvelle.

Imaginez la tête du responsable du journal intérieur du Dapnia apprenant dans la presse extérieure une nouvelle impliquant directement le Dapnia ! Rassurez-vous, chers lecteurs, le porte-parole gardera pour lui les noms d'oiseaux qui ont submergé ses neurones effarés par une telle avarie dans la transmission de l'information à l'intérieur du département dont il est chargé de diffuser les nouvelles.

Mais vous, lecteurs, qui comptez sur la meilleure information possible, ne serez peut-être pas indifférents à l'avarie en question, d'autant qu'une avarie encore plus pénalisante s'était déjà produite avec une autre belle nouvelle cosmique parue dans *Nature* et sous embargo intégral. Mais cette fois, la nouvelle libérée de son embargo n'était hélas parue que juste après l'impression du *ScintillationS* d'alors (n° 62). C'était irrattrapable. Nos lecteurs en avaient donc été privés alors que, paraissant après *Nature*, le n° 62 aurait respecté l'embargo. Mais pourquoi ne pas nous avoir livré ces deux nouvelles à l'avance pour que nous puissions les traiter confortablement, en nous avisant de l'embargo et de sa date de levée ? Problème de confiance ? Non. Plutôt d'insouciance ! Ce n'est pas forcément mieux : *ScintillationS* n'est certes ni *Science* ni *Nature*, mais, on insiste : c'est le journal du Dapnia, maison mère, et bailleur de fonds... La présente introduction vise – et vise seulement – à sensibiliser auteurs et lecteurs afin de prévenir toute autre récidive. Hess trop demander ?

Le porte-parole de *ScintillationS*

Un nouveau type de source gamma dans l'Univers

Des astrophysiciens de la collaboration internationale Hess (acronyme de « High Energy Stereoscopic System »), qui réunit notamment des laboratoires du CNRS (IN2P3 et INSU) et du CEA (Dapnia), ont découvert un type nouveau de source de rayons gamma de haute énergie. Il s'agit d'un système binaire de type « micro quasar »¹ (LS5039), composé d'une étoile normale et d'un objet plus compact, comme on en a déjà détecté un peu plus d'une dizaine dans la Voie lactée. Mais LS5039, que vient de scruter Hess, se révèle exceptionnel, vu la colossale énergie des photons qu'il émet.

Les rayons gamma de l'espace sont produits dans des « accélérateurs de particules cosmiques », comme les supernovæ. Ils nous renseignent sur les phénomènes de haute énergie produits dans l'Univers (voir n° 52 et 63). Le réseau de télescopes Hess est le premier appareillage capable de cartographier les régions centrales de notre Galaxie dans ce domaine d'énergie et de découvrir ainsi, peut-être, de nombreuses sources encore inconnues.

Le système binaire LS5039, distant d'environ 10 000 années-lumière de la Terre, a été identifié en 1997. Comme ses

congénères, il est composé de deux objets en orbite l'un autour de l'autre. Le premier est une étoile normale, tandis que le second est un trou noir ou une étoile à neutrons (une étoile en fin de vie, après le stade de la supernova) beaucoup plus compact que son compagnon dont il attire la matière. Cette matière tombe vers l'objet dense en décrivant une spirale de plus en plus serrée, un peu comme l'eau qui se vide dans un évier. L'objet propulse de manière régulière deux jets de matière dans deux directions opposées. Les astrophysiciens et physiciens de la collaboration Hess viennent de découvrir que ce micro quasar est un drôle de particulier : il émet des photons d'énergie comprise entre 100 et 4 000 milliards d'électronvolts (100 GeV à 4 TeV), soit plusieurs dizaines de millions de fois l'énergie de rayons X très « durs » (quelques dizaines



L'un des quatre télescopes de Hess situé sur le plateau du Gamsbergs, en Namibie.



Le système double LS 5039 tel que le représente un logiciel de Rob Haynes (université d'État de Louisiane).

de milliers d'électronvolts) comme en émettent d'autres micro quasars.

Une autre originalité reste à expliquer : comment les rayons gamma s'échappent-ils du système binaire sans s'être convertis en particules de matière et d'antimatière, comme le prévoit la théorie pour des photons de cette énergie ? Il faudra d'autres observations pour mieux comprendre cette nouvelle source, la nature de l'objet compact et les mécanismes de production de ces photons si énergiques. On pense à d'énormes pichenettes que les particules des jets de matière donneraient aux photons UV issus de l'étoile compagnon, leur communiquant des énergies avoisinant le TeV et plus, si affinités.

Hess est situé en Namibie, au sud sud-ouest de l'Afrique. Ce réseau de quatre télescopes de 13 mètres de diamètre est actuellement le détecteur le plus sensible aux rayons gamma de si hautes énergies. Ces rayons gamma sont rarissimes : un seul photon gamma par mois et par mètre carré arrive en haut de l'atmosphère terrestre. Il faudrait un détecteur spatial absolument gigantesque, irréalisable actuellement, afin de collecter assez de photons gamma dans l'espace pour « voir » la source émettrice. L'astuce du réseau Hess est d'utiliser l'atmosphère comme détecteur. Lorsque les rayons gamma entrent dans l'atmosphère, ils produisent des particules plus rapides que la lumière dans l'air. Ces particules émettent alors de brefs éclairs de lumière bleue, la lumière Cherenkov² (voir *ScintillationS* n° 23), qui ne durent que quelques milliardièmes de seconde. C'est cette lumière, collectée par les miroirs, puis enregistrée par les caméras ultrasensibles et ultrarapides de Hess, qui sert à reconstruire l'image de la source telle que les rayons gamma nous la révèlent.

Pour en savoir plus :

<http://dphs10.saclay.cea.fr/Sap/>

CEA - DIRECTION DES SCIENCES DE LA MATIÈRE

DIRECTEUR DE LA PUBLICATION : Jean ZINN-JUSTIN
COMITÉ ÉDITORIAL : Joël MARTIN (porte-parole), Claire ANTOINE, François BUGEON, Rémi CHIPAUX, Philippe CONVERT, Françoise GOUGNAUD, Christian GOUFFES, Pierre GUICHON, Christophe MAYRI, Alain MILSZTAIN, Xavier-François NAVICK, Yves SACQUIN, 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 juillet 2005

6!

(1) Voir *ScintillationS* n° 36, 52, 56, 57, 59, 62.

(2) Cherenkov Pavel Alekseievitch (1904-1985), physicien russe, découvreur de l'effet portant son nom, ce qui lui valut le prix Nobel 1958 (avec Ila M.Frank et Igor Y.Tamm). Se prononce « Tcherenkoff » et s'orthographe selon affinités : Tcherenkov, Cherenkov, Cerenkov ou Čerenkov.