

# Les grandes énigmes de la physique

## Conférence de presse

**Vendredi 4 février 2005  
CNRS, Paris.**

**Contact presse :**

Claire Le Poulennec

Tél : 01 44 96 49 88, Mél : [claire.le-poulennec@cnrs-dir.fr](mailto:claire.le-poulennec@cnrs-dir.fr)

**Contact Département des sciences physiques et mathématiques :**

Frédérique Laubenheimer

Tél : 01 44 96 42 63, Mél : [frederique.laubenheimer@cnrs-dir.fr](mailto:frederique.laubenheimer@cnrs-dir.fr)

**Contact Institut national de physique nucléaire et de physique des particules :**

Christina Cantrel

Tél : 01 44 96 47 60, Mél : [Ccantrel@admin.in2p3.fr](mailto:Ccantrel@admin.in2p3.fr)

## Programme de la conférence de presse 4 février 2005

Interventions de :

**Etienne Augé**, Laboratoire de l'accélérateur linéaire, Orsay (IN2P3-CNRS/Université Paris XI).

*Particules et univers : deux champs de recherche intimement liés.*

**Alain Aspect**, Laboratoire Charles Fabry, Institut d'optique théorique et appliquée, Orsay (CNRS/Université Paris XI).

*Les mystérieuses frontières du monde quantique.*

**Bernard Castaing**, Laboratoire de physique, Lyon (CNRS/ENS Lyon).

*Insaisissable turbulence.*

**Jorge Kurchan**, Laboratoire de physique et mécanique des milieux hétérogènes, Paris (ESPCI/Universités Paris VI et VII).

*Pourquoi la matière devient-elle vitreuse ? Les ambiguïtés des solides liquides.*

**Michel Bitbol**, Centre de recherche en épistémologie appliquée, Paris (CNRS/Ecole polytechnique).

*La gestation des nouvelles théories en physique.*

La conférence sera animée par :

**Pablo Jensen**, Laboratoire de Physique de la matière condensée et des nanostructures (CNRS/Université Lyon I)  
*Auteur du livre Des atomes dans mon café crème : la physique peut-elle tout expliquer ? (Seuil, 2004).*

## Les intervenants

**Etienne Augé** est professeur à l'Université Paris-Sud et directeur adjoint du Laboratoire de l'accélérateur linéaire d'Orsay (plus gros laboratoire de physique des particules du CNRS). Après avoir étudié l'asymétrie entre matière et antimatière dans la désintégration des mésons K neutres, il travaille depuis 15 ans sur divers développements d'instrumentation pour préparer l'expérience ATLAS du collisionneur LHC, au CERN (Genève). Dans cette perspective, il s'intéresse au problème de la masse des particules élémentaires, au moyen de mettre en évidence le (ou les) boson(s) de Higgs et d'étudier ses (leurs) propriété(s). Plus généralement, il s'intéresse aux phénomènes nouveaux que l'on espère détecter lors des collisions proton-proton à très haute énergie dans le collisionneur LHC. Notamment les particules dont l'existence est prédite par la théorie supersymétrique. D'autre part, le Laboratoire de l'accélérateur linéaire est impliqué dans plusieurs expériences à la limite de la physique des particules et de l'astrophysique : l'étude des rayons cosmiques énergiques, la mesure des asymétries du fond cosmologique ou encore la mise en évidence des ondes gravitationnelles.

Tél : 01 64 46 89 37, Mél : auge@lal.in2p3.fr

**Alain Aspect** est directeur de recherche CNRS au Laboratoire Charles Fabry de l'Institut d'optique à Orsay (CNRS/Université Paris XI), et professeur à l'Ecole Polytechnique. Il est membre de l'Académie des Sciences et de l'Académie des Technologies. Spécialiste d'optique et de physique quantique, il a effectué, de 1974 à 1984, une série d'expériences sur les fondements de la mécanique quantique (tests des inégalités de Bell avec des paires de photon intriqués, dualité onde-particule pour un seul photon). De 1985 à 1993, il a travaillé avec Claude Cohen-Tannoudji, Prix Nobel de physique, sur le refroidissement d'atomes par laser, en particulier sur le refroidissement sous le recul d'un seul photon. Depuis 1993 il dirige le Groupe d'optique atomique de l'Institut d'optique, dont les recherches portent sur les condensats de Bose-Einstein gazeux, les lasers à atomes et les puces atomiques.

Tél : 01 69 35 87 03, Mél : alain.aspect@iota.u-psud.fr

**Bernard Castaing** est professeur à l'Ecole Normale Supérieure de Lyon et chercheur au Laboratoire de physique (CNRS/ENS Lyon). Ses travaux de ces dernières années ont concerné les propriétés statistiques de la turbulence et la convection naturelle en cellule fermée (convection de Rayleigh-Bénard). Il est membre de l'Académie des Sciences.

Tél : 04 72 72 81 39, Mél : bernard.castaing@ens-lyon.fr

**Jorge Kurchan** est directeur de recherche CNRS, au Laboratoire de physique et mécanique des milieux hétérogènes (à l'ESPCI, Paris). Il est né et a fait ses études en Argentine. Puis il a travaillé successivement au Weizmann Institute (Israël), à l'Université de Rome, à l'Ecole normale supérieure de Paris et de Lyon, avant d'arriver à l'ESPCI. Ses travaux portent sur les systèmes hors équilibre, notamment sur les verres. Il a participé au développement de la théorie de la

dynamique vitreuse. Plus récemment, il s'est occupé d'autres systèmes hors équilibre, tels les réactions chimiques et les matériaux soumis à de fortes perturbations.

Tél : 01 40 79 45 22, Mél : [jorge@pmmh.espci.fr](mailto:jorge@pmmh.espci.fr)

**Michel Bitbol** est directeur de recherche CNRS au Centre de recherche en épistémologie appliquée (CNRS/Ecole Polytechnique). Il enseigne la philosophie de la physique contemporaine en DEA d'histoire et philosophie des sciences à l'Université Paris I. Après un doctorat de médecine en 1980 et un doctorat d'Etat ès sciences physiques en 1985, il a obtenu une habilitation à diriger des recherches en philosophie en 1997. De 1978 à 1990, il a poursuivi des recherches en biophysique de la circulation et des cellules sanguines. Depuis 1990, il s'est tourné vers la philosophie de la physique, sous l'impulsion de Bernard d'Espagnat. Il a édité des textes d'Erwin Schrödinger (*L'esprit et la matière*, *La nature et les Grecs*, *Physique quantique et représentation du monde*, édités au Seuil) et publié plusieurs essais (voir la bibliographie ci-dessous). Il a reçu en 1997 le prix Grammaticakis-Neumann de philosophie des sciences, décerné par l'Académie des sciences morales et politiques. Ses travaux actuels portent sur la question de l'Emergence, et sur les concepts de relation et de structure dans les théories physiques.

Tél : 01 55 55 86 17, Mél : [michelbitbol@wanadoo.fr](mailto:michelbitbol@wanadoo.fr)  
<http://perso.wanadoo.fr/michel.bitbol/page.garde.liste.html>

#### Bibliographie :

*Mécanique quantique, une introduction philosophique*, Collection Nouvelle Bibliothèque Scientifique, Flammarion, 1996; rééditions Champs-Flammarion, en 1997 et 1999.

*Schrödinger's philosophy of quantum mechanics*, Kluwer, 1996.

*L'aveuglante proximité du réel (anti-réalisme et quasi-réalisme en physique)*, Champs-Flammarion inédits, 1998.

*Physique et philosophie de l'esprit*, Flammarion, 2000.

**Pablo Jensen** est chercheur CNRS au Laboratoire de physique de la matière condensée et des nanostructures, à Lyon. Il s'intéresse aux dépôts de particules (atomes, agrégats) sur des surfaces afin de former des couches minces et travaille aussi sur la modélisation en économie du transport. Il est l'auteur d'une cinquantaine d'articles scientifiques, ainsi que de plusieurs articles de vulgarisation dans *La Recherche*, *Physics Today*, etc. Il a publié en 2004 *Des atomes dans mon café crème : la physique peut-elle tout expliquer?* (Seuil), livre de vulgarisation « réaliste » sur la physique de la matière. En octobre 1997, il a fondé le café des sciences de Lyon. Depuis juin 2001, il tient la chronique *Sciences Friction* de l'hebdo *Lyon Capitale*.

Tél : 04 72 43 15 64, Mél : [Pablo.Jensen@dpm.univ-lyon1.fr](mailto:Pablo.Jensen@dpm.univ-lyon1.fr)

## Le Modèle standard

Le « Modèle standard » est le cadre théorique de la physique des particules. Élaboré dans les années 1970, il rassemble toutes les connaissances théoriques, expérimentalement confirmées depuis, sur les constituants élémentaires de la matière et leurs interactions, à l'exception de l'interaction gravitationnelle. Il a été jusque-là constamment vérifié par l'expérience, en particulier grâce aux mesures effectuées au LEP (Large Electron-Positron Collider), le grand collisionneur électron-positon du Cern à Genève.

### Les particules de matière

Selon l'état actuel des connaissances, la matière est décrite à l'aide de douze particules élémentaires. Six quarks : bas (down, d), étrange (strange, s), haut (up, u), charme (charm, c), beauté (beauty ou bottom, b) et sommet (top, t). Six leptons : électron, muon, tau, neutrino électronique, neutrino muonique et neutrino tauique. Ces douze particules sont regroupées en trois familles (générations) similaires, mais de masses de plus en plus grandes. Chaque particule est caractérisée par une carte d'identité : sa masse, sa charge électrique et son spin<sup>1</sup>. Par ailleurs, chaque particule de matière possède son antiparticule, entièrement identique mais de charge opposée, ce qui donne en tout 24 particules de matière.

Trois familles de particules de matière			
	1	2	3
quarks	u	c	t
	d	s	b
leptons	neutrino électronique	neutrino muonique	neutrino tauique
	électron	muon	tau

Les particules de la première famille, l'électron, le neutrino électronique, le quark u et le quark d, sont les particules massives les plus légères et sont stables. Elles sont les constituants exclusifs de la matière ordinaire. À l'exception des neutrinos, les particules des deux autres familles sont plus lourdes et instables. Elles ne peuvent être observées que dans le rayonnement cosmique, ou dans des accélérateurs lors de collisions de haute énergie. Ces particules de matière sont toutes caractérisées par un spin 1/2. On les appelle des fermions.

### Les interactions et les particules messagères

Ces particules de matière interagissent entre elles selon 4 forces (ou interactions) fondamentales. Ces forces sont transmises par des particules dites messagères. Différentes des fermions, leur spin vaut 1. Ce sont des bosons.

<sup>1</sup> Le spin est une propriété quantique interne des particules que l'on peut comparer, dans une première approximation, à une toupie tournant sur elle-même. Ainsi le spin d'un électron peut prendre deux valeurs +1/2 ou -1/2 selon que l'électron tourne dans un sens ou dans l'autre.

### **L'interaction faible**

Elle est responsable de certaines désintégrations radioactives et explique par exemple pourquoi le soleil brille. Elle est portée par trois particules,  $W^+$ ,  $W^-$  et  $Z^0$ , qui ont été observées au Cern sur l'ancien collisionneur proton anti-proton au début des années 1980, puis caractérisées avec une très grande précision au LEP entre 1989 et 2000.

### **L'interaction forte**

Cette force attractive fait interagir entre eux les quarks constitutifs des protons et des neutrons. Elle est responsable de la cohésion des noyaux atomiques. Ses messagers sont les gluons.

### **L'interaction électromagnétique**

Elle agit entre tous les objets qui possèdent une charge électrique. C'est elle, par exemple, qui lie les électrons et le noyau de l'atome. La particule messagère de l'interaction électromagnétique est le photon, cette particule familière constitutive du rayonnement électromagnétique quelle que soit sa longueur d'onde : ondes radio, micro ondes, lumière visible, ultraviolets, rayons X, etc...

### **L'interaction gravitationnelle**

Elle est toujours attractive et s'exerce entre tous les objets qui ont une masse. C'est l'interaction dominante dans l'Univers à grande échelle. Mais, à l'échelle atomique, elle est négligeable comparativement aux autres forces.

### **Au-delà du Modèle standard**

Si le Modèle standard répond à de nombreuses questions sur la structure et la stabilité de la matière, certains points fondamentaux demeurent encore inexpliqués. Pourquoi les particules connues peuvent-elles être classées en trois familles aux propriétés semblables mais aux masses différentes ? Pourquoi l'Univers observable est-il constitué de matière plutôt que d'antimatière ? Puisque seuls quelques pour cent de la masse de l'Univers sont observables, de quoi est constituée la masse manquante, appelée aussi matière noire ?

Toutes ces questions sont liées entre elles et peuvent être associées à la question de l'origine des masses des particules, que ce soient les particules de matière ou les particules messagères. Pourquoi la plupart ont-elles une masse ? Pourquoi ont-elles des masses différentes ?

Dans le cadre du Modèle standard, l'hypothèse actuelle expliquant pourquoi les particules ont une masse est le phénomène de Higgs, du nom du physicien écossais qui le proposa. Selon cette théorie, un champ, dit de Higgs, inonde tout l'espace. Les particules qui interagissent avec ce champ acquièrent une masse, déterminée par l'intensité de leur interaction avec ce champ. Or, aucune particule de Higgs n'a encore jamais été observée. La mise en évidence d'une particule de Higgs (de un ou plusieurs bosons de Higgs) est un défi expérimental et une épreuve de vérité pour le Modèle standard.

Le LHC sera capable d'explorer un large domaine de masses pour le Higgs, donc de confirmer ou infirmer les signes trouvés au LEP et d'aller bien au-delà. L'accélérateur Tevatron aux USA

(collisions proton-antiproton à  $2 \text{ TeV}^2$ ) actuellement en fonctionnement serait à même, à partir de 2006 ou 2007, d'explorer un petit domaine juste au-delà de la limite du LEP et donc de confirmer le signal s'il est réel. La compétition avec le LHC sur ce sujet est donc d'ores et déjà engagée !

### Vers une grande unification des forces

Les physiciens voudraient pouvoir démontrer que les 4 interactions (gravitationnelle, électromagnétique, forte et faible) sont en fait des expressions différentes d'une force unique, celle qui était à l'œuvre aux premiers instants de l'Univers. Au moment du big-bang, le monde pouvait être décrit avec des lois parfaitement symétriques. Quand l'Univers s'est refroidi, plusieurs brisures de symétrie se seraient produites et les 4 forces se seraient alors différenciées : leurs effets sur les particules devenant très différents à courte et longue distance, de même que les masses de leurs messagers.

Les physiciens des particules cherchent à mettre en place un cadre théorique unique pour décrire cette grande unification. Le Modèle standard a déjà permis d'unifier les forces faible et électromagnétique en montrant qu'au-delà de  $10^{15}$  degrés elles n'en formaient plus qu'une, la force électrofaible. Les messagers de la force faible ( $W^+$ ,  $W^-$  et  $Z^0$ ) acquièrent une masse en interagissant avec le champ de Higgs, mais pas le photon, ni les gluons.

Pour des raisons théoriques très profondes, la plupart des physiciens s'accorde à penser que l'unification des forces fait intervenir une nouvelle symétrie fondamentale encore jamais observée : la **supersymétrie**, qui relierait fermions et bosons. Ce type de théorie prédit l'existence de nombreuses nouvelles particules, partenaires supersymétriques des particules standards. Ces nouvelles particules auraient des masses de quelques centaines de GeV. Le LHC sera l'outil idéal pour découvrir ces nouvelles particules et comprendre leurs interactions.

### Une recherche très ouverte

Les théoriciens ne manquent pas d'imagination pour compléter et dépasser le Modèle standard. Si la supersymétrie reste la théorie favorite, d'autres possibilités sont évoquées, dont certaines pourraient avoir des manifestations spectaculaires au LHC. Une des plus fascinantes est la présence de dimensions supplémentaires d'espace-temps, atteignables à l'énergie du LHC. On verrait ainsi certaines particules produites lors d'une collision disparaître dans des dimensions supplémentaires de l'espace ! Encore plus exotiques, certains modèles évoquent la production de micro-trous noirs dans les collisions. Leur durée de vie serait extrêmement brève, après quoi ils s'évaporerait dans une grande production de particules...

---

<sup>2</sup> 1 TeV ou Teraélectronvolt = 1 million de millions d'électronvolts ; 1 GeV ou Gigaélectronvolt = 1 milliard d'électronvolts ; 1 MeV ou Megaélectronvolt = 1 million d'électronvolts.

L'électronvolt est l'énergie nécessaire à un électron pour franchir une différence de potentiel de 1 volt.

## Le LHC et l'expérience ATLAS

Construit dans le même tunnel souterrain que le LEP, le LHC (Large Hadron Collider) est un collisionneur de protons, de 27 kilomètres de circonférence. Sept fois plus puissant que l'accélérateur proton antiproton de Fermilab aux USA, il permettra d'atteindre des énergies de 14 TeV. Le LHC sera alors le plus puissant collisionneur du monde.

Son objectif est de répondre aux questions que pose le Modèle standard et de tenter de découvrir le cadre plus général dans lequel il s'inscrit. De nombreuses propositions théoriques seront ainsi mises à l'épreuve. Notamment, le LHC devrait apporter une réponse à l'existence d'un ou de plusieurs bosons de Higgs. Il sera aussi en mesure de « traquer » les particules supersymétriques, jamais observées à ce jour, et ainsi de tester le cadre théorique de la grande unification des forces. Il devrait nous aider à résoudre une autre énigme, celle de l'antimatière.

Le LHC est constitué du collisionneur et de 4 détecteurs, Atlas, CMS, LHCb et Alice. Le collisionneur permet de faire entrer les protons en collisions à haute énergie, ces collisions générant des centaines de particules. Les détecteurs analysent les particules ainsi générées pour sonder les interactions entre les particules.

Les physiciens du CNRS travaillent sur la conception des expériences Alice, Atlas, CMS et LHCb. Des éléments clé de ces grands détecteurs portent la marque de cette contribution, qui s'est appuyée sur un fort potentiel technique, d'ingénierie et de réalisation.

### Les objectifs d'Atlas

L'expérience Atlas (A Toroidal LHC Apparatus) est conçue pour étudier les collisions proton-proton à 14 TeV<sup>3</sup> d'énergie et jusqu'aux luminosités les plus élevées que pourra fournir le LHC. Son objectif principal est l'élucidation du mécanisme de brisure de la symétrie électrofaible dont la manifestation la plus simple est la production du boson de Higgs, une particule vainement recherchée jusqu'à ce jour. Cependant, la nature pourrait être plus complexe et faire intervenir plusieurs bosons de Higgs, des particules supersymétriques, des dimensions supplémentaires, ...

Si les interactions proton-proton produisent surtout des particules hadroniques (jets de quarks ou de gluons), les particules nouvelles attendues pourront être signées par des leptons de grande impulsion transverse (électrons, muons ou taus), émis par exemple avec un grand angle et une grande énergie.

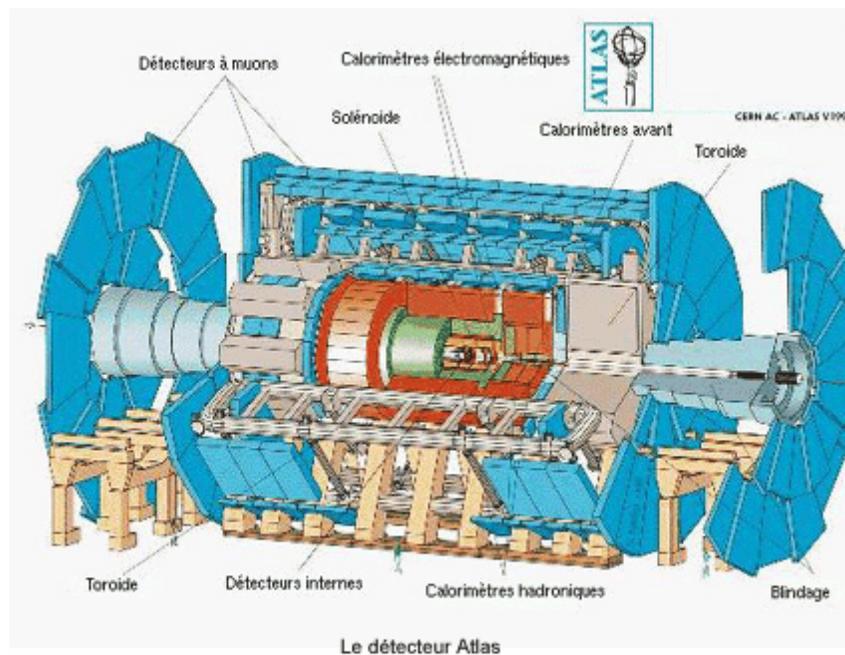
### Le détecteur

Le détecteur a été optimisé pour la reconnaissance et la reconstruction précise, parmi un bruit de fond moyen de 20 interactions toutes les 25 nano-secondes, des événements portant les signatures intéressantes. Il couvre tout l'angle solide autour du point d'interaction, à l'exception de

---

<sup>3</sup> Téraélectronvolt = 10<sup>12</sup> électronvolts

deux cônes étroits le long du faisceau. Ses éléments sont certifiés pour résister au flux intense de radiations généré par les collisions. Organisé en couches successives, il comprend notamment un trajectographe à pixels et micropistes de silicium et tubes gazeux, un calorimètre électromagnétique à argon liquide, un calorimètre hadronique à tuiles scintillantes et un spectromètre à muons à champ toroïdal supraconducteur.



Les physiciens du CNRS ont conçu les nouveaux éléments d'Atlas, tels le toroïde supraconducteur pour le spectromètre à muons et le calorimètre à argon liquide d'un type nouveau dit « accordéon » autorisant une granularité élevée et des signaux rapides. Ils se sont investis dans la production et l'assemblage des détecteurs (notamment des calorimètres) et dans la conception et la réalisation de circuits pour l'électronique frontale, le traitement du signal et la calibration. Aujourd'hui, le calorimètre argon liquide « barrel » est assemblé et testé et l'intégration des calorimètres « end-caps » est très avancée. Le système d'alignement des chambres à muons est en production et l'assemblage de l'un des cylindres du détecteur « pixels » débute à Marseille. Enfin, parallèlement à la préparation de l'analyse, plusieurs groupes sont également impliqués dans le software qui devra tourner sur la grille LCG 4 en cours de déploiement.

<sup>4</sup> LHC Computing Grid, infrastructure s'appuyant sur la technologie des grilles de calcul pour stocker et analyser le milliard de mégaoctets par an de données réelles et simulées produites par les expériences au LHC.

## L'expérience Edelweiss

L'expérience Edelweiss explore la piste des particules supersymétriques appelées WIMPs (pour Weakly interacting massive particles). Ces particules pourraient en partie expliquer la nature de la matière noire qui compose 99 % de l'Univers.

La matière ordinaire, la seule que nous pouvons observer, ne contribue que pour un pour cent à la densité de l'univers. Question majeure de la physique contemporaine, la matière noire constituant la masse manquante pourrait être composée de particules élémentaires très massives, appelées « wimps », entourant chaque galaxie. Les théories supersymétriques, qui permettent d'unifier les quatre interactions fondamentales, prédisent l'existence, encore non vérifiée, de ces particules massives. Mais la mise en évidence expérimentale de leur existence, par détection de leurs interactions avec la matière ordinaire, est très difficile. En effet, leur taux d'interaction, dont on peut évaluer les limites, à la fois à partir de données cosmologiques et d'expériences dans des accélérateurs, serait extrêmement faible. Pour un détecteur d'un kilogramme, on prédit de l'ordre d'une interaction par jour, voire beaucoup moins. Les « wimps » sont ainsi plus discrètes encore que les neutrinos qui, déjà, n'interagissent que très faiblement avec la matière.

La difficulté de détection des wimps nécessite d'isoler au maximum les détecteurs des rayonnements naturels. L'expérience Edelweiss, hébergée au sein du laboratoire souterrain de Modane, sous le tunnel du Fréjus, est protégée par 1 600 mètres de roche et les matériaux sont rigoureusement sélectionnés pour leur basse radioactivité, ce qui conduit à diviser par 2 millions le flux de rayons cosmiques, et par 10 000 le fond de neutrons. Malgré ces précautions, un fond radioactif résiduel de rayons  $\beta$  et  $\gamma$  persiste et il faut différencier l'impact d'une wimp de celui du rayonnement résiduel. La mesure de l'énergie (par l'élévation de température) donne une évaluation de l'ensemble des interactions. Les électrons et photons des radioactivités  $\beta$  et  $\gamma$  interagissent essentiellement avec les électrons alors que les wimps ne le font qu'avec les noyaux, ici beaucoup moins ionisants. L'expérience Edelweiss est munie d'un système de double détection extrêmement sensible, par l'ionisation et par la chaleur. Pour la première, ils ont enregistré un signal de quelques centaines d'électrons, et pour la seconde, ils ont mesuré une élévation de température d'un millionième de degré. Edelweiss utilise des détecteurs de germanium ultra-pur de 320 grammes chacun, fonctionnant à une température de 20 millièmes de kelvin, proche du zéro absolu. Leur sensibilité leur permet de rejeter 99,9 % du bruit de fond radioactif.

## L'expérience BaBar

L'expérience BaBar, menée au Stanford linear accelerator center (SLAC, Californie), vise à détecter les différences fondamentales entre la matière et l'antimatière. Les physiciens cherchent ainsi à confirmer les prédictions du Modèle standard et à traquer un phénomène appelé violation de symétrie CP. BaBar réunit plus de 600 physiciens et ingénieurs de neuf pays, dont la France, avec des équipes de l'Institut national de physique nucléaire et de physique des particules du CNRS.

En août 2004, les physiciens travaillant sur BaBar ont annoncé de nouveaux résultats démontrant une différence spectaculaire de comportement entre matière et antimatière.

Au début de son histoire, lors du big-bang, l'Univers contenait autant de matière que d'antimatière. Cependant, toutes les observations montrent que l'Univers dans lequel nous vivons aujourd'hui n'est constitué que de matière. Qu'est-il donc arrivé à l'antimatière ? De subtiles différences de comportement entre matière et antimatière (une violation de symétrie CP) sont très certainement responsables de l'écart qui s'est établi, au cours de l'histoire de l'Univers, entre les proportions de matière et d'antimatière. Cependant, les connaissances actuelles sur ces différences sont incomplètes et ne permettent pas encore de comprendre pourquoi la matière a pris le dessus sur l'antimatière.

Depuis le premier cas de violation de CP, découvert en 1964, ces recherches se poursuivent activement, notamment avec l'expérience BaBar. L'importance de leur enjeu a été soulignée lorsqu'en 1967, le physicien russe Andreï Sakharov a montré que la violation de CP est l'une des trois conditions nécessaires pour rendre compte de proportions inégales de matière et d'antimatière dans l'Univers.

L'accélérateur PEP-II du Slac provoque des collisions entre électrons et antiélectrons (positons) qui produisent en abondance, par paires, des particules exotiques et lourdes, dénommées mésons B et anti-B. Ces objets rares ont une durée de vie brève et se désintègrent à leur tour en particules subatomiques plus légères, comme les pions et les kaons que l'expérience BaBar est capable de détecter.

S'il n'y avait aucune différence entre matière et antimatière, les mésons B et anti-B se désintégreraient exactement selon le même schéma. Or, cette nouvelle mesure de BaBar démontre l'existence d'un cas où les taux de désintégration sont très différents. En examinant minutieusement les désintégrations de plus de 200 millions de paires de B et d'anti-B, les expérimentateurs ont en effet trouvé 910 désintégrations de mésons B en un kaon et un pion, contre seulement 696 désintégrations de mésons anti-B : un résultat qui indique de façon claire une asymétrie saisissante de comportement entre matière et antimatière.

Alors que des asymétries entre matière et antimatière ont déjà été observées par BaBar et d'autres expériences, c'est la première fois qu'une différence apparaît dans le simple comptage de désintégrations de mésons B et anti-B, ce qui est la marque du phénomène de violation directe de CP. En outre, cette nouvelle observation, qui montre une fréquence de désintégration du méson B



dépassant de 13 % celle du méson anti-B, révèle un effet beaucoup plus important - environ 100 000 fois plus fort - que ce qui se produit de façon similaire avec les kaons. Cette découverte est due en grande partie aux performances extraordinaires de l'accélérateur PEP-II de Slac, qui fonctionne actuellement avec une intensité trois fois supérieure à celle qu'il devait atteindre par construction, et à l'efficacité opérationnelle du détecteur BaBar capable d'enregistrer 98 % des collisions. Ce résultat passionnant, qui teste un mécanisme clé de la structure et du comportement de la matière, constitue une avancée significative dans le recensement des éléments à même d'expliquer le problème de la " disparition " de l'antimatière.

## Quelques photos turbulentes

### Contact photothèque du CNRS :

Tél : 01 45 07 57 90, Mél : phototheque@cnrs-bellevue.fr

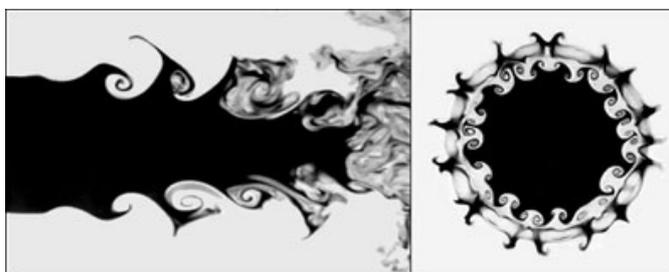
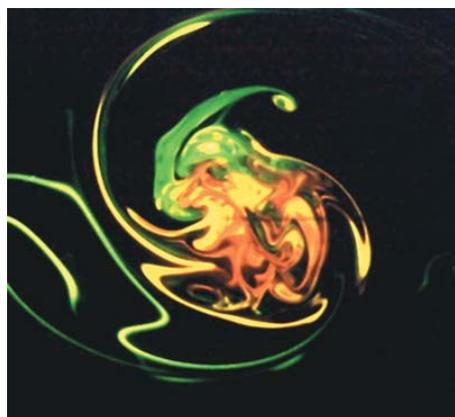


Laboratoire d'études thermiques, Poitiers  
Copyright : © CNRS Photothèque, PENOT François

La visualisation des mouvements d'air internes aux bâtiments (au voisinage d'une bouche d'air sur la photo) contribue à la compréhension des turbulences et participe à la maîtrise des transferts de chaleur, pour s'approcher des conditions de confort optimal dans les bâtiments tout en minimisant la consommation énergétique.

Institut de recherche sur les phénomènes  
hors équilibre, Marseille  
© CNRS Photothèque, VILLERMAUX  
Emmanuel

Déstabilisation et mélange d'un jet par un  
courant rapide

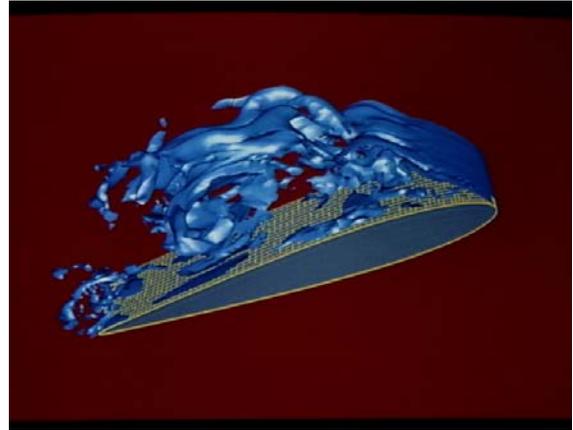


Institut de recherche sur les phénomènes hors équilibre,  
Marseille  
© CNRS Photothèque, LEWEKE Thomas

Fusion de deux tourbillons, ou vortex, co-rotatifs avec instabilité elliptique, visualisés par des colorants dans une cuve à eau. Ce type d'écoulement est présent dans des couches de mélanges, la turbulence bi-dimensionnelle, les écoulements géophysiques ou les problèmes plus appliqués comme le sillage tourbillonnaire des avions de transport.

Laboratoire d'informatique pour la mécanique et les sciences pour l'ingénieur, Orsay.  
© CNRS Photothèque/LIMSI, CHASTAGNER Guy

Simulation de grosses structures d'un écoulement turbulent autour d'un profil en incidence. Isosurface de vorticité.



Institut de mécanique de fluides de Toulouse  
© CNRS Photothèque - POINSOT Thierry

Simulation directe en trois dimensions de l'interaction entre une flamme prémélangée et une turbulence homogène isotrope.

Laboratoire de phénomènes de transport dans les milieux en réaction, Mont-Saint-Aignan  
© CNRS Photothèque, COPPALLE Alexis

Flamme turbulente dite de diffusion, ou "non-prémélangée", qui se développe - après inflammation par une source de chaleur extérieure - entre un jet d'un gaz combustible, ici l'éthylène, et l'air extérieur.

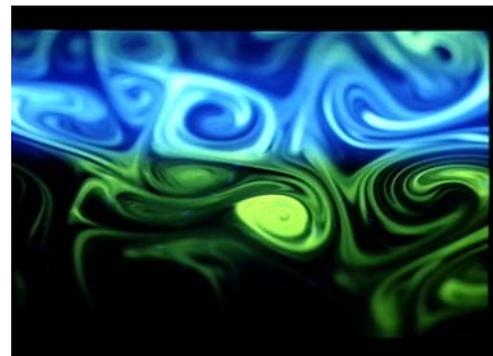


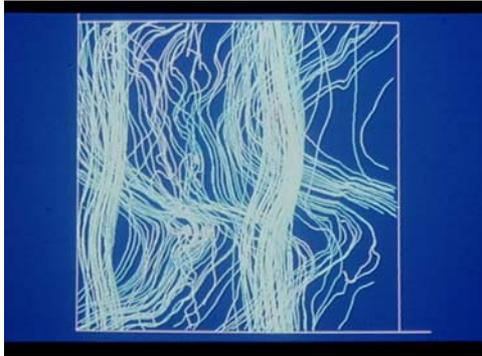
Laboratoire Jean-Alexandre Dieudonné, Nice  
© CNRS Photothèque - MEDARD Laurence

Interaction tourbillon/surface libre : ascension d'une paire de tourbillons contra-rotatifs dans un fluide stratifié thermiquement.

Laboratoire de météorologie dynamique, Palaiseau  
© CNRS Photothèque, DARZACQ Denis

Visualisation avec un traceur coloré de divers écoulements bidimensionnels induits dans la cuve plate. La cuve contient un fluide conducteur dans lequel circule un courant. Les tourbillons sont induits par des aimants placés sous la cuve.



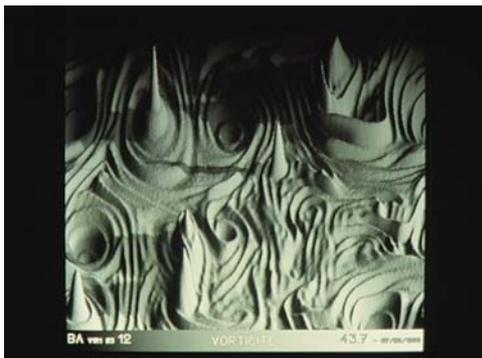
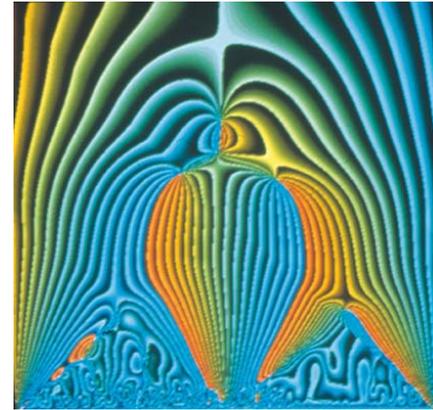


Institut de mécanique de Grenoble  
© CNRS Photothèque, LESIEUR Marcel

Etirement de filaments tourbillonnaires en épingle à cheveux  
entre les tourbillons de Kelvin-Helmholtz.

Laboratoire de météorologie dynamique, Palaiseau  
© CNRS Photothèque - FARGE M., COLONNA Jean-François

Transformée en ondelettes d'un signal turbulent.



Laboratoire de météorologie dynamique, Palaiseau  
© CNRS Photothèque - FARGE M., COLONNA Jean-François

Champ de vorticité. Solution des équations de Saint-Venant  
simulant un écoulement turbulent bidimensionnel. On  
observe une superposition de tourbillons isolés et de  
filaments de vorticité.

Institut de mécanique de Grenoble  
© CNRS Photothèque - LESIEUR Marcel

Image de mécanique des fluides numérique. Couche de  
mélange bidimensionnelle en développement spatial,  
visualisée par technique de colorant numérique



## Journal du CNRS : les autres contacts chercheurs

Henri Alloul, Tél : 01 69 15 53 37, Mél : alloul@lps.u-psud.fr

Pierre Astier, Tél : 0144274842, Mél : astier@in2p3.fr

Aurélien Barrau, Tél : 04 76 28 41 79, Mél : aurelien.barrau@cern.ch

Gérald Bastard, Tél : 0144323373, Mél : gerald.bastard@lpa.ens.fr

Pierre Binetruy, Tél : 01 69 15 62 96, Mél : pierre.binetruy@th.u-psud.fr

Daniel Bonn, Tél : 03.88.35.86.16, Mél : bonn@lps.ens.fr

Jean-Philippe Bouchaud, Tél : 01 69 08 73 38, Mél : bouchaud@spec.saclay.cea.fr

Bernard Cabane, Tél : 01 40 79 45 22, Mél : bcabane@pmmh.espci.fr

Frédéric Caupin, Tél : 01 44 32 32 95, Mél : caupin@lps.ens.fr

Jacques Chauveau, Tél : 0144247254, Mél : chauveau@in2p3.fr

Éric Clément, Tél : 01 40 79 45 22, Mél : erc@ccr.jussieu.fr

Philippe Coussot, Tél : 01 40 43 65 41, Mél : philippe.coussot@lcpc.fr

Jean Dalibard, Tél : 01 44 32 25 34, Mél : dalibard@lkb.ens.fr

Stéphane Douady, Tél : 01 44 27 43 33, Mél : stephane.douady@lps.ens.fr

Daniel Estève, Tél : 01 69 08 73 38, Mél : esteve@drecam.saclay.cea.fr

Stephan Fauve, Tél : 01 44 32 25 21, Mél : fauve@physique.ens.fr

Pierre Fayet, Tél : 01 44 32 37 76, Mél : fayet@lpt.ens.fr

Yves Gagne, Tél : 04 76 82 70 68, Mél : yves.gagne@hmg.inpg.fr

Henri Godfrin, Tél : 04.76.88.90.63, Mél : henri.godfrin@grenoble.cnrs.fr

Philippe Grangier, Tél : 01.69.35.87.66, Mél : philippe.grangier@iota.u-psud.fr

Serge Haroche, Tél : 01 44 32 34 20, Mél : haroche@lkb.ens.fr

Michel Héritier, Tél : 01 69 15 69 34, Mél : heritier@lps.u-psud.fr

Jean Iliopoulos, Tél : 01 44 32 37 79, Mél : ilio@lpt.ens.fr

Isabelle Philip, Tél : 01 69 63 60 00, Mél : isabelle.robert@lps.cnrs.fr

José Teixeira, Tél : 01 69 08 66 50, Mél : teix@llb.saclay.cea.fr

## La physique au lycée

La physique au lycée est un site internet destiné à illustrer et définir les termes clés des programmes de physique du secondaire. Il est composé d'un petit lexique illustré, d'une quarantaine de termes de base de physique, et d'une iconographie issue de la banque d'images de la photothèque du CNRS. Il comporte des liens avec le site de la banque d'images ainsi qu'une indication de mots clés et de thèmes pour une aide à la recherche d'autres images. À partir des images, il est aussi possible de remonter jusqu'aux laboratoires qui les ont produites *via* un lien hypertexte vers leur site propre. Par ailleurs, une zone de compléments apporte des informations sur l'histoire de la physique à travers ses grands hommes et leurs découvertes.

Le site est découpé en quatre thèmes :

- **interactions fondamentales**
- **mécanique**
- **électrodynamique**
- **optique**

Plusieurs approches sont possibles

- **iconique** : navigation intuitive par les images, les mosaïques...
- **thématique** : parcours linéaire suivant un sommaire, à la manière d'un manuel scolaire
- **conceptuelle** : parcours à partir des trois concepts transversaux du programme : la matière, l'énergie et le temps.



Lévitiation d'une statuette, du sculpteur Tanguy, contenant des aimants permanents au dessus d'un lit de supraconducteurs.

Adresse du site :

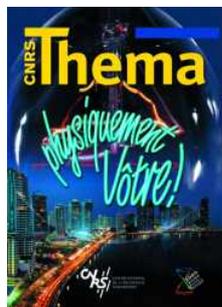
<http://www.cnrs.fr/diffusion/phototheque/physiqueaulycee/>

Contact : Dominique Menillet

Tél : 01 45 07 58 57

Mél : [menillet@cnrs-bellevue.fr](mailto:menillet@cnrs-bellevue.fr)

## Année mondiale de la physique : Quelques documents du CNRS



### **CNRS Thema**

« Physiquement vôtre »

Les nombreuses avancées de la vie quotidienne en agro-alimentaire, médecine, santé...

<http://www2.cnrs.fr/presse/thema/298.htm>

Contact : Marie Pinhas

Tél : 01 44 96 46 36, Mél : marie.pinhas@cnrs-dir.fr



### **Le journal du CNRS, Février 2005**

Découvrez dix grandes énigmes de la physique sur papier ou sur Internet :

<http://www2.cnrs.fr/presse/journal/>

Contact : Olivia Dejean

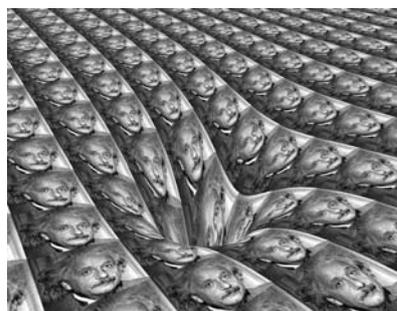
Tél : 01 45 07 51 23, Mél : olivia.dejean@cnrs-dir.fr

### **Le Guide du Routard**

Guide de l'Année mondiale de la physique en Ile-de-France, distribué par le CNRS. Présente le programme, les associations, musées et autres lieux à caractère scientifique en Ile-de-France. Sortie en mars.

Contact : Rémy Mosseri

Tél : 01 44 27 46 68, Mél : mosseri@ccr.jussieu.fr



### **Images de la physique**

Brochure en hommage aux articles d'Einstein de 1905. A destination des étudiants en physique (universités/écoles d'ingénieurs). Sortie en mai.

<http://www.spm.cnrs-dir.fr/actions/publications/ldP.htm>

Contact : Frédérique Laubenheimer

Tél : 01 44 96 50 08,

Mél : frederique.laubenheimer@cnrs-dir.fr

### **Contact Presse**

Claire Le-Poulenec

Tél. : 01 44 96 49 88, Mél : claire.le-poulenec@cnrs-dir.fr

### **Contact Bureau des actions jeunes et des manifestations**

Conceição Silva

Tél. : 01 44 96 43 44, Mél : conceicao.silva@cnrs-dir.fr

## Année mondiale de la physique : Quelques exemples des 200 manifestations prévues par le CNRS dans chaque région.

### 1) Expositions :

#### **Allo, la physique**

Exposition itinérante. Inaugurée à Contes (Côte d'Azur) le 11 mars, elle sera ensuite transportée à Grenoble. Sur le thème de la physique au travers du téléphone portable.

Contact : Jean-Louis HEUDIER

Tél : 04 92 00 30 01

#### **Jeux de Grains : tas de sable et graines d'avalanches**

A l'Institut de botanique de Montpellier, du 1<sup>er</sup> mars au 12 avril.

Introduction à la physique et à la mécanique des milieux granulaires : effet de sablier, compaction, plasticité, ségrégation de taille...

Contact : Ferial Terki

Tél : 04 67 14 37 92

#### **Le soleil apprivoisé**

A l'Institut de science et de génie des matériaux et procédés d'Odeillo (Pyrénées Orientales) : la physique des matériaux à hautes températures (exploration spatiale, traitement des déchets, etc.), l'énergie solaire et son utilisation pour l'habitat ou la production d'électricité. <http://four-solaire.imp.cnrs.fr/index.shtml>

Contact : Alain Lesquer

Tél. : 04 67 61 35 10, Mél : soleil@imp.cnrs.fr

#### **La physique au service du vivant**

Exposition du 22 mars au 3 juillet 2005, à l'Espace Mendès-France de Poitiers. La physique au service de la santé, à travers cinq thèmes : les gestes sportifs, la circulation sanguine, les usages des rayonnements, la biomécanique et l'observation de l'infiniment petit.

Contact : Jean-François BARBOT

Tél : 05.49.49.67.34 Mél : Jean.Francois.Barbot@univ-poitiers.fr

#### **En attendant le bus**

PhotoPhy : exposition d'affiches dans les abris bus, sur la recherche fondamentale en Basse-Normandie. De juin à octobre 2005.

Contacts : Monique Bex

Tél : 02 31 45 45 24, Mél : Monique.Bex@ganil.fr

#### **La physique en images**

Quatre expositions itinérantes, composées de 15 affiches, seront réalisées avec l'aide de la photothèque du CNRS. Leurs thèmes : l'astrophysique, les nanosciences, la cristallographie et la physique de la vie quotidienne.

Contact : Daniel Bideau

Tél : 02 23 23 62 05

## **Les Physi-folies**

Exposition/ateliers à la Maison Folie de Wazemmes, à Lille. L'apport de la physique dans la société et l'innovation industrielle. Sur les thèmes de la lumière (optique, matériaux pour l'optique, communications), « Où va notre Terre ? » (les processus physiques appliqués à l'étude de l'environnement), « Au cœur du vivant » (les outils de la physique utilisés pour explorer et soigner le vivant), « D'un univers à l'autre » (de l'infiniment petit à l'infiniment grand)

Contact : Daniel Hennequin

Tél : 03 20 33 68 09 Mél : daniel.hennequin@univ-lille1.fr, jean.cosleou@univ-lille1.fr

## **Mosaïque de Physique**

Exposition de physique itinérante en Normandie. Elle comprendra une quinzaine d'expériences, dont cinq issues de laboratoires de la région.

Contacts : Christophe Letellier

Tél : 02 32 95 37 15, Christophe.Letellier@coria.fr

## **2) Films :**

### **Physique et Sport**

A Marseille. Des court-métrages seront présentés sur écran géant juste avant les matchs. Ils montreront des modèles 3D de mouvements de sportifs sur le terrain, ainsi que d'autres recherches sur le sport.

Contact : Cathy Craig

Tél : 04 91 17 22 50

### **Tout est relatif, Monsieur Poincaré**

Un documentaire de 26 minutes sur la vie et l'œuvre d'Henri Poincaré. Le public redécouvrira cet homme, qui a posé les bases essentielles de la théorie de la relativité et dont l'œuvre, à la fois scientifique et philosophique, trouve toujours un écho dans les recherches contemporaines.

Contact : Jacqueline Ries

Tél : 03 83 35 93 66, Mél : jacqueline.ries@univ-nancy2.fr

### **La physique dans le métro**

A Lille, « le métro s'anime » : des films et des diaporamas y seront projetés sur un grand écran, sur le thème de la protection de l'environnement. Des stands avec des expériences seront animés par des chercheurs.

Contact : Thérèse Huet

Tél : 03 20 33 64 60 Mél : therese.huet@univ-lille1.fr

### **La glisse dans tous ses états**

Un film de 52 minutes pour parler de physique à travers les sports qui procurent des sensations fortes : ski, planche à voile, skate-board... Une foule de recherches se cachent derrière ces sensations. Octobre 2005.

Contact : Jean Tensi

Tél. 05 49 49 80 83, E-mail : jean.tensi@lea.ensma.fr

### 3) Expériences :

#### **Camions de physique**

Ces camions proposeront des expériences et des animations scientifiques. Ils circuleront en Rhône-Alpe, en Auvergne, en Bretagne et en Normandie.

Contact Rhône-Alpe/Auvergne : Etienne Boursey  
Tél : 04 78 44 81 78, Mél : boursey@lasim.univ-lyon1.fr  
Contact Bretagne : Jean-Paul Taché  
Tél : 02 23 23 61 96  
Contac Normandie : Marie-Hélène Beauvais  
Tél : 02 31 43 45 03

#### **L'arche cosmique**

L'arche, installée à Lyon, fera connaître le rayonnement cosmique au grand public. Elle permettra de visualiser le flux et la trajectoire des rayons traversant le corps humain.

Contact : Dario Autiero  
Tél : 04 72 44 84 51, Mél : d.autiero@ipnl.in2p3.fr

#### **Lumière et couleur, physique quantique**

Ces deux ateliers interactifs (expériences et panneaux) préparés par les élèves de l'Ecole centrale, seront présentés à Lyon dans le cadre des diverses manifestations de l'année de la physique.

Contact : Magali Phaner-Goutorbe  
Tél : 04 72 18 62 32, Mél : Magali.Phaner@ec-lyon.fr

#### **Exposcience**

A Perpignan et à Nîmes, du 31 mai au 3 juin 2005. Les chercheurs feront découvrir leurs travaux au jeune public (du primaire au lycée), à travers des manipulations et des expériences. Les thèmes abordés : propriétés de surface des matériaux, physique des milieux granulaires, la lumière et ses mystères, optoélectronique et micro-ondes.

Contact : Alain Lesquer  
Tél : 04 67 61 35 10

#### **Quatre villes « expérimentales » en Aquitaine**

Une quinzaine d'expériences issues des laboratoires aquitains seront présentées à Pau, Anglet-BAB, Périgueux, Arcachon.

Contact : Pierre AGUER,  
Tél : 05 57 12 08 64, Mél : aguer@cenbg.in2p3.fr,

### 4) Pour les élèves :

#### **100 parrains 100 classes**

Le projet concerne une dizaine de lycées et collèges dans les académies de Grenoble et de Lyon. Un chercheur interviendra dans une classe, afin d'initier les élèves à la physique et aux techniques expérimentales.

Contact : Nathalie Moncoffre  
Tél : 04 72 43 10 00 Mél : n.moncoffre@ipnl.in2p3.fr

#### **Une journée de la Physique**

Dans les collèges et lycées de la Région Centre, le 18 Mars 2005, date anniversaire de la parution de l'article d'Albert Einstein sur l'hypothèse des quanta. Le CNRS propose diverses actions (conférences, débats, expériences,...) sur la physique et l'environnement, l'espace,

la biologie, les nanotechnologies, les énergies, la structure de la matière, les tremblements de terre.

Contact : Pascal BRAULT

Tél. 02 38 41 71 25, Mél : Pascal.Brault@univ-orleans.fr

### **Des élèves dans les laboratoires**

Le Groupe de Physique des matériaux, près de Rouen, accueillera des collégiens pour leur présenter des expériences de physique et de chimie en rapport avec les programmes de cinquième, quatrième et troisième.

Contacts : Pierre-Emmanuel Berche

Tél : 02 32 95 51 35, Mél : Pierre.Berche@univ-rouen.fr

### **Les physiciens à l'école**

Des conférences pour les élèves dans les établissements scolaires de la région Midi-Pyrénées. Des expériences itinérantes et plusieurs spectacles mêlant art et science tourneront dans la région.

Contact : Carine Desaulty

Tél : 05.61.33.60.54, Mél: carine.desaulty@dr14.cnrs.fr

## **5) Autres :**

### **La fête de la physique**

Une fête de la physique se déroulera cette année à Toulouse. Des journées portes ouvertes seront proposées par tous les laboratoires, accompagnées d'animations, de conférences et de projections de films scientifiques. Un thème spécifique sera abordé dans chaque département.

Contact : Carine Desaulty

Tél : 05.61.33.60.54, Mél: carine.desaulty@dr14.cnrs.fr

### **Question de physique**

Une lettre mensuelle, sur le programme des manifestations et des événements de l'année mondiale de la physique en Rhône-Alpes. Les trois premiers numéros sont en ligne sur <http://amp2005.in2p3.fr/rhone-alpes>

Contact : Caroline Develay

Tél : 04 72 44 56 84

Mél : Caroline.Develay@rhone-alpes.cnrs.fr

### **Portes ouvertes**

A l'Institut de Mécanique des Fluides de Toulouse. Les chercheurs présenteront leurs travaux sur les écoulements et l'aéronautique, les transferts dans la production des énergies renouvelables, l'hydrologie et le cycle de l'eau, l'atmosphère et la dispersion des rejets, le contrôle d'écoulement pour l'aéronautique, la circulation du sang à travers les réseaux biologiques.

Contact : Henri Boisson

Tél : 05 61 28 58 33, Mél : Henri.boisson@imft.fr