

PHOSPHORE & SCIENCES



**Pérodique de l'A.Sc.Br. – l'Association des diplômés
de la Faculté des Sciences de l'ULB**

Edition spéciale – 9 septembre 2005

Editeur responsable : David Pierre – A.Sc.Br.
Campus de la Plaine – CP 235 – Bd du Triomphe – 1050 Bruxelles

Banquet 2005

Le banquet annuel édition 2005 de l'A.Sc.Br. quittera cette année le campus de la Plaine et la Maison de l'U.A.E. pour s'installer le 14 octobre dans la salle des minerais du Muséum des Sciences Naturelles, 29 rue Vautier à Bruxelles-Ville. Cette année, les promotions 1955, 1980 et 1995 seront mises à l'honneur. Ce sera également pour nous l'occasion de remettre le Prix 2005 de l'A.Sc.Br. au lauréat dont le mémoire de licence aura été élu par le jury.

Le banquet commencera à 19h30 par le traditionnel apéritif offert par l'A.Sc.Br. mais tous les participants seront attendus pour une visite

privée des collections de la salle des minerais à partir de 18h30.

Tous sont évidemment conviés à cet événement, membres ou non, jubilaires ou non jubilaires. Pour de plus amples informations ou pour déjà réserver votre place, contactez-nous par courriel (ascbr@ulb.ac.be), par téléphone (0496/94.12.90) ou visitez le site www.ascbr.be, le menu s'y trouvera très prochainement.

Benoit Debecker – Chimie 1999

Illustration de la couverture

La composition de la couverture représente de gauche à droite et de haut en bas :

- Le réacteur à fusion ITER
- Profil avantageux de notre président
- Sceau officiel de l'ULB
- Albert en mauve
- La sonde spatiale WMAP
- Logo officiel de l'Académie universitaire Wallonie-Bruxelles
- Albert en rouge
- Spaghetti bolognaise
- Logo de l'ULB
- Logo de l'A.Sc.Br.
- Albert en jaune
- Logo de l'année mondiale de la physique
- *Trypanosoma brucei brucei*
- Emplacement réservé à la personnalisation de cet exemplaire en y collant la photo de son propriétaire
- Statue de Théodore Verhaegen sur l'avenue Franklin Roosevelt
- Ilya Prigogine, Prix Nobel de Chimie 1977, issu de notre Faculté et président d'honneur de l'A.Sc.Br. jusqu'à sa disparition en 2003.
- Albert en vert
- Logo de l'ULB aux couleurs de la Faculté des Sciences
- La molécule d'acide picrique

Madame la nouvelle diplômée,
Monsieur le nouveau diplômé,

Chers Chimistes, Physiciens,
Mathématiciens, Biologistes,
Géologues, Informaticiens,
Géographes, Bioingénieurs,

Dorénavant, ce titre pourra figurer sur vos cartes de visite. C'est pour vous l'entrée dans un monde plus ou moins nouveau : celui de 'l'après' Université. Certains d'entre vous continueront une thèse, d'autres partiront vers l'enseignement, d'autres encore iront rejoindre les rangs de l'industrie, ... à vous de choisir.

Un autre choix nettement moins difficile devra lui aussi se faire dans un avenir proche : **Allez vous devenir vous aussi des «Anciens» ?** Votre diplôme en poche, c'est une des premières décisions de diplômé que vous aurez à prendre ; votre statut d'**Ancien** naît au moment où celui d'**Étudiant** s'éteint. Il ne tient qu'à vous d'entrer dans notre Association.

Évidemment, ça peut paraître un peu racoleur de vous balancer ça en pleine figure alors que le stress du blocus est encore frais dans votre organisme mais, l'expression connue

'battre le fer tant qu'il est chaud' prend ici toute sa valeur.

J'imagine que vous allez fêter votre nouveau titre comme il se doit, à commencer par aujourd'hui au drink qui vous est offert par **l'A.Sc.Br.**, l'Association des anciens diplômés de la Faculté des Sciences. Et bien sachez que ce drink est possible parce que des jeunes (ex-)étudiants de votre âge ont, le jour de leur sortie, décidé qu'ils nous rejoindraient et, par leur soutien, nous offrent l'occasion - entre autres - de boire avec vous et vos proches le premier verre de l'amitié.

C'est l'occasion de les remercier, de les rencontrer et de les rejoindre Faites-vous membres de l' A.Sc.Br. !

Le *Phosphore&Sciences* que vous tenez en main est le périodique de l'Association. L'objectif de ce numéro-ci est de vous parler de nos activités mais également des travaux de certains départements de la Faculté au moment où vous y étiez.

Félicitations !

David Pierre – Chimie 1994
Président de l'A.Sc.Br.

Mot du doyen

Chères étudiantes, chers étudiants,

Cette année marque une étape importante dans la vie de la majorité d'entre vous : c'est celle où vous terminez vos études universitaires, où vous gagnez le droit de vous présenter comme Licencié en sciences ou comme Bioingénieur, celle où vous quittez le monde de « l'école » pour rejoindre « le vrai » monde celui où, pour faire bref, on gagne son pain à la sueur de son front.

Vous faites partie d'une de ces promotions que l'on reconnaît par son numéro. Ainsi, vous faites partie de la promotion 2005 et si vous n'organisez pas vous mêmes de réunions d'ici-là, sachez que de toute façon, en 2030, l'AScBr devrait (en principe) inviter les anciens de votre promotion à célébrer leur vingt-cinquième anniversaire. Car vous serez devenus des anciens à l'issue de la proclamation des résultats, même si vous ne sentez pas encore le poids des ans.

L'année 2005 est remarquable par certains aspects : on a célébré le bicentenaire de la bataille d'Austerlitz

et le 175^{ème} anniversaire de celui de la Belgique, Georges W. Bush a affirmé que le réchauffement climatique est un grave problème ... C'est également une année comme les autres : victoire de Lance Armstrong au Tour de France mais aussi, malheureusement, catastrophes, menace de famine en Afrique, attentats ...

En Faculté des Sciences, cette année est la première vécue dans le schéma de Bologne. La première année d'études ne s'appelle plus la première Candi mais la première BA. Le processus va se poursuivre inexorablement jusqu'à ce que, dans quatre ans, nous commençons à décerner le titre de Master au lieu de ceux de Licencié ou Ingénieur.

J'ai écrit plus haut que vous nous quittez aujourd'hui. Ce n'est pourtant pas un adieu que je vous adresse mais un au-revoir car vous serez, naturellement, toujours les bienvenus à l'ULB, quelle que soit la raison qui vous y ramènera.

Prof. Guy Latouche – Math 1968
Doyen de la Faculté des Sciences

A.Sc.Br ? Qui es-tu ?

L'Association des Diplômés de la Faculté des Sciences de l'Université Libre de Bruxelles vous salue ! Comme toutes les associations liées à l'UAE, l'A.Sc.Br. a comme objectif principal celui de regrouper les anciens étudiants et de maintenir le rayonnement de l'ULB à travers eux. Nous essayons d'organiser différentes activités susceptibles d'attirer nos Anciens :

L'A.Sc.Br soutient notamment les Olympiades de biologie, chimie, physique, mathématique. Elle alloue annuellement un prix à un étudiant pour son mémoire de fin d'études. Elle publie à l'intention de ses membres des informations et propositions d'activités émanant de la Faculté des Sciences ainsi que des suggestions d'événements ou des publications d'intérêt scientifique via son périodique **Phosphore & Sciences**, et organise des conférences à caractère scientifique. De manière plus festive, nous prenons une part active dans : la

Brocante du 1er Mai sur le campus ULB, le barbecue de fin d'année pour la proclamation, l'organisation du banquet annuel (**vendredi 14 octobre 2005**) qui célèbre les promos 10-25-50, le rallye d'orientation, le Char Statique™ de la Saint Verhaegen,

Nous projetons l'idée d'un rapprochement entre les étudiants, professeurs et Anciens via l'organisation d'un 'parrainage' qui permettra de faire connaître l'A.Sc.Br. aux plus jeunes mais facilitera également le contact entre les générations.

Vous voulez nous rejoindre, vous voulez faire partie du Conseil d'Administration ? Contactez-nous par courriel (ascbr@ulb.ac.be) ou par téléphone (0496/94.12.90), visitez le site www.ascbr.be

David Pierre – Chimie 1994

Diplômés ? Et maintenant...

Vous avez terminé votre cycle d'études cette année à l'ULB et vous avez décroché le précieux diplôme ... Voilà donc le moment tant attendu - mais aussi redouté - d'entrer dans la vie que l'on dit « active »...

Il s'agit à présent de mettre toutes les chances de votre côté pour décrocher ce premier emploi que vous aimeriez adapté à votre formation et à vos objectifs. Pour vous aider dans votre recherche, la Cellule Emploi (Département enseignement) vous propose son appui, en partenariat avec l'Union des Anciens Etudiants. Ses services sont non seulement gratuits mais ils vous seront acquis tout au long de votre carrière.

Le CEREP met à votre disposition (via son site Web) des offres d'emploi pour la Belgique et l'étranger,

couvrant tous les secteurs, du privé à la fonction publique, en passant par la recherche, le médical, le juridique, les ONG, etc.

Mais cette Cellule vous propose également des outils pour améliorer votre profil (ou méthodologie de recherche d'un emploi): des ateliers (méthodologiques) vous permettront de valoriser vos compétences et de préparer vos entretiens au travers d'exercices et de discussions de groupe. Le CEREP vous offre aussi des guidances individuelles pour une aide plus personnalisée. Par ailleurs, il organise tout au long de l'année des conférences sur le thème de la recherche d'un emploi. Enfin, une salle de documentation vous permettra de consulter les ouvrages de référence, de consulter Internet, etc.

Avec la Cellule Emploi, gagnez du temps en mettant toutes les chances de votre côté !

CEREP : <http://cerep.ulb.ac.be> ou 02 650 35 23

Du trypanosome à la schizophrénie : les joies de la recherche fondamentale libre, ou comment être innovant

Les trypanosomes : un désastre.

Le laboratoire de Parasitologie Moléculaire (Département de Biologie Moléculaire, Faculté des Sciences) de l'Université Libre de Bruxelles étudie depuis toujours les processus génétiques et moléculaires par lesquels les trypanosomes africains, organismes unicellulaires primitifs dont le prototype s'appelle *Trypanosoma brucei brucei*, arrivent à parasiter de nombreux mammifères dont l'homme. Ces organismes sont responsables de véritables fléaux à une échelle continentale, c'est-à-dire partout où sévit son insecte vecteur, la fameuse mouche tsé-tsé. Chez l'homme ces trypanosomes provoquent une maladie appelée « maladie du sommeil », qui tue annuellement plusieurs centaines de milliers de personnes. Ceci n'est peut-être que secondaire par rapport au désastre provoqué chez le bétail, car en y développant une maladie appelée « nagana » les trypanosomes limitent la production continentale du cheptel bovin à moins de 20% de ce qu'il pourrait être. Il n'est pas besoin d'insister longuement sur l'impact catastrophique de cette maladie : le bétail représente en effet une source majeure de nourriture, mais constitue aussi une force de traction pour l'agriculture, et revêt une valeur sociale de première importance.

L'incroyable processus de variation antigénique.

Les recherches sur les trypanosomes ne suscitent que peu d'intérêt de la

part des bailleurs de fonds. En particulier, les industries pharmaceutiques n'y voient pas de source possible de revenus. En revanche, dans les milieux académiques ces petits organismes exotiques se sont créés une niche non négligeable, car leurs performances biologiques fascinent et défient. De par le monde de nombreux laboratoires universitaires se sont attelés à comprendre comment des cellules aussi primitives arrivent à damer le pion au système immunitaire, malgré la sophistication extrême de ce dernier. Jusqu'ici, en dépit de perfectionnements technologiques toujours plus raffinés qui ont déjà permis de vacciner contre de nombreuses maladies infectieuses virales ou bactériennes, dans le cas du trypanosome on en est toujours réduit à s'émerveiller sur les processus extraordinaires permettant l'évitement des anticorps. Un de ces processus s'appelle la variation antigénique. Le principe en est simple : pour échapper à la surveillance du système immunitaire, le parasite change continuellement de revêtement de surface, constitué d'antigènes appelés VSGs (« Variant Surface Glycoproteins »). C'est ainsi que pratiquement toutes les semaines, et ceci pendant parfois plusieurs années, les trypanosomes éliminent leur ancien manteau de VSG et le remplacent par un nouveau, que les anticorps doivent à chaque fois apprendre à reconnaître. Remarquons bien l'astuce ici : il ne s'agit pas tant pour les parasites d'échapper aux anticorps, que d'utiliser en fait ces anticorps pour subsister dans l'hôte. En effet à

chaque production d'anticorps, la majorité des parasites, ceux qui n'ont pas (encore) changé de manteau, est éliminée du flux sanguin par la réponse immunitaire. Seuls ceux qui ont effectué leur renouvellement de surface résistent à cette réponse, et assurent la prolongation de l'infection, qui se déroule donc de façon chronique, en vagues successives. En absence de variation antigénique, l'équilibre entre hôte et parasite typique des infections de longue durée serait impossible : ou bien le parasite serait rapidement éliminé, ou bien, plus probablement, ce serait l'hôte qui serait rapidement tué par le développement d'un fardeau parasitaire excessif. Dans les deux cas, on ne parlerait plus des trypanosomes aujourd'hui.

**Des recherches très instructives :
(1) où un parasite nous apprend
comment être innovant**

Sans entrer dans le détail, les recherches fondamentales menées par notre laboratoire sur la variation antigénique des trypanosomes ont permis d'entrer dans un univers étonnant, totalement imprévu et imprédictible. Le gène du VSG s'est avéré être localisé dans un environnement génomique où il ne doit pas faire bon vivre, car il est continuellement la cible de recombinaisons génétiques. Ceci semble étroitement lié au processus par lequel le gène est exprimé dans ce site : la copie du gène en ARN messenger, processus appelé « transcription » est effectuée par une ARN polymérase inhabituelle et particulièrement active, normalement dévolue à la transcription des gènes ribosomiques. En conséquence, l'enveloppe naturelle de l'ADN, que l'on appelle « chromatine », est totalement et continuellement

ouverte à cet endroit, ce qui rend l'ADN extrêmement sensible aux nucléases qui déclenchent la recombinaison. L'extrême instabilité de cet endroit justifie probablement pourquoi il est bien isolé du reste du génome, étant relégué tout en bout de chromosome, juste avant l'extrémité que l'on appelle le télomère. Les réarrangements d'ADN se produisant sans arrêt dans cet enfer doivent le plus souvent être délétères, générant des gènes défectueux qui entraînent la mort du parasite. Mais ces sacrifices incessants sont le prix à payer pour les rares recombinaisons efficaces, qui construisent un nouveau VSG à partir de morceaux d'anciens gènes. C'est le plus souvent de cette façon, en « faisant du neuf avec du vieux », que le parasite arrive à toujours présenter de nouveaux manteaux au système immunitaire. Tout en fabricant de nouveaux gènes au hasard des recombinaisons, le trypanosome s'est aussi assuré un mécanisme de mise en mémoire de ces innovations, car de temps à autre il change de site où s'effectue la transcription du gène de VSG. Par conséquent, le gène néoformé se retrouve alors enveloppé de chromatine fermée, protectrice, ce qui permet de le conserver en sécurité pendant un certain temps.

**Des recherches très instructives :
(2) un modèle d'adaptation à
l'imprévu**

Comme souvent lorsqu'on aborde un sujet sans contraintes ni idées préconçues, l'étude du processus de variation antigénique des trypanosomes a très largement débordé du cadre initial des recherches. Tout d'abord, il est apparu que le site d'expression du gène de VSG contenait également d'autres gènes, la plupart semblant

coder pour la synthèse de protéines de surface. Bien que la fonction de la plupart de ces dernières soit inconnue, la probabilité n'est pas nulle que leur étude nous mette sur la piste d'antigènes protecteurs, c'est-à-dire d'un vaccin. Quoiqu'il en soit, l'analyse d'un duo de ces gènes, appelés ESAG7 et ESAG6, a déjà fourni une moisson riche d'informations révélatrices. Ces gènes se sont avérés coder pour la synthèse d'un récepteur de surface essentiel, celui d'une macromolécule sérique apportant le précieux fer au parasite, et qui s'appelle la transferrine. Nous avons tous de tels récepteurs dans nos cellules, car nous aussi avons besoin de fer pour notre métabolisme, mais ces récepteurs, ainsi que la transferrine, sont apparus progressivement au cours de l'évolution. Tel n'est pas le cas de nos trypanosomes apparus tout au bas de l'échelle évolutive, qui ont dû construire sur le tas des récepteurs adaptés aux macromolécules de leurs divers hôtes, en particulier des mammifères. Et c'est ici qu'on s'émerveille, car l'analyse du récepteur du trypanosome pour la transferrine a démontré qu'il était construit avec des VSGs, et que la région de ce récepteur impliquée dans la reconnaissance et la fixation de la transferrine était précisément celle qui, dans les VSGs, reconnaît et fixe les anticorps. Autrement dit, il semble qu'au cours des multiples essais de création de nouveaux VSGs, un de ces antigènes ait par hasard montré une affinité particulière pour la transferrine de l'hôte, procurant de ce fait un avantage de croissance indéniable au parasite responsable de cette innovation. La sélection naturelle ayant fait le reste, ce gène fut conservé et amélioré au fil des recombinaisons. Il est inutile de préciser que ce récepteur est

totallement original et distinct du nôtre, ce qui, outre l'intérêt biologique fondamental que cette observation génère, en fait une cible possible de vaccination. Un autre exemple, encore plus saisissant, concerne l'adaptation des trypanosomes à l'homme.

Adaptation des trypanosomes à l'homme : (1) du VSG à l'immunité innée

Pour les trypanosomes, l'espèce humaine est un cas à part. Peut-être en rapport avec le fait que l'homme est apparu en Afrique, ce mammifère s'est en effet doté d'un mécanisme de résistance innée aux trypanosomes africains. Seuls deux clones de *T. brucei*, appelés *T. b. rhodesiense* et *T. b. gambiense*, ont contourné l'obstacle et se sont donc adaptés à l'homme, chez qui ils provoquent la maladie du sommeil. Or, de façon inattendue les hasards de nos recherches sur la variation antigénique nous mirent sur la piste d'un gène responsable de cette adaptation chez *T. b. rhodesiense*. Nous pûmes montrer que ce gène, appelé SRA (« (human) Serum Resistance-Associated »), est nécessaire et suffisant pour conférer à *T. b. brucei* la capacité de croître dans le sérum humain, et donc de résister à son facteur trypanolytique naturel. Or, il apparut, encore, que cette protéine adaptatrice était un VSG, quoique atypique. A nouveau donc, il est probable qu'au cours des recombinaisons dont l'environnement du gène de VSG est le siège, un VSG aberrant soit apparu, dont l'intérêt adaptatif s'est présenté lorsque le parasite voulut coloniser l'homme. Bien entendu, pour notre malheur ce gène fut donc conservé et exploité dans ce contexte. La découverte fortuite de SRA ouvrit à notre laboratoire un champ d'investigation

nouveau et important : celui de l'identification du facteur humain capable de tuer *T. brucei*. En effet il apparut que SRA inhibait l'action de ce facteur en interagissant directement avec lui. De façon particulièrement inattendue et surprenante dans le contexte des recherches du domaine, nous pûmes identifier l'apolipoprotéine L-I (apoL-I) comme responsable de l'immunité innée contre les trypanosomes chez l'homme.

Adaptation des trypanosomes à l'homme : (2) de l'immunité innée à la schizophrénie

Essentiellement rien n'est connu sur l'apoL-I, excepté que cette protéine n'est que le sixième membre d'une famille plus ancienne, lequel n'est apparu que chez l'homme (et le gorille). La présence d'un segment supplémentaire a permis à cette protéine particulière de la famille d'être sécrétée dans le sang, alors que les cinq autres membres sont probablement intracellulaires. Notre laboratoire a évidemment cherché à comprendre comment cette protéine inattendue pouvait tuer les trypanosomes. Il est apparu que l'apoL-I, probablement comme les autres membres de la famille, possède trois domaines distincts : un domaine capable de générer des pores anioniques dans des membranes biologiques diverses, un domaine permettant l'adressage du premier dans la membrane, et enfin un domaine de contrôle des deux premiers. L'ensemble de nos analyses nous permet de conclure que les apoLs sont probablement des canaux pour le chlorure installés dans la membrane du lysosome, et qu'une de leurs fonctions est d'assurer la régulation du volume de ce compartiment cellulaire. Ces protéines seraient étroitement

contrôlées via leur troisième domaine. L'apoL-I est sécrétée dans le sang, où elle s'associe aux HDLs. En ingurgitant ces particules d'HDL pour s'approvisionner en lipides, les trypanosomes installent l'apoL-I dans la membrane de leur lysosome, ce qui entraîne le gonflement incontrôlé de ce dernier et par conséquent, la mort du parasite. Très subtilement, *T. b. rhodesiense* a utilisé un dérivé de VSG (SRA) pour inhiber l'apoL-I via son module naturel de contrôle. A nouveau, ces découvertes ouvrent des perspectives inattendues. L'existence dans l'apoL-I d'un module formateur de pores ioniques offre en effet une explication simple à une observation très curieuse. Il a été démontré que la surexpression de l'apoL-I est une caractéristique du cerveau schizophrénique. Serait-il possible que les désordres neurologiques liés à la schizophrénie soient dus à une dépolarisation des neurones provoquée par l'activité formatrice de pores ioniques de l'apoL-I? L'avenir nous le dira, si toutefois cette recherche trouve un financement. Toujours est-il que si tel était le cas, les trypanosomes nous auraient procuré un remède anti-schizophrénie, grâce à leur inhibiteur anti-apoL-I SRA.

Les leçons d'un parasite : liberté, innovation, recherche fondamentale et appliquée

Parasites et chercheurs fondamentalistes ont beaucoup en commun : tous deux sont souvent perçus comme inutiles et indésirables, tous deux doivent lutter pour survivre, tous deux doivent innover pour s'adapter. Dans les deux cas, il faut éviter les schémas préconçus, les plans, les développements prévisibles. La recherche fondamentale, c'est défricher l'inconnu. C'est donc

avancer dans le noir, sans savoir nécessairement ce dont demain sera fait. Ce n'est qu'au prix d'une ouverture d'esprit totale, non seulement du chercheur mais aussi des bailleurs de fonds, que l'on peut réellement innover. Le malheur veut que l'innovation soit aussi la clef du développement économique. Or, s'il est actuellement bien perçu que la recherche est un moteur de développement, on a généralement de plus en plus tendance à confondre recherche avec recherche-développement. Cette dernière se programme, la première pas. Si la recherche-développement est

indéniablement nécessaire, n'oublions pas que seule l'innovation assurera la survie de notre économie. Pour sauver la recherche appliquée, il est urgent de rendre à la recherche fondamentale la place, la confiance et la liberté qu'elle mérite.

Prof. Etienne Pays
Laboratoire de Parasitologie
Moléculaire - Institut de Biologie et
de Médecine Moléculaire

Un aperçu de la physique en 2005

L'année 2005 a été déclarée Année Mondiale de la Physique et de nombreuses activités sont organisées partout dans le monde(*) pour commémorer le centenaire de la publication des papiers historiques d'Albert Einstein sur la quantification du rayonnement électromagnétique, la théorie de la relativité ainsi que sur le mouvement brownien et l'existence des atomes. C'est également l'occasion de présenter au public le plus large les sujets de recherche actuels et le rôle de la Physique dans la société. Celui-ci est traditionnellement envisagé sous deux aspects assez distincts : la recherche « fondamentale » et la recherche « appliquée » mais il est important d'expliquer que cette dichotomie est souvent artificielle, comme le prouvent de nombreux exemples : la théorie de la relativité est utilisée pour le positionnement par GPS, les accélérateurs et les détecteurs de la physique des particules trouvent des applications en médecine, la compréhension de la supraconductivité débouche sur des perspectives industrielles, les possibilités de visualiser et de manipuler la matière à l'échelle atomique permettent de concevoir de nouvelles structures et de nouveaux matériaux aux propriétés insoupçonnées, la fusion nucléaire sera peut-être la solution énergétique de demain....Même un sujet aussi académique que la cohérence entre états quantiques est aujourd'hui étudié en vue d'applications dans la transmission de données, la cryptographie ou la réalisation d'un ordinateur quantique.

Il est impossible, en quelques lignes, de passer en revue toutes les

disciplines de la physique. Aussi, et sans pour cela prétendre que tout découle des idées d'Einstein, nous nous limiterons aux trois domaines abordés en 1905 : le photon, la structure de la matière et la relativité.

Lasers, fibres optiques, caméras CCD, les applications de la photonique ne se comptent plus. Parmi les avancées les plus récentes, citons l'apparition des lasers à semi-conducteurs émettant dans le bleu et la mise au point de nano-lasers à points quantiques. Des sources intenses de rayonnement synchrotron, dont le spectre peut être ajusté avec précision de l'infrarouge au rayonnement X, sont utilisées dans de nombreux laboratoires pour étudier aussi bien la structure des molécules organiques que celle des nouveaux matériaux. Une nouvelle génération, environ un milliard de fois plus puissante, est en cours de réalisation à DESY (Hambourg). Dénommée XFEL (pour X ray Free Electron Laser), cette source sera produite par un faisceau d'électrons accélérés jusque 20 GeV. Des impulsions de rayons X très brèves ($\sim 10^{-15}$ s) et parfaitement cohérentes seront envoyées sur la cible au rythme de 10^9 Hz, permettant de filmer les mouvements moléculaires et d'étudier la dynamique des réactions chimiques. Un projet analogue, le LCLS (Linac Coherent Light Source) est en préparation au SLAC, l'accélérateur linéaire de Stanford.

Une autre source de rayonnement continue à occuper le devant de la scène : le rayonnement micro-onde primordial à 2.725 K, découvert par

Penzias et Wilson en 1965. Les très légères anisotropies de ce rayonnement, au niveau de 10^{-5} , ont été mesurées ces dernières années par la sonde spatiale WMAP (Wilkinson Microwave Anisotropy Probe) dans une vaste gamme d'échelles angulaires. Un satellite encore plus performant, Planck, sera lancé en 2007 et des projets encore plus ambitieux sont en discussion. Nous reviendrons sur les contraintes cosmologiques issues de WMAP à la fin de cet article.

Depuis le questionnement d'Einstein sur la taille des atomes, que de chemin parcouru ! Grâce aux grands accélérateurs, on peut sonder la structure interne du proton avec une résolution de l'ordre du centième de son rayon, soit 8 ordres de grandeur par rapport au rayon de l'atome. Le Modèle Standard des particules élémentaires comprend 6 « saveurs » de quarks et autant de leptons. Les interactions entre ces constituants sont décrites avec précision, d'une part par la théorie électrofaible, qui fait intervenir des échanges de photons et de bosons lourds W et Z, d'autre part par la chromodynamique quantique, qui met en jeu 8 gluons de « couleurs » différentes. Rappelons que le prix Nobel a été attribué en 2004 à Gross, Politzer et Wilczek pour avoir démontré une des propriétés les plus curieuses de cette théorie : la liberté asymptotique, le fait que l'intensité de l'interaction forte décroît quand la distance entre les quarks diminue. Ne manque à l'appel, pour compléter le Modèle Standard, que le boson de Higgs dont le couplage aux quarks et aux leptons serait à l'origine de leurs masses. Sa découverte est un des objectifs majeurs du LHC (Large Hadron Collider) dont la construction au CERN s'achèvera en 2007. Parmi les autres sujets de recherche actuels, citons les oscillations de

neutrinos, qui démontrent que ceux-ci ont des masses non nulles, et les nouvelles sources de violation de la symétrie CP dans le système des mésons B^0 . Une violation de CP est un ingrédient indispensable pour tenter d'expliquer comment un univers initialement symétrique entre matière et anti-matière a évolué vers une disparition presque complète de l'anti-matière.

Des progrès remarquables ont également été réalisés ces dernières années en physique nucléaire. La synthèse d'isotopes exotiques et de nouveaux éléments « superlourds » (jusque $Z = 118$) a été rendue possible par le développement conjoint de faisceaux d'ions très intenses et de techniques de séparation et de détection extrêmement sensibles. Des sections efficaces aussi petites que 0.1 picobarn deviennent mesurables. Dans le domaine des noyaux plus légers, une intense activité se poursuit en vue de mesurer et de modéliser de nombreuses réactions d'intérêt astrophysique. Enfin, aux confins de la physique nucléaire et de la physique des plasmas, il faut se réjouir de la décision récente de construire, à Cadarache, le réacteur de fusion ITER, un pas important vers la rentabilité économique encore lointaine de cette source inépuisable d'énergie.

Le troisième sujet initié par Einstein en 1905 est, bien sûr, la relativité. Ce n'est qu'en 1915 qu'il acheva son chef-d'œuvre : les équations complètes du champ gravitationnel, formant la base de la relativité générale. La vérification en 1919 de la courbure des rayons lumineux dans le champ de gravité du Soleil lui valut, à juste titre, une renommée extraordinaire mais il faut reconnaître que, jusqu'en 1960 environ, la théorie d'Einstein eut un

impact assez marginal. Il en va tout autrement aujourd'hui. La théorie des cordes ouvre des perspectives nouvelles vers l'unification de la gravitation aux autres types de forces dans le cadre de la mécanique quantique. De nouveaux concepts mathématiques sont développés pour traiter des problèmes fondamentaux tels que l'entropie des trous noirs, les dimensions supplémentaires ou la nature de la constante cosmologique. En parallèle, on voit surgir une grande variété d'expériences visant à tester plus finement la théorie. Citons, par exemple, la sonde Gravity Probe B lancée en 2004 et le réseau de détecteurs interférométriques LIGO, TAMA et VIRGO dont on attend avec impatience les premières détections directes d'ondes gravitationnelles. Soulignons aussi les multiples observations astrophysiques où les trous noirs semblent pouvoir expliquer un grand nombre de phénomènes particulièrement violents.

De la gravitation à la cosmologie, il n'y a qu'un pas, qu'Einstein franchit d'ailleurs dès 1917. Son désir d'un univers statique et éternel le conduisit à introduire un nouveau terme dans ses équations, caractérisé par une constante arbitraire appelée constante cosmologique. Lorsque Hubble démontra que l'univers était en expansion, Einstein considéra l'introduction de cette constante comme « la plus grande bêtise de sa vie ». Il se pourrait aujourd'hui qu'elle constitue au contraire son plus grand succès ! L'observation des supernovae lointaines, jointe aux résultats de WMAP et à la distribution

spatiale de plus de 200 000 galaxies (2-degree Field Galaxy Redshift Survey), indique que l'univers est en expansion accélérée sous l'effet d'une mystérieuse énergie, de pression négative, appelée énergie sombre. L'effet de cette énergie semble très bien correspondre à l'existence d'une constante cosmologique non nulle. Si la densité totale d'énergie de l'univers, mesurée par WMAP, semble très proche de la densité critique correspondant à une géométrie plate de l'espace-temps, sa composition reste presque entièrement inconnue : environ 70% d'énergie sombre, plus de 10% de matière sombre, de nature indéterminée, et à peine 2% de matière baryonique, nos braves protons et neutrons. L'interprétation de ce « cocktail » surprenant est le grand défi scientifique de ce début de siècle.

Bien d'autres sujets n'ont hélas pu trouver leur place dans cet article : les exoplanètes, les condensats de Bose-Einstein, la modélisation de l'atmosphère, les progrès en mécanique statistique et en physique non linéaire, les nano-technologies, les applications en chimie, en biologie, en médecine... Si l'AScBr renouvelle sa demande l'an prochain, la matière d'un article ne manquera sûrement pas !

Prof. Pierre Vilain
Président du département de
physique de l'ULB

(*) Voir, par exemple,
www.physics2005.org et
www.wyp2005.org

Jouer un tour à l'incertitude

Vous devez trancher une alternative sans savoir quel choix est le meilleur; autant lancer une pièce et tirer au sort, n'est-ce pas ? Erreur, vous pouvez mieux faire.

Vous voulez vendre votre maison. Votre annonce "À vendre pour la meilleure offre excédant 800.000 Euros" est parue depuis des semaines et la transaction doit être réalisée d'ici dimanche prochain.

Deux acheteurs potentiels ont manifesté un intérêt sérieux. Monsieur X de Paris assure qu'il fera une offre de plus de 800.000 Euros mais il désire revisiter la maison samedi avant de faire une proposition définitive. Madame Y de Londres dit en substance la même chose, mais elle ne peut venir que dimanche. En outre, Monsieur X et Madame Y insistent tous deux pour que vous acceptiez ou refusiez leur offre le jour même de leur visite.

Vous auriez tant aimé en savoir plus ! Si seulement vous pouviez avoir une idée de la somme maximale que Monsieur X ou Madame Y seraient prêts à déboursier ! Mais ils vous ont répondu, avec un rire poli, "laissez-moi d'abord revoir la maison". Pas commodes en affaires, ces deux-là. Vous vous êtes renseigné : ils sont sérieux, dignes de confiance et solvables. Il semble difficile de deviner lequel des deux serait le plus intéressé.

Analysons votre situation. Certes, vous vanterez au mieux les mérites de votre maison, mais cela ne résout

en rien votre dilemme : si vous acceptez l'offre de Monsieur X vous perdez celle de Madame Y, et vice versa. Cela ressemble à un pur jeu de hasard ! Vous avez 1 chance sur 2 de manquer la meilleure des deux offres, n'est-ce pas ?

Une autre idée vous vient à l'esprit : il est fort peu probable que Monsieur X et Madame Y se connaissent. Vous pourriez peut-être faire monter les prix en expliquant à chacun à quel point l'autre est intéressé ? On pourrait commencer par Monsieur X ? Non, mauvaise idée... Quelqu'un comme Monsieur X ne sera pas impressionné, bien au contraire. Commencer par Madame Y alors ? Inutile : le jour où elle vient, Monsieur X sera déjà hors-jeu et ne pourra plus être utilisé comme moyen de pression.

Vous en revenez à la conclusion précédente : lancer une pièce et tirer au sort votre décision. Autant liquider l'affaire avec Monsieur X, cela libèrera votre dimanche !

Un jeu avec deux cartons

Ce genre de situation se présente sous diverses formes dans la vie courante : une promotion dans un supermarché, un appartement agréable, une offre d'emploi intéressante, voire l'homme ou la femme de votre vie ; on est souvent amené à prendre une décision tout en ignorant si quelque chose de mieux pourrait advenir par la suite.

Pour clarifier la question, extrayons-en la substantifique moelle sous

forme d'un petit jeu : demandez à votre fils et à votre fille d'écrire, en secret et sans se consulter, un nombre arbitraire sur un carton. Arbitraire signifiant qu'ils peuvent vraiment choisir le nombre qu'ils souhaitent : grand, petit, négatif, décimal... tout est permis. Ils posent ensuite leur carton face contre table. Vous devez à présent retourner la carte de votre fils, lire le nombre et décider si vous l'acceptez. En cas de refus, c'est le nombre inscrit sur la carte de votre fille qui vous est automatiquement attribué. Si vous terminez avec le nombre le plus grand, vous avez gagné. Sinon vous avez perdu.

La différence entre les deux nombres ne compte pas, vous voulez juste gagner. Si les deux nombres sont les mêmes, on recommence la partie, mais ce cas est improbable. En outre, si vous pensez tirer un avantage du fait que vous connaissez bien vos enfants, remplacez-les par d'autres. D'ailleurs, la même personne peut très bien remplir les deux cartons.

Cela ressemble vraiment à un pur jeu de hasard avec probabilité de gain $1/2$. Surprise ! Il y existe une stratégie qui vous permet d'avoir une probabilité de gain supérieure à $1/2$. Cette stratégie repose sur une idée du Professeur Thomas Cover de Standford. Appelons X et Y les deux nombres distincts écrits sur les cartons.

Stratégie: Pensez à un nombre arbitraire Z. Retournez le premier carton qui porte le nombre X. Acceptez X s'il est supérieur à Z, sinon choisissez Y. Pourquoi cette stratégie étrange serait-elle plus efficace que de choisir X ou Y au hasard ?

Voici la preuve : Il y a trois cas à considérer:

- (A) X et Y sont tous deux inférieurs à Z;
- (B) Z est entre X et Y (éventuellement égal au plus petit des deux);
- (C) X et Y sont tous deux supérieurs à Z.

D'après la stratégie indiquée, vous devez choisir Y dans le cas (A) et X dans le cas (C). Dans ces deux cas, vous avez effectué un choix aléatoire entre le plus petit et le plus grand de ces deux nombres; votre probabilité de gain vaut donc $1/2$. En revanche, dans le cas (B) vous êtes sûr de gagner car si X est le plus grand des deux nombres vous l'acceptez sinon vous le rejetez. Votre probabilité totale de gain est donc

$$w = a/2 + c/2 + b,$$

où a , b et c désignent les probabilités (inconnues) des événements A, B et C. Comme $a + b + c = 1$, on obtient

$$w = (a+b+c)/2 + b/2 = 1/2 + b/2.$$

La probabilité w de gagner excède donc $1/2$ de la quantité strictement positive $b/2$. (Remarque : ce raisonnement peut être rendu plus précis en choisissant Z comme variable aléatoire avec une densité partout positive sur la droite réelle).

Comment utiliser cette stratégie de la manière la plus judicieuse? Il faut rendre le cas B le plus probable possible, c'est-à-dire qu'il faut choisir le seuil Z de sorte qu'il ait le maximum de chances d'être entre X et Y. Comme ces deux nombres sont totalement arbitraires on ne peut pas donner de règle générale. Toutefois, dans des cas concrets, on peut avoir des idées utiles.

Choix optimal du seuil

L'exemple de la maison à vendre est un cas concret. L'offre de Monsieur X. est sur le premier carton que vous devez accepter ou refuser sans connaître le nombre sur le second carton, l'offre de Madame Y. La première différence avec le jeu à deux cartons c'est qu'ici X et Y ne sont pas arbitraires mais tous deux supérieurs à 800.000. Deuxième différence : la quantité $|X - Y|$ vous intéresse vraiment !

Une offre excédant 900.000 Euros serait formidable mais fort peu probable. D'un autre côté, si vous acceptez les 801.000 Euros de Monsieur X., vous ne serez pas trop déçu si Madame Y. avait l'intention d'acheter à 802.000 Euros. Il est inutile de chercher à se prémunir contre de trop petites pertes. Donc, le mieux serait de choisir Z bien au dessus de 800.000 mais pas trop grand. Personnellement, je procéderai comme suit : je lancerais un dé et j'ajouterais à 800.500 le produit de la face obtenue par 5000 (par exemple, si je tire 3, je prendrais $Z = 815.500$). Il n'y a rien de particulier dans cette méthode : vous pouvez très bien être plus heureux avec votre propre idée. Pourquoi lancer un dé plutôt que fixer par exemple $Z = 820.000$, ce qui semblerait être un bon ordre de grandeur ? Outre des considérations probabilistes, il y a une autre raison : en théorie des jeux, il vaut souvent mieux être imprédictible. Quand on agit de façon prévisible, l'autre joueur peut modifier son comportement en conséquence. D'où l'intérêt d'une composante aléatoire.

Que vaut notre stratégie ? On a vu que c'est mieux de toutes manières que le choix aléatoire. On ne peut pas vraiment quantifier l'avantage résultant, mais cela pourrait se

chiffrer à 10.000 Euros (en moyenne).

Allons un peu plus loin; revenons au jeu de cartons et jouons ensemble : vous inscrivez les deux nombres sur chacun des cartons, je fais les choix et je gagne si j'ai retenu le plus grand des deux nombres. Que devez-vous faire pour diminuer ma probabilité de gain ?

La réponse est simple : choisissez vos deux nombres très proches l'un de l'autre : 6,123455 et 6,123456 par exemple. L'avantage de la Z-stratégie est alors mineur : j'ai très peu de chances d'avoir pris un seuil Z entre vos deux nombres.

Pourtant, dans le monde réel, les choses se passent souvent autrement. En effet, les stratégies sont élaborées par un camp et ignorées de l'autre. Quelle différence cela peut-il faire ? Pour le comprendre, j'ai fait un test, il y a quelques années avec des étudiants en commerce du Vesalius College. Chacun avait reçu deux cartons pour inscrire ses deux nombres et j'ai fait mes choix. Je ne leur avais pas enseigné les Z-stratégies. J'ai gagné à 32 reprises contre 41 ou 42 participants. Si j'avais fait un choix au hasard à chaque fois, j'aurais remporté 21 parties environ, plus trois ou quatre avec un peu de chance. Mais 32 victoires ne s'expliquent pas par de la chance. Cela, mes élèves le savaient bien. Même les meilleurs étaient éberlués. C'est toujours un choc d'être confronté à l'inattendu ! Mais vous, cher lecteur, vous avez deviné : j'avais utilisé une Z-stratégie, des plus naïves d'ailleurs. J'avais pris $Z=0$.

Pourquoi cela fonctionna-t-il aussi bien ? Je pense que c'est parce que j'avais préparé le terrain pour ma

stratégie : j'avais glissé une remarque. "les nombres peuvent très bien être négatifs", de manière suffisamment anodine. De fait, de nombreux étudiants avaient utilisé des nombres négatifs, et ceux qui avaient inscrit un seul nombre négatif m'avaient fait automatiquement gagner.

Cette expérience montre bien qu'il n'y a pas de règles simples pour élaborer une stratégie. Certains prétendent que la clé d'une bonne stratégie consiste à réduire le champ d'action de l'adversaire. Mais ce n'est pas vrai. Si l'on croit que l'adversaire ne s'attend pas à notre stratégie, il peut être maladroit de vouloir réduire ses choix. En fait, plus on est contraint, plus on est forcé de réfléchir. Dans notre exemple, l'espace des possibles a été élargi et non réduit en permettant aux étudiants d'utiliser des nombres négatifs. Cela a contribué aussi à détourner leur attention.

Quelques mots de Mathématiques

Vous venez d'entendre parler d'un petit problème dans une branche des Mathématiques - fort récente comparée à d'autres domaines - l'élaboration de stratégies, une partie de la théorie des probabilités. Même à un niveau aussi élémentaire des questions restent ouvertes. Par exemple, dans le jeu à deux cartons, existerait-il une stratégie plus efficace que la Z-stratégie ? Une preuve d'existence ou de non-existence constituerait un progrès réel. Toutefois, au vu de nos connaissances actuelles, je ne vois pas de fondations assez solides pour établir une telle preuve, ni même pour formuler la question de manière suffisamment précise.

N'est-il pas inimaginable que l'on soit incapable d'optimiser, au sens mathématique du terme, le problème de la vente d'une maison à deux acheteurs potentiels ? En voyant tout ce que les Mathématiques ont réussi à faire dans notre monde, cela semble incroyable, n'est-ce pas ? Prenons d'autres problèmes d'optimisation, ceux rencontrés en aéronautique, par exemple. Comparés à ces questions, notre problème est ridiculement simple. Pourtant, ce n'est pas vrai. Les ingénieurs en aéronautique partent avec un avantage immense : ils utilisent au quotidien des techniques dont les bases mathématiques sont vieilles de deux ou trois siècles. Ce n'est pas le cas pour notre petit problème.

De tels contrastes existent dans la plupart des branches des Mathématiques. Serait-ce un symptôme de jeunesse éternelle pour une discipline ? Je pense que oui.

Prof. F. Thomas Bruss
Président du Département de
Mathématique de l'ULB

Traduit par Kirone Mallick

Références

- F. Thomas Bruss, *Der Ungewissheit ein Schnippchen schlagen*, Spektrum der Wissenschaft, Juni Heft, 106-107, (2000).
- F. Thomas Bruss, *Playing a trick on uncertainty*, Newsletter of the European Mathematical Society, Issue 50, pp. 5, 7-8, (2003).
- Thomas M. Cover, Problem 2-5: Pick the largest number, in *Open Problems in Communication and Computation*, Springer-Verlag (New-York), (1987).

L'Union des Anciens Etudiants

Se faire membre de l'



c'est marquer son appartenance à la Communauté de l'Université Libre de Bruxelles, soutenir le rayonnement de son enseignement et de sa recherche au travers de l'affirmation d'un idéal commun, mais également bénéficier des services aux membres de l'UAE, tels que :

- l'accès aux Bibliothèques de l'ULB, au Secrétariat aux Sports et Loisirs de l'ULB, aux Presses Universitaires, à la Fondation 9 ainsi que des prix préférentiels dans certains Centres Sportifs (Piscine Calypso, Da Vinci Fitness Center, Centre Sportif de la Forêt de Soignes) et ce au moyen de **la carte de membre** ;
- **l'Annuaire** de tous les membres ;
- **l'Esprit Libre**, magazine de l'UAE et de l'ULB qui, au-delà de ses articles, vous informera de la vie de l'Union et de l'Université ;
- des **activités** culturelles ;
- des aides concrètes au travers de **Prêts et de Bourses d'Etudes** et des accès aux programmes **Erasmus et Socrates** ;
- le soutien de la **Cellule Emploi** de l'ULB ;
- **La Maison**, bar-restaurant (Tél. 02/640.20.52). Lieu de rencontre idéal pour y organiser vos repas d'affaires, séminaires, réunions, banquets et réceptions.

Union des Anciens Etudiants de l'ULB
Campus de la Plaine – CP 235 – Bd du Triomphe – 1050 Bruxelles
Tél. : 02/650.51.52 – Fax : 02/650.56.66 – Mail : uae@ulb.ac.be

Remerciements

Le Conseil d'Administration de l'A.Sc.Br. remercie la Faculté des Sciences et son doyen, le professeur Guy Latouche, pour l'aide apportée à la réalisation de ce premier numéro spécial proclamation de *Phosphore & Sciences*.

Moules nature

museum



04.05.05 > 30.06.06

expo

Muséum des Sciences naturelles

Rue Vautier 29 1000 Bruxelles www.sciencesnaturelles.be



LA PREMIÈRE



LE SOIR

familles

LE SOIR
magazine



b-dagtrips



Federaal
Wetenschapsbeleid

175-25

.be