

Illustration expérimentale des notions de pression et de température

Intervenant : Jean-Pierre Lièvre , professeur CPGE

Les notions de pression et de température ont émergé au XVII^{ième} siècle avec les travaux de Pascal et de Galilée. On propose des illustrations expérimentales de ces notions regroupées selon les thèmes suivants :

- **Historique :**

On effectuera l'expérience des hémisphères de Magdebourg puis on analysera le fonctionnement d'un thermomètre de Galilée actuel (avec l'aide d'Archimède !) et celui d'une fontaine de Héron.

- **Etat thermodynamique :**

L'état thermodynamique d'un corps dépend de la pression et de la température. On montrera avec un appareil de Hope, que l'eau présente un maximum de densité vers 4°C. On utilisera aussi le changement d'état de l'eau pour écraser une cannette en aluminium grâce à la pression atmosphérique.

En abaissant suffisamment la température on rendra supraconducteur un disque d' $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ et on réalisera différentes expériences.

- **Intensivité :**

Les variables pression et température sont intensives, elles fixent donc le sens des échanges entre sous systèmes. Cette propriété nous permettra d'interpréter le fonctionnement de machines thermiques élémentaires comme l'oiseau buveur et la machine de Stirling.

- **Thermoacoustique :**

Le son dans l'air est associé à une variation de la pression, l'évolution étant supposée adiabatique. Malgré tout il est possible de coupler les variations de pression habituelles à des échanges thermiques et de réaliser ainsi des moteurs et des réfrigérateurs thermo- acoustiques. On présentera des dispositifs illustrant ce couplage.

Des pressions extrêmes pour transformer la matière

Intervenants : Alfonso San Miguel (laboratoire LPMCN, CNRS et univ. Lyon-1)
Isabelle Daniel (laboratoire LST, CNRS, univ. Lyon-1 et ENS-Lyon)
Participant: Cédric Vial (professeur physique-chimie)

Atelier expérimental : deux séances d'une heure pour 4 binômes de 2 participants

Lieu : LPMCN (Bat. Brillouin, Campus Doua), 4^{ème} étage, dans un des sites de la « Plateforme Lyonnaise d'Expérimentation sous Conditions Extrêmes »

L'objectif est de se familiariser avec les « Cellules à Enclumes de Diamant » (CED), dispositif permettant d'obtenir les pressions statiques les plus élevées en laboratoire (jusqu'à plusieurs millions d'atmosphères) autour de thématiques importantes qui profitent de ce type de dispositif : comprendre l'intérieur de la Terre, des planètes et de leurs satellites ; transformer la matière, créer des nouveaux matériaux.

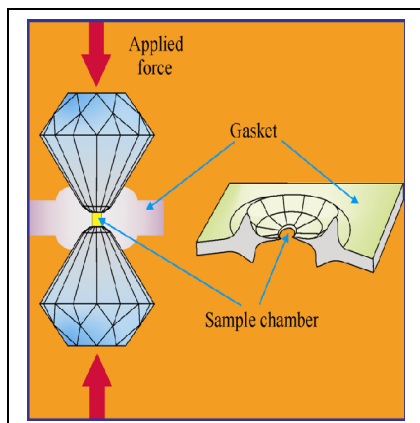
Parmi les manipulations qui seront au rendez-vous :

- préparer un joint métallique (indentation et micro perçage par électroérosion)
- charger une cellule à enclumes de diamant (micromanipulation avec introduction de l'échantillon et de la jauge de pression sous microscope)
- modifier la pression de quelques GPa
- observer la cristallisation des nouvelles phases (eau-glace à température ambiante)
- illustrer des processus de fusion et cristallisation induits par les changements de pression

et bien évidemment discuter sur le fonctionnement et les applications des CED.

Matériel :

Cellules à enclumes de diamants ; binoculaires ; petits matériels pour le chargement des cellules.



Les très basses températures

Intervenant : Bernard Castaing, professeur à l'ENS-Lyon (Laboratoire de physique)
Participants: Bastien Gravière et Michel Ecochard (professeurs de physique-chimie)
et Cyril Degeltagne, doctorant en physiologie animale (UMR-5123, CNRS)

Il est proposé un échange et des informations sur les questions scientifiques que posent les températures extrêmes.

En physique : les techniques expérimentales de refroidissement, les méthodes de mesure, les domaines d'application de la cryogénie; les questions fondamentales sur les phases superfluides, la supraconductivité, la turbulence aux très basses températures...

En biologie : comment se représente-t-on la notion de température « extrême » ? quelles stratégies possèdent les organismes animaux, et plus particulièrement les endothermes, pour maintenir une température interne propice à leur survie ?

L'exemple de l'adaptation du manchot royal dans la région sub antarctique sera abordé.

Les participants seront invités à poser des questions et à engager sur débat, notamment sur les aspects reliés à l'enseignement.

L'accélérateur LHC et ses détecteurs au CERN : les enjeux

Intervenant : Jean-Paul Martin, chercheur (CNRS, univ Lyon-1, IPN-Lyon)

Participant : Philippe Jeanjacquot (professeur physique-chimie)

Qu'est-ce-que le LHC?

Le LHC (large hadron collider) est un gigantesque accélérateur de particules situé au CERN près de Genève, à 100 mètres sous terre : un anneau de 27 km de circonférence formé d'aimants supraconducteurs et de structures accélératrices. A l'intérieur, deux faisceaux de particules circulent à une vitesse proche de celle de la lumière avant de rentrer en collision l'un avec l'autre. D'énormes détecteurs, tels qu'ATLAS ou CMS, mesurent les traces de particules avec des précisions de l'ordre d'une dizaine de micromètres, leur temps de passage à quelques nanosecondes près et leurs énergies à quelques % près.

Les enjeux de recherche fondamentale : les composants fondamentaux de la matière et leurs interactions (*voir les explications en annexe, page suivante*)

l'origine de la masse et le boson de Higgs

pourquoi l'antimatière est-elle si rare ?

le « plasma de quarks et gluons », soupe primordiale de l'univers
SuSy, des théories supersymétriques pour unifier les interactions

la matière noire : la candidature du neutralino

le « vide quantique » et l'énergie noire s'opposant à la gravitation

les dimensions supplémentaires aux quatre de l'espace-temps?

Les prouesses technologiques et les retombées sociétales

Les deux faisceaux circulent en sens opposé, dans des tubes distincts sous **ultravide**. Ils sont guidés le long de l'anneau par un puissant champ magnétique, généré par des **électroaimants supraconducteurs**, refroidis à -271°C , grâce à un **système cryogénique à l'hélium liquide**.

L'intégration de ces techniques de pointe dans une grande machine comme le LHC induit d'importantes avancées technologiques, via de nombreuses coopérations avec les laboratoires et industries européens.

Les expériences du LHC produiront des données dont le volume est sans précédent. Elles seront traitées par **la grille de calcul LHC**, un nouvel outils informatique, réparti sur toute la planète.

La conception, la réalisation et le pilotage des expériences ainsi que l'analyse des données physiques implique des collaborations internationales dont la plus grande comporte 1700 physiciens et ingénieurs, 60 instituts, 40 pays.

Les extrêmes...

L'**ultravide** : pression de 10^{-13} atm, dix fois inférieur à la pression sur la Lune.

La **cryogénie**: les aimants sont prérefroidis à $-193,2^{\circ}\text{C}$ (80 K) à l'aide de 10 080 tonnes d'azote liquide, puis portés à $-271,3^{\circ}\text{C}$ (1,9 K) avec 60 tonnes d'hélium liquide.

La **température dans l'espace minuscule de la collision** entre les deux faisceaux de protons dépassera 10^{13} K (elle est de $1.5 \cdot 10^5$ K au centre du Soleil...)

L'origine de la masse

La théorie électrofaible qui réalise l'unification de l'interaction faible et de l'interaction électromagnétique possède un mécanisme de brisure de symétrie qui donne la masse aux particules élémentaires que nous connaissons. Ce mécanisme fait apparaître une particule appelée boson de Higgs, la « déesse-mère » de toutes les autres particules. Mais nous n'en connaissons pas la masse. Si cette hypothèse est exacte, le collisionneur LHC doit nous permettre d'observer cette particule et d'en mesurer sa masse. Ce serait un grand pas dans la compréhension de l'origine de la masse.

Pourquoi l'antimatière est-elle si rare ?

Au début du Big Bang, lorsque la matière s'est formée, la quantité d'antimatière devait être égale à la quantité de matière mais aujourd'hui l'antimatière semble être très rare. C'est en étudiant des processus particuliers dans les collisions des particules du LHC que l'on aura une idée de plus en plus précise du processus par lequel ce déséquilibre a dû se produire. L'une des expériences (LHCb) est dédiée à cette recherche.

La soupe primordiale de l'Univers

Aux premiers instants de l'univers la température était très élevée et les densités très fortes, le LHC est capable de recréer ces conditions où les particules élémentaires (quarks et gluons) ne sont pas confinées mais se propagent librement dans un nouvel état de la matière que l'on appelle un « plasma de quarks et gluons » et une expérience (ALICE) sera dédiée à cette étude.

La quête de l'unité

À des énergies bien plus grandes que celle que pourra atteindre le collisionneur, les interactions fortes et les interactions électrofaibles pourraient ne constituer qu'une interaction unique...Actuellement les théories supersymétriques (SuSy) qui prévoient une symétrie entre les particules élémentaires constituant la matière et les médiateurs des interactions appelée « supersymétrie » pourraient conduire à cette unification mais dans ce cas il devrait exister des « particules supersymétriques » partenaires des particules élémentaires actuellement connues, et les plus légères d'entre-elles devraient alors apparaître dans les collisions de protons du LHC.

La matière noire

Les observations astrophysiques indiquent qu'une grande partie de l'Univers serait constituée d'un type de matière qui n'émet pas de rayonnement électromagnétique, il est appelée « matière noire ». Nous ne pouvons le percevoir qu'au moyen d'effets gravitationnels mais les physiciens des particules possèdent dans leurs théories supersymétriques une particule appelée « Neutralino » qui pourrait s'avérer un très bon candidat pour l'explication de l'origine de cette « matière noire ». Cette particule pouvant être produite dans les collisions de particules de haute énergie, le LHC pourrait nous permettre de la découvrir.

[L'énergie noire

Les observations cosmologiques faites lors de l'explosion de supernovae ont conduit à l'hypothèse de l'existence d'une mystérieuse « énergie noire » qui serait, en s'opposant à la gravitation, à l'origine de l'accélération de l'expansion de l'Univers. Parmi les différentes hypothèses actuelles il en est une où cette « énergie noire » pourrait trouver son origine dans le « vide quantique » présent dans les théories des physiciens des particules et là encore le collisionneur pourrait nous être très utile pour percer ce mystère.]

Les dimensions supplémentaires

Les grandes théories qui permettent d'aller jusqu'à l'unification de l'interaction gravitationnelle avec toutes les autres s'appuient principalement sur la théorie des « supercordes », mais celle-ci requiert un nombre de dimension bien supérieur aux quatre de l'espace-temps considéré jusqu'alors, c'est un univers à dix dimensions. Sous certaines conditions le LHC pourrait nous permettre de confirmer l'existence de ces dimensions supplémentaires.

Milieux denses et froids en astronomie

Intervenants : Cédric Mulet-Marquis et Christophe Winisdoerffer (CRAL, ENS-Lyon)

Participant.es : Martine Biau et Nathalie Bonnin (professeures physique-chimie)

Le but de cet atelier est de décrire et de comprendre les propriétés particulières des différents astres suivants : planètes géantes, naines brunes, naines blanches et étoiles à neutrons.

Les astrophysiciens qualifient ces objets de "denses" et "froids": dans quelle mesure le sont-ils?

On peut expliquer leurs propriétés à partir des « équations d'état » qui régissent leur structure. Dans ces astres, des relations thermodynamiques spécifiques lient les grandeurs physiques, telles que la température, la pression, la densité, les degrés d'ionisation de l'hydrogène et de l'hélium...

On décrira les cas où la matière se trouve dans des conditions extrêmes : gravité, dégénérescence des plasmas, champ magnétique...

Évolution et événements climatiques extrêmes

Intervenant : Gilles Escarguel (laboratoire Paléoenvironnement et Paléobiosphère, Lyon-1)

Participante : Béatrice Cavalie (professeure SVT)

A l'échelle des temps géologiques, qui est également celle de l'apparition, l'évolution et la disparition des espèces qui peuplent notre planète, les "milieux extrêmes" et les événements qui leur sont associés, prennent fréquemment une toute autre dimension spatiale et temporelle. Ici, est "extrême" ce qui est hors-norme, exceptionnel, atypique.

Cet atelier a pour objectif d'illustrer, par l'analyse d'un jeu de données publié et disponible, comment, il y a 55,5 millions d'années, un événement climatique global, comparable dans sa dynamique et son amplitude au réchauffement climatique actuel (d'origine anthropique), a profondément et durablement affecté l'ensemble de la biosphère.

Nous sommes tous des enfants du PETM !

La vie dans les profondeurs des océans et de la croûte terrestre

Intervenant : Philippe Oger (Laboratoire de Sciences de la Terre, ENS-Lyon)

Participant.es: Anaïs Pernoud et Claire Morelli (professeures SVT)

Il est proposé de vous présenter des travaux de recherche actuels concernant **la vie dans les profondeurs océaniques**.

Cet atelier permettra de découvrir les outils existants et leurs applications pour modéliser les conditions de vie dans ces conditions : **outils de modélisation de la pression** (cellules à enclume de diamant, cylindres pressurisés...), **espèces utilisées et utilisables** dans le cadre de ces travaux, **nature des résultats obtenus...**

Ce sera l'occasion d'échanges avec un chercheur professionnel sur des thèmes relatifs aux programmes des classes de Première S et de Terminale S, et la possibilité d'enrichir vos cours à l'aide d'exemples concrets et de documents pédagogiques pertinents sur le thème de la vie abyssale et des hautes pressions.

La communication neuronale

Intervenant : Paul Salin

(Laboratoire de physiopathologie des réseaux neuronaux, Univ.Lyon-1)

Participant.es: Claire Morelli et Anaïs Pernoud (professeures SVT)

Il est proposé de vous présenter des travaux de recherche relatifs à
l'électrophysiologie neuronale.

Ce sera l'occasion de découvrir les expériences historiques qui ont conduit à l'établissement des théories actuelles concernant la neurophysiologie. Au cours de cet atelier vous plongerez dans le monde de **l'infiniment petit** pour découvrir les **techniques d'étude des synapses** (dose dépendance de la transmission synaptique, étude des neurotransmetteurs...) ou encore les outils à disposition des chercheurs pour **mesurer les échanges transmembranaires au niveau neuronal.**

Cet atelier devrait vous fournir des éléments concrets (faits historiques, illustrations, documents pédagogiques) pour aborder sous un angle original les neurosciences dans votre enseignement (notamment en Première S).