

Quelques idées de déroulements d'activités pour les T.I.P.E.

Vous avez pu lire dans le bulletin de juin la position de l'U.d.P. sur les Travaux d'Initiative Personnelle Encadrés et leur évaluation, position élaborée, au sein de la commission U.d.P.-C.P.G.E. Nous publions ici quelques exemples de déroulements d'activités en T.I.P.E.

Ces exemples ne constituent en aucune manière une proposition de programme. Nous demeurons en effet favorables à une activité conçue de la manière la plus libre possible, afin que chaque professeur puisse réussir les T.I.P.E. en exploitant au mieux les ressources locales, à commencer par l'initiative des élèves. Cette dernière devrait pouvoir s'exprimer mieux, d'autant qu'elle ne subirait pas la contrainte de programmes nationaux...

Les propositions qui suivent doivent donc plutôt être envisagées comme des idées de déroulements d'activités, telles que les membres du groupe les ont imaginées, sur des sujets qui leur semblaient porteurs. Il faut donc ne voir ici que des documents pédagogiques discutés dans le groupe U.d.P.-Prépas. Nous souhaitons simplement aider, par cette publication, tous ceux qui s'interrogent sur la façon dont ils peuvent envisager les T.I.P.E. et les mettre en place dans quelques mois.

Tous ces projets, dont certains seulement couvrent la totalité de l'année scolaire, ont été conçus pour que le travail soit fait durant les deux heures hebdomadaires figurant à l'emploi du temps des élèves. Le titre du T.I.P.E. (ou thème) est celui de l'activité d'un groupe de vingt-quatre élèves (au maximum...). Dans certains cas, il est envisagé que tout le groupe réfléchisse simultanément sur un sous-thème ; dans d'autres cas, le groupe est rapidement divisé en sous-groupes de trois ou quatre élèves qui travailleront chacun sur un sous-thème différent. Dans ce cas, il est prévu des temps de mise en commun : exposés, présentations d'expériences, réflexion avec l'aide du professeur, synthèses... qui permettront à chaque petit groupe d'avoir une bonne compréhension du travail de l'ensemble du grand groupe.

Toutes ces propositions comportent évidemment une composante expérimentale comme indiqué dans les grilles horaires des filières.

Les bibliographies accompagnant chaque proposition ne prétendent nullement représenter un parcours obligé pour chaque élève, ni même pour le groupe dans son ensemble. Elles ne prétendent pas davantage à l'exhaustivité. Elles ne sont là que pour suggérer la diversité des sources possibles, sources dans lesquelles chacun puisera selon son inspiration ou les possibilités locales.

André BOUSSIÉ
André GILLES
Madeleine SONNEVILLE

Gravitation, gravimétrie et pesanteur

Ce thème est extrêmement vaste et multiforme : accessible dès l'entrée en math-sup, il comporte à la fois des aspects historiques, fondamentaux, expérimentaux et appliqués. Il permet aussi d'emmener des groupes d'élèves particulièrement curieux et motivés jusqu'à une réflexion sur des aspects actuels de la recherche (interactions fondamentales, astrophysique, masse cachée de l'univers, ondes gravitationnelles).

Tout ce qui a trait aux effets différentiels de gravitation et à la stabilité du système solaire a été exclu volontairement puisque les autres propositions incluent explicitement ces deux sujets. Bien entendu, le thème «Gravitation» pourrait être renforcé par des sujets touchant aux effets de marée et au chaos.

1. PREMIÈRE SÉANCE

Elle est consacrée à une «entrée» dans le thème, en groupe complet, sous la direction du professeur : un article-support très accessible et motivant permet de faire percevoir l'importance de la réalisation de mesures très fines du champ de gravitation et donc l'actualité du thème.

La mesure des petites variations du champ de gravitation terrestre (*Science et Vie n° 916, janvier 1994*)

On peut organiser la séance autour d'un jeu de questions et réponses, en demandant aux élèves de :

– dégager, en une ou deux phrases, le principe des deux méthodes de mesure décrites dans l'article : pourquoi ces mesures ? en quoi consistent-elles ?

– relier l'article à leur culture scientifique en retrouvant (quand ils le peuvent...) les ordres de grandeur numériques proposés dans l'article, ou encore en explicitant et prolongeant l'évocation historique du début de l'article,

– analyser, par une lecture fine de certains passages, les «coquilles scientifiques» de l'article qui leur sont accessibles : peut-être les trouveront-ils tout seuls ? peut-être faudra-t-il les leur suggérer ?

Dans cette séance, on aura ainsi jeté les bases du travail qu'on peut attendre sur ce genre de document (on ne peut pas toujours tout comprendre dans un article, on essaie de se replacer dans le cadre des connaissances dont on dispose, on tente d'avoir une lecture critique...). On aura donc presque défini ce qu'un jury pourrait attendre des candidats lors d'une épreuve orale de T.I.P.E. à propos d'un article scientifique ; c'est important puisque la finalité demeure la préparation aux concours. On aura peu l'occasion de revenir sur ce point, sauf si, en fin de seconde année, on organise une simulation d'oral de cette épreuve. En effet, les autres séances seront consacrées à des réalisations expérimentales, à des préparations d'exposés et à la mise en commun de ces travaux.

Bien entendu, un travail analogue peut être fait, dans le même esprit, avec tout autre article, pour peu qu'il soit assez motivant pour constituer une bonne immersion dans le thème...

Cette première séance peut aussi être l'occasion de faire faire aux étudiants un premier inventaire des sujets qu'ils aimeraient aborder dans le cadre du thème : ceux qui ont l'habitude de lire des revues ou des ouvrages scientifiques devraient avoir quelques idées (initiative personnelle...). Il faudra sans doute suggérer plus explicitement les possibilités de travail expérimental au laboratoire (en fonction des possibilités locales) ou encore la réflexion sur les aspects historiques. Il devrait y avoir des amateurs sur tous ces sujets.

2. SÉANCES SUIVANTES

Il ne faut sans doute pas trop figer l'emploi du temps en début d'année si on veut que l'initiative personnelle puisse se manifester. Au fil de leur travail, les élèves devraient logiquement apporter de nouveaux documents ou de nouvelles idées : il serait dommage de ne pas en profiter.

2.1. Fonctionnement

Le travail peut s'organiser autour de séquences de trois ou quatre semaines, pendant lesquelles chaque sous-groupe conduit un travail à son terme. Chaque séquence représente ainsi six ou huit heures de travail (lecture, appropriation du sujet, réflexion, réalisation d'expériences pour les uns, préparation d'exposés pour les autres). Dès que deux

ou trois sous-groupes ont achevé l'étude de leur sujet, on fait une mise en commun, en groupe complet, et une synthèse.

En ce qui concerne les exposés, on peut fort bien envisager qu'un même sujet d'exposé soit préparé par deux sous-groupes : lors de la mise en commun, il devrait être tout à fait intéressant de constater comment, à partir d'un même sujet, voire d'un même article, deux sous-groupes arrivent à dégager une matière très différente, par exemple en fonction de leur culture scientifique ou des intérêts personnels des individus. La discussion associée à la mise en commun en groupe complet n'en serait que plus riche. Elle devrait contribuer à faire comprendre aux élèves qu'il n'y a dans cette activité, aucune exigence a priori de contenus précis...

Bien entendu, les sujets à caractère expérimental risquent de s'étaler davantage dans le temps.

2.2. Exemples de sujets qui pourraient être abordés et pistes bibliographiques

Chacun des paragraphes qui suivent est envisagé comme le travail d'un petit groupe s'étalant sur quelques semaines.

Les indications bibliographiques qui suivent ne constituent en aucune manière un «parcours obligé» ; elles ne prétendent pas davantage à l'exhaustivité.

2.2.1. Histoire de la loi de gravitation

- *La nature des lois physiques (Feynman) Points-sciences* : tout un chapitre sur la gravitation.
- *Principia mathematica (Isaac Newton) Christian Bourgeois Éditeur* : choisir les extraits significatifs.
- *Histoire de la Physique et de la Chimie (J. Rosmorduc) Axes Science.*
- *Newton et la mécanique céleste (J.-P. Maury) Découvertes Gallimard.*
- *Document d'accompagnement du nouveau programme de terminale.*
- *Encyclopedia Universalis* : article Gravitation.
- *Les riches heures de la mécanique céleste* : Science et Vie Hors Série : «200 ans de science contemporaine» mars 1989.

2.2.2. Aspects expérimentaux historiques de la Gravimétrie

Pour la réalisation d'expériences, il faudrait travailler de manière non directive, à la différence de ce qui se passe dans une séance de T.P. traditionnelle. On peut envisager de « lâcher » un petit groupe d'élèves sur un appareil présent dans nos laboratoires, en leur fournissant un ouvrage simple (manuel de lycée ancien ou actuel) renfermant les éléments théoriques nécessaires et en leur suggérant d'analyser le fonctionnement d'un appareil, de réaliser des mesures, d'en évaluer la précision, de discuter la méthode, de l'améliorer, d'envisager des acquisitions informatiques ou des enregistrements...

- Méthode de Cavendish (s'appuyer aussi sur *B.U.P. n° 584, mai 1976*). On ne peut sans doute pas réaliser l'expérience, mais on peut envisager de la faire présenter et de faire travailler les élèves avec la balance de Coulomb parfois présente dans nos laboratoires.
- Pendule réversible d'Huygens (*Bruhat de mécanique anciens manuels de terminale...*)
- Autres méthodes de mesure de g au laboratoire de Sciences Physiques aujourd'hui : utilisation de logiciels d'acquisition d'un mouvement de chute libre et modélisation ; utilisation d'un caméscope et analyse d'une chute image par image avec l'aide d'un logiciel approprié (Mirelec...).

Ces activités expérimentales portant sur du matériel moderne devraient pouvoir familiariser avec l'acquisition par ordinateur ceux de nos élèves (sans doute encore assez nombreux) qui n'ont pas eu l'occasion de l'utiliser dans les classes antérieures.

2.2.3. Aspects appliqués contemporains de la Gravimétrie

Qui mesure g aujourd'hui et pour quoi faire ?

- Pyramides : voir mécénat technologique E.D.F.
- Prospection géologique : voir Bureau des Recherches Géologiques et Minières, groupes pétroliers...
 - *Encyclopedia Universalis* : article Gravimétrie.
 - *La Terre, les eaux, l'atmosphère (Gauthier-Villars)* : chapitre «géo-désie».
 - *Le géoïde terrestre (Anny Cazenave) Courrier du CNRS (la Terre, juillet 1990)*.

2.2.4. **Mouvements dans les champs de gravitation, satellites**

- Étude informatique : points de Lagrange ? Système de trois corps ? Logiciel «Champs et potentiels» (Langage et Informatique) ou «Champs» (Micarelec).
- Analyse d'un document astronomique ?
- La trajectoire de la sonde Cassini-Huygens (rebond gravitationnel).
- Les sondes spatiales et l'exploration du système solaire.
- Stabilisation des trajectoires de satellites.

2.2.5. **Microgravité et applications**

- *Le phénomène d'impesanteur (B.U.P. n° 593, page 951).*
- *Métallurgie spatiale en microgravité (Clés CEA n° 13, été 1989).*
- *Icare à bord du premier laboratoire international de microgravité (Clés CEA, hiver 1992).*
- *Impesanteur en Caravelle zéro-g (Revue du Palais de la Découverte n° 228, mai 1995).*
- *Voir aussi Centre National d'Études Spatiales.*

2.2.6. **Astrophysique : gravitation et structure (ou histoire) de l'univers**

- *Méthodes de l'astrophysique (Lucienne Gouguenheim) Hachette CNRS.*
- *La Terre et l'Univers (Bottinelli, Brahic, Gouguenheim) Hachette Éducation.*
- *Le destin de l'Univers (Trinh Xuan Thuan) Découverte Gallimard.*
- *La supernova du XX^e siècle (Clés CEA n° 10, automne 1988).*

2.2.7. **Aspects plus difficiles :**

Peut-être pas avec tous les élèves..., à n'aborder que si les parties plus traditionnelles ont été suffisamment explicitées.

- Réflexion sur la place de la gravitation parmi les quatre interactions fondamentales.
- Thèmes astrophysiques contemporains :
 - *Masse cachée de l'univers et microlentilles gravitationnelles : Images de Physique 1994.*

- *La masse cachée de l'univers (Clés CEA, automne 1992).*
- *La Science au présent (Universalis) Tome 1, page 71 : ondes gravitationnelles.*
- *A la recherche de la quintessence (Bulletin de la SFP, octobre 1994).*
- *Lueurs sur la matière noire (Bulletin de la SFP, mars 1994).*
- *Les photons traquent les gravitons : Science et Vie Hors série «Voyage au cœur de la lumière» (n° 186, mars 1994).*

2.3. Autres pistes bibliographiques plus générales

- Encyclopédie internationale des Sciences et Techniques (Presse de la Cité).
- Histoire générale des Techniques PUF.
- Histoire générale des Sciences (sous la direction de René TATON) 1961.

La microscopie

La mise en place des T.I.P.E. conduit à se poser un certain nombre de questions. Comment mettre en place pratiquement ces séances de Travaux d'Initiative Personnelle Encadrés ? Sous quelle forme peut-on envisager ces séances ? Qu'est-on en droit d'attendre des élèves ?

Pour répondre à ces questions nous avons choisi un sujet à caractère expérimental et nous avons essayé de voir comment nous pourrions travailler avec les élèves sur ce thème.

LA MICROSCOPIE, POURQUOI CE THÈME ?

Nous avons retenu un thème :

- **à caractère expérimental** de façon à ne pas centrer l'étude sur des aspects théoriques ce qui conduirait inévitablement, la loi des concours aidant, à une inflation des connaissances exigées des élèves au moment des épreuves.
- **à applications variées.** Trois types de microscopes ont été retenus :
 - le microscope optique,
 - le microscope électronique,
 - le microscope à effet tunnel.

Nous avons écarté du sujet la microscopie acoustique (J. ATTAL, la microscopie acoustique, La Recherche n°144, mai 1983) qui relève plus de l'imagerie que de la microscopie.

- **qui touche à plusieurs domaines de la physique.**

Certains de ces domaines sont explicitement au programme, ainsi l'étude du principe et des limites du microscope optique se fait à partir du cours d'optique géométrique et d'optique physique. D'autres sont totalement exclus du programme et il n'est pas question de les réintroduire ici. Cependant cela peut donner lieu à des séances plus qualitatives (vulgarisation ? le terme n'est sans doute pas bien choisi) et permettre d'aborder des domaines plus récents de la physique sans que l'aspect théorique soit à connaître. Cela sera certainement une source de motivation pour les élèves.

QUE PEUT-ON ATTENDRE DES ÉLÈVES ?

Microscopie optique

On peut s'attendre à ce qu'un élève ait compris le principe et les limites de ce type de microscopie et qu'il soit capable de donner l'origine des problèmes de profondeur de champ et de limite de résolution.

Un élève pourra s'être intéressé à un type d'application et au microscope associé (microchirurgie par exemple). Le choix de l'application relève de l'initiative personnelle de l'élève.

Microscopie électronique

On ne peut demander aux élèves de connaître la théorie de la microscopie électronique. Un parallèle avec la théorie des réseaux de diffraction optique est sans doute envisageable. L'objectif essentiel est de voir l'intérêt de cette microscopie par rapport à la microscopie optique (pouvoir de résolution).

On peut aussi souhaiter qu'un élève soit capable de comprendre dans un article (simple), en quoi le microscope électronique a joué un rôle important dans une expérience : structure de la matière, quasi-cristaux, biologie... Le choix de ces applications relève bien entendu de l'initiative personnelle de l'élève et aucune application particulière ne pourra être supposée connue a priori par l'élève. Il ne faut pas que l'on puisse entendre le jour du concours : «Comment vous n'avez pas vu cette application, elle est pourtant fondamentale !»

Microscopie par effet tunnel

Là encore, il n'est pas question d'aborder la théorie de l'effet tunnel. Si, lors des séances de T.I.P.E., on peut envisager la lecture d'articles de vulgarisation (voir en quoi ce phénomène est en contradiction avec la mécanique classique par exemple), seule l'existence du phénomène peut être supposée connue de la part de l'élève. L'objectif est de connaître l'intérêt de ce type de microscopie et en quoi son utilisation est différente celle des autres microscopies.

Les applications et utilisations de cette microscopie sont aussi à la carte en fonction des élèves (microscopie de surface, manipulation d'atomes...).

ORGANISATION DES SÉANCES DE T.I.P.E.

Le volume horaire disponible pour les T.I.P.E. est d'environ quarante heures : vingt semaines à raison de deux heures par semaine (deux trimestres, en sup comme en spé). Un chiffrage horaire - voir le tableau en annexe - montre que ce sujet occupe largement ces vingt semaines. Il semble peu réaliste d'envisager plus d'un thème de ce genre sur l'année si l'on veut que le travail de l'élève soit vraiment personnel.

Différents types d'activités ont été envisagés

Lecture et analyse de documents

Cette activité est organisée sur trois séances :

- première séance au C.D.I. : les élèves travaillent sur des textes qui leur sont fournis par l'enseignant,
- deuxième séance au C.D.I. : cette séance permet aux élèves de chercher les informations qui manquent à leur compréhension. Le rôle de l'enseignant est d'orienter leurs recherches,
- troisième séance : séance de synthèse. Les élèves présentent sous forme d'exposés ce qu'ils ont retenu de leur travail.

Pendant ces séances sur documents, les élèves travaillent par groupe de trois ou quatre sur un même sujet. Il est même souhaitable que plusieurs groupes travaillent sur un même sujet : en effet lors des séances de synthèse, il faut éviter qu'à la fin de l'exposé, les échanges se fassent uniquement entre l'enseignant et les orateurs. Si d'autres groupes ont travaillé sur le même thème, ils pourront réagir et montrer qu'on pouvait analyser le sujet d'une autre façon et orienter le travail différemment.

Dans l'organisation proposée, tous les élèves travaillent en même temps sur la microscopie optique puis sur la microscopie électronique et enfin sur la microscopie par effet tunnel. Il était possible d'envisager une spécialisation en fonction des motivations des élèves : certains travaillant sur la microscopie optique, d'autres sur l'électronique... le tout se terminant par des exposés. Cette méthode de travail présente un risque. Que retiendra un élève sur la microscopie électronique s'il a centré son étude sur la microscopie optique ? Ses informations sur la microscopie électronique ne viendront que des exposés. La comparaison et l'intérêt de chaque type de microscopie risque de lui échapper.

Travaux pratiques

Dans le cadre du travail sur la microscopie optique, nous disposons de matériel qui permet d'envisager une ou deux séances de TP : modélisation d'un microscope, étude d'un microscope, étude de la profondeur de champ...

Visites de laboratoires

On peut envisager la visite de laboratoires disposant d'un microscope électronique. Les microscopes à effet tunnel sont un peu moins courants. Il existe aussi des documents audiovisuels sur le microscope à effet tunnel.

CONCLUSION

La microscopie, thème trop ambitieux ? Ce n'est sans doute pas la bonne question. Le grand point d'interrogation reste l'évaluation.

Si les questions posées au candidat lors des épreuves de concours portent sur les aspects théoriques du problème, alors la microscopie n'est pas un thème de T.I.P.E. à retenir. Cela reviendrait à alourdir les programmes. Par contre, si l'interrogation porte essentiellement sur la démarche scientifique, sur la façon dont l'élève a conduit son étude, tout en contrôlant qu'il a compris ce qu'il a fait, alors on peut sans doute envisager des thèmes qui sortent du programme et qui touchent à des aspects plus modernes de la physique. L'objectif initial des T.I.P.E. sera alors atteint : motiver et développer l'esprit d'initiative des élèves.

ANNEXE : ORGANISATION DES SÉANCES DE T.I.P.E.***Microscope Optique***

Sem n°	Thème	Support	Nature du travail
1	Limites d'un instrument d'optique	Livres d'optique articles	C.D.I.
2	Microscope	Montage de principe sur banc	T.P.
3	Microscope	Étude et caractérisation d'un microscope réel	T.P.
4	Microscope	Intérêt et limites de l'instrument	Exposés
5	Utilisation du microscope	Livres, articles	C.D.I.
6	Utilisation du microscope	Livres, articles	C.D.I.
7	Utilisation du microscope	Livres, articles	Exposés

Microscope électronique

Sem n°	Thème	Support	Nature du travail
8	Description et caractéristiques du microscope électronique	Livres, articles	C.D.I.
9	Description et caractéristiques du microscope électronique	Livres, articles	C.D.I.
10	Description et caractéristiques du microscope électronique	Livres, articles	Exposés
11	Visite de laboratoire	Livres, articles	Visite
12	Applications	Livres, articles	C.D.I.
13	Applications	Livres, articles	C.D.I.
14	Applications	Livres, articles	Exposés
15	Synthèse	Livres, articles	Exposés

Microscope à effet tunnel

Sem n°	Thème	Support	Nature du travail
16	Effet tunnel	Livres, articles	
17	Description et utilisation du microscope à effet tunnel	Livres, articles	C.D.I.
18	Description et utilisation du microscope à effet tunnel	Livres, articles	C.D.I.
19	Description et utilisation du microscope à effet tunnel	Livres, articles	Exposés
20	Synthèse	Livres, articles	

BIBLIOGRAPHIE

- Le Courrier du CNRS - Spécial Imagerie Scientifique - janvier-juin 1987.
- Plusieurs articles dans la «Science au Présent» - Encyclopédie Universalis.

Naissance et évolution de l'optique

- B. MAITTE : *La Lumière* - Point Sciences au Seuil.

Microscope optique

- Cours d'optique.
- Descriptions techniques.
- M. HENRY : *La formation optique des images* - La Recherche n°144 - mai 1983 - pages 572-583.
- *La microscopie en relief* - La Recherche - février 1995.
- M. ROBLIN : Microscopie optique - dossier pédagogique n° 44, ADASTA - juin 1995.

Microscopie électronique

- A. BOURRET et R. PORTIER : *Voir les atomes* - La Recherche n° 144 - mai 1983 - pages 650-663.
- F. SALVAN : *Deux aspects de la microscopie électronique* - La Recherche n°183 - mai 1986 - pages 1558-1559.

Microscopie par effet tunnel

- J. KLEIN : Science et Vie - Hors série - décembre 1987.
- F. SALVAN : *Le microscope à effet tunnel* - La Recherche n° 181 - octobre 1986 - pages 1202-1212.
- B. LEROY : *Le microscope à effet tunnel* - B.U.P. n° 699 - décembre 1987 - pages 1269-1282.
- J. KLEIN : *Le microscope à effet tunnel et les différentes microscopies à sonde locale* - Revue du palais de la Découverte - Volume 18 - n° 179 - pages 19-34.
- *On manipule des atomes* - La Recherche - décembre 1992.

Machines thermiques

LE CHOIX DES ÉTUDIANTS ?

Dès septembre, les étudiants sont encouragés à lire des articles scientifiques. Début décembre, le professeur et les étudiants consacrent une séance de deux heures à choisir l'article qui servira de base de travail, conforme à un thème imposé s'il existe. Les centres d'intérêt et grands axes sont définis.

DÉVELOPPEMENTS POSSIBLES

1. Historique des moteurs : l'influence de Sadi Carnot, la place des moteurs dans le développement historique des principes de la thermodynamique. Visite éventuelle du conservatoire des Arts et Métiers.
2. Travail expérimental sur la mise au point d'une expérience : le moteur à air chaud de Leybold. Fonctionnement en moteur, pompe à chaleur ou réfrigérateur.
3. Séance informatique pour exploiter les données : tracé du diagramme (P,V), calcul de l'aire et rendement, modélisation des transformations $PV^k = \text{cste}$.
4. Second principe et désordre : interprétation du fonctionnement des moteurs, par exemple celui de Stirling.
5. Synthèse de tous les moteurs existants ; les innovations
6. Ouverture technique en collaboration avec les collègues de S.T.I. pour l'étude des mouvements des pistons, bielles, cames, vilebrequin ou encore pour analyser des fiches techniques. Visite éventuelle d'une usine locale fabriquant des moteurs pour véhicules.

ORGANISATION

Les élèves se répartissent en groupe de trois maximum et travaillent sur un des six points évoqués ci-dessus. Ils y consacrent en moyenne

deux séances de deux heures puis exposent à leurs condisciples leur travail. Des rotations sont nécessaires pour que les étudiants puissent manipuler sur ce matériel généralement unitaire s'il existe(!), approfondir le travail déjà présenté.

Thème	Groupes	Lieu de travail	Durée du travail de recherche (en H)	Durée de l'exposé (en mn)
1	1	C.D.I.	4	20
2	2	Salle de T.P.	4	20
3	3	Salle d'informatique	4	20
4	4	C.D.I.	4	20
5	5	C.D.I.	4	20
6	6	Laboratoire de technologie	4	20

Les exposés se déroulent sur une séance de deux heures, après chaque rotation. La durée totale du T.I.P.E. dépendra du nombre de rotations : vingt-quatre heures pour six rotations, douze heures pour trois rotations.

BIBLIOGRAPHIE

- Notice «*Le moteur à air chaud*» - chez Leybold.
- P.-W. ATKINS : «*Chaleur et désordre*» - Éditions Pour la Science diffusion Belin.
- J.-Ph. PEREZ et A.-M. ROMULUS : «*Thermodynamique*» - Éditions Masson.
- Les cahiers de Science et Vie - Hors série n° 20 - Avril 1994 à propos de Sadi CARNOT.
- Sadi CARNOT : «*Réflexions sur la puissance motrice du feu et sur les machines propres à développer cette puissance*» - Éditions Jacques Gabay.
- Pietro REBONDI : «*L'accueil des idées de Sadi Carnot*» - Éditions VRIN Paris 1980.
- «*Moteur Mazda et cycle de Miller*» - Science et Vie - Février 1994.

Autour du phénomène des marées

Objectif

En savoir un peu plus sur les phénomènes de marées (explicitement entrés au programme de Sup PCSI, bien modestement).

Pré-requis

Cours sur les potentiels newtoniens, oscillateur harmonique, conservation du moment cinétique, référentiels non galiléens et relation de la dynamique terrestre...

PREMIÈRE SÉANCE

Base de travail

Article «La marée au centimètre près», Hors Série Science et Avenir n° 98 (août/septembre 1994).

Objectifs

Il s'agit essentiellement dans cette première séance d'essayer d'apprendre aux étudiants à «s'approprier» un article scientifique : c'est une présentation du type de travail qui va leur être demandé individuellement par la suite.

Travail avec les étudiants

- 1 - Lire l'article pendant la séance, en relever les idées physiques importantes.
- 2 - Répondre à un jeu de questions-explications avec l'aide de l'enseignant

Exemples de questions :

- reprendre l'explication donnée au début de l'article sur le phénomène des marées : êtes-vous d'accord ? (*il y a des «coquilles» dans l'article*)
- la dissipation d'énergie due aux marées produit un ralentissement de la rotation terrestre et un éloignement de la lune. Quelle loi de conservation explique cela ? Quelle évolution pour le mois ?

– la hauteur et la périodicité des marées dépendent de la forme des bassins : résonance de type oscillateur harmonique. Rappeler en quoi consiste ce phénomène.

DEUXIÈME ET TROISIÈME SÉANCES

Préparation d'exposés

Les étudiants (par trois ou quatre) choisissent d'approfondir un des thèmes évoqués dans l'article ou un thème apparenté et préparent un exposé d'une quinzaine de minutes.

Thème choisi à l'issue de la première séance. Une bibliographie leur est proposée par l'enseignant, sur la base d'un article ou deux exploitables en deux fois deux heures et d'ouvrages de référence à consulter pour compléments. Les étudiants viennent à la séance en ayant lu les articles.

Les séances sont consacrées à la préparation des exposés : explications complémentaires, mise en forme, réalisation pratique (transparents), illustration expérimentale ou par informatique.

QUATRIÈME SÉANCE

Exposés

Exposés d'une quinzaine de minutes réalisés par les étudiants suivis d'une brève discussion collective.

Un groupe de T.D. : environ 20 élèves (?) = 5 exposés × 20 mn : sûrement un peu bousculé...

Exemples de thèmes proposés et propositions de bibliographie

1 - Une approche historique :

– *Isaac Newton Principia Mathematica* (Christian Bourgois - Éditeur)
p. 93.

2 - Les marées dans le système solaire :

– *Article Marées dans l'Encyclopédia Universalis.*

3 - La mesure de la distance terre-lune

- Article dans *Science et Avenir* n° 557 - Juillet 1993.
- Article dans *Courrier du CNRS Images de la physique* 1992.
- *Méthodes de l'astrophysique* - L. GOUGUENHEIM. *Liaisons scientifiques Hachette/CNRS (pour historique)*.

4 - Marées et Résonances des périodes de rotation des satellites. Rôle du moment cinétique :

H. GIÉ : *Le moment cinétique à travers l'univers* - B.U.P. n° 712.

5 - Le calcul des coefficients de marée et hauteur d'eau. Les différents types de marées (diurne, semi-diurne...) :

- *Chapitre marées dans «la Terre, les eaux, l'atmosphère» Bureau des longitudes. Gauthier-Villars.*
- *Guide du Navigateur, Annuaire des marées, Almanach du marin breton... : pour lexiques et abaques.*

Peut-être peut-on ici envisager une tentative de modélisation ou de simulation numérique simple ? ou bien même une évocation expérimentale axée sur les phénomènes de résonance.

6 - Les instruments et techniques d'acquisition de données utilisés: Marégraphes, capteurs de pression, gravimétrie satellite.

- *Topex-Poséidon Science et Avenir* n° 553.

7 - Les marées solides : le L.E.P. à marée haute :

- *Bulletin SFP octobre 1993*
- *Images de la physique 92 / Courrier du CNRS.*

8 - Usine marémotrice de la Rance :

- *Adresse de l'usine : 35780 LA RICHARDAIS.*

Bibliographie complémentaire

- Mouvements océaniques à grande et moyenne échelle : courants marins, mouvements géostrophiques B.U.P. n° 682 - p. 617.
- Les effets de marée, B.U.P. n° 652 - p. 703.
- L. BOTTINELLI : *La terre et l'univers* - Hachette-Éducation.
- I. BERKÈS : *La physique du quotidien (La Marée, p. 259)* Vuibert.

Le Chaos

QUELQUES REMARQUES

Le sujet est très à la mode, trop penseront certains. Mais si moi je dis «encore !» lorsque je vois sortir un n^{ième} article sur le sujet, celui-ci est encore neuf pour mes étudiants.

Il peut sembler aussi très ambitieux, mais rappelons que les T.I.P.E. n'ont pas «d'objectif de connaissances», il ne s'agit donc pas d'étudier les théories du chaos, mais simplement de permettre à nos étudiants d'avoir envie de lire un dossier comme le récent Hors Série Pour la Science cité ci-dessous.

En contrepartie, ce sujet présente les avantages suivants :

- la bibliographie est abondante et facilement accessible,
- des **études expérimentales** assez faciles et variées sont possibles,
- sujet pluridisciplinaire (maths, chimie, biologie...),
- sans constituer un complément de cours bien sûr, le sujet permet cependant un «réinvestissement» intéressant de nombreuses parties du programme de Sup.

PROGRESSION ENVISAGÉE

Séance(s) d'introduction : qu'est-ce que le chaos ?

A partir d'un article d'introduction, l'enseignant dégage quelques grandes idées, et quelques sujets qui seront approfondis par les étudiants par groupes de trois ou quatre.

Séances d'études «individuelles»

Chaque groupe d'élèves travaille sur le sujet qu'il s'est choisi : étude bibliographique, réalisation d'une expérience ou simulation, visite d'un laboratoire universitaire, etc.

A l'issue de ces études, le groupe prépare :

- un exposé destiné à l'ensemble du groupe T.I.P.E.,

– une trace écrite sommaire du travail effectué (pas un rapport de cinquante pages, plutôt dans l'esprit des «posters» des conférences scientifiques).

Séances de présentation des travaux réalisés

Présentation par les différents groupes du résultat de leur travaux. Discussions collectives, nouvelles pistes à explorer...

Séances de synthèse

Mise en commun des différents travaux . Chacun doit bien posséder la partie qu'il a étudiée, mais aussi avoir compris ce qu'ont fait les autres.

Élaboration collective d'un document de synthèse (deux pages) résumant l'ensemble du travail effectué au cours de l'année.

Bibliographie absolument pas exhaustive et exemples de sujets d'étud

Le récent Dossier Pour La Science *Le Chaos* (Hors Série - janvier 1995 - noté PLSLe chaos dans la suite) fournit une bonne base de départ.

Voir aussi *la physique du désordre*, la Recherche numéro spécial 232 - mai 1991.

1 - Le stabilité du système solaire

- Approche historique, récents travaux de J. LASKAR (PLSLe chaos) (loi et ordre dans l'univers : La stabilité du système solaire La Lune et l'origine de l'homme).
- La lune et l'origine de l'homme : Pour la Science - avril 1993.
- L'origine de la Lune PLS - septembre 1994.
- La Lune ou la vie ? Science et Avenir - juillet 1993.
- De la stabilité du système solaire la diffusion dans un accélérateur : Images de la physique 1994 / CNRS.

2 - Fractales et Chaos

- Vincent BOURGES, B.U.P. spécial supérieur - juin 95.

3 - *Du chaos avec une diode*

– Manipulation proposée dans (PLSLe chaos).

4 - *Du chaos avec un aimant et une boussole*

– BERGÉ, POMMEAU et DUBOIS-GANCE : Manipulation proposée dans *Des Rythmes au chaos* - - Éditions Odile Jacob.

– Plusieurs «variantes» proposées par P. BERGÉ dans la Revue du Palais de la Découverte de décembre 1994. Chaos et prédictibilité, point de vue d'un expérimentateur

5 - *Portraits de phase et attracteurs étranges*

– Les portraits de phase sont évoqués au programme de P.C.S.I. On arrive tout naturellement à la notion d'attracteur étrange et de système présentant une S.C.I. : nombreuses possibilités d'illustration informatique (avec un logiciel de résolution d'équations différentielles ou M.A.P.P.L.E.) Possibilité de travail interdisciplinaire avec les maths.

– Voir document d'accompagnement programme de Terminale - B.U.P. n° 744 (GIÉ et SARMANT),

6 - *Oscillateurs stimulés (botafumeiro), bipériodisme (oscillateurs couplés), et chaos*

– MM. BERGÉ, POMMEAU, DUBOIS-GANCE : *Des Rythmes au chaos* - Éditions Odile Jacob - chapitre 6.

– Modèle expérimental du botafumeiro dans le document d'accompagnement du programme de terminale : étude succincte, et références bibliographiques.

– Mobiles chaotiques dans magasins de gadgets

7 - *La bille qui rebondit : une expérience simple pour aborder la physique du chaos*

– B.U.P. n° 741 - février 1992 - p. 217.

8 - *Chaos et météo : l'effet papillon*

– L'effet coquille Saint-Jacques - Science et Avenir - Hors Série - août 1994.

– Quand volent les papillons, ... - Science et Vie - Hors Série - mars 1991 - Atmosphère, atmosphères.

9 - Chaos déterministe et chimie, réactions oscillantes

- La réaction BZ : C. VIDAL dans PLSLe chaos ; M. PÉREZ, Thermodynamique ; P.-W. ATKINS, Chimie physique...
- Nombreuses expériences possibles.

10 - Chaos : de la mécanique à la biologie

- M. DUBOIS-GANCE - Revue du Palais de la Découverte - décembre 1994 et PLSLe chaos.

La structure de la matière

1. HISTORIQUE

L'évolution du modèle de la matière au cours du temps peut être décomposée en trois parties :

- l'antiquité,
- jusqu'à la fin du XIX^e siècle,
- les idées nouvelles du XX^e siècle.

Concerne trois groupes de trois élèves qui sur deux séances au C.D.I. font des recherches bibliographiques et préparent des exposés d'une durée d'environ une demi-heure (compter deux séances supplémentaires).

2. LES EXPÉRIENCES QUI ONT PERMIS DE DÉVELOPPER LES MODÈLES

Il s'agit de recenser les expériences qui ont permis de découvrir les particules présentes dans la matière, de la molécule au quark. De les décrire et éventuellement de les réaliser soit au laboratoire (spectre de raies, effet photoélectrique...), soit de visiter des installations de recherche qui ont réalisé ces expériences (accélérateur de particules...).

BIBLIOGRAPHIE

- J. ROSMORDUC : *«Une histoire de la physique et de la chimie»* - Éditions du seuil 1985... qui contient une bonne bibliographie sur l'histoire des sciences.
- Livres de terminales, anciens programmes...
- Livres de premier cycle universitaire, français et américains.
- B. PULLMANN : *«L'atome»* - Fayard, 1995.

Non aux boîtes noires...

Thème très riche : la liste qui suit est loin d'être exhaustive. L'idée générale est celle d'une vulgarisation pour essayer de mieux comprendre notre monde d'aujourd'hui et de demain.

Progression envisagée : comme pour «Le chaos».

Ci-dessous, quelques exemples de sujets d'études individuelles ou par groupes d'élèves.

1. COMMUNIQUER

- Recevoir la télévision par antenne classique, par câble, par satellite.
- Le téléphone sans fil.
- La chaîne hi-fi.
- L'image numérisée.
- Le disque vidéo.
- Le fax.

2. PROTÉGER

- Protéger du vol : les alarmes sans fil.
- Protéger sa vie : GPS de la navigation, boîte noire des avions.
- Protéger l'environnement : essais atomiques simulés, pot catalytique.

3. PRÉVOIR

...

BIBLIOGRAPHIE

Image numérisée

- La Recherche, mars 1995.
- Textes et documents pour la classe, novembre 1989.

- La Recherche, mai 1994.
- Science et Avenir, septembre 1991.

Satellite, câble, CD ROM

- Science et Avenir spécial 1995 : «Révolution numérique».

Disque compact

- Science et Avenir, septembre 1992, décembre 1994, mars 1995.

Satellite

- Mise sur orbite par une fusée lancée d'un avion : Science et Avenir, juin 1990.
- Sécurité rase-motte : Science et Avenir, décembre 1992.

Sécurité

- Caméra infrarouge et télémètre laser : Science et Avenir, octobre 1990.
- Sécurité par rapport au nucléaire : Science et Avenir, avril 1990.

Micro-ondes

- Sciences et Avenir, numéro spécial 1984.

Microscope obéissant à l'œil du chirurgien

- Science et Avenir, mars 1992.

Observer

Le thème proposé ici s'inspire de la table des matières de : *La Science au présent* - Encyclopédia Universalis.

Beaucoup de développements sont imaginables, le thème est très riche, peut-être peu de travail expérimental facilement possible (à part un peu d'optique : microscope, télescope), mais des visites extérieures (accélérateur, microscope électronique ou à effet de champ, Scanner etc.).

Ce thème très vaste pourrait constituer un thème pour plusieurs années, l'accent étant mis chaque année sur un aspect particulier. Un certain suivi entre Sup et Spé serait ainsi obtenu.

Ce projet est volontairement très peu détaillé, il s'agit de «pistes» qui se voudraient aussi peu directives que possible, laissant l'initiative personnelle des étudiants orienter le travail au fil de l'année.

THÈME DIRECTEUR : OBSERVER AUJOURD'HUI

Quelques exemples possibles de thèmes annuels et de sujets d'études individuelles :

Observer la matière

- Instruments et techniques :
 - le microscope à effet tunnel et ses dérivés,
 - accélérateurs, collisionneurs et détecteurs de particules.
- Vers le zéro absolu.
- Les constituants ultimes de la matière.
- Les derniers éléments du tableau de Mendeleïev.

Observer l'Univers

- Les télescopes optiques terrestres.
- L'observation spatiale : de l'ultraviolet au submillimétrique.

- L'observation du Soleil.
- Les ondes gravitationnelles.
- L'exploration du système solaire.
- La chimie interstellaire.

Observer la Terre

- Observation spatiale, les satellites et leurs fonctions.
- Observer les océans et les fonds sous-marins

Observer la vie

- Scanners et RMN.
- Imagerie par ultra-sons

Odeur et isomérisation

ORGANISATION GÉNÉRALE DU PROJET PROPOSÉ

En l'absence de toute directive relative à l'organisation, le projet est élaboré sur des bases qui peuvent sembler réalistes compte tenu des contraintes du lycée :

- groupe de dix-huit élèves répartis en six trinômes,
- deux heures de T.I.P.E. - chimie par semaine réservées dans l'emploi du temps sur les deux derniers trimestres soit dix-sept à dix-huit semaines (il pourrait être éventuellement raccourci si la situation évoluait en Sup vers un T.I.P.E. chimie pendant un trimestre et un T.I.P.E. physique pendant l'autre),
- salle de T.P. en principe disponible pour le groupe,
- intervention du professeur responsable du T.I.P.E. avec aide ponctuelle du technicien.

Comme il est utopique, dans les conditions prévues, de laisser toute initiative aux élèves, différents choix ont été arrêtés :

- Thèmes des exposés présentés par les groupes (liés à une bibliographie préparée par le professeur et disponible dans la salle de T.P... contrainte des salles oblige...).
- Nécessité pour chaque groupe :
 - de présenter un exposé,
 - ou de réaliser une fiche expérimentale concernant un appareil nouveau utilisable par tous les élèves,
 - ou de faire une recherche bibliographique sur l'utilisation d'un produit chimique «nouveau» pour les élèves et devant être utilisé dans une expérience.
- Présentation au reste de la classe du travail réalisé.
- Réalisation des expériences par tous les groupes, après élaboration par chaque groupe d'une fiche expérimentale réalisée à partir d'un protocole proposé dans un livre de T.P.

Le choix du thème et des expériences (chimie organique) n'a pas permis d'utiliser les outils informatiques. A la date de la rédaction, aucune visite n'a été prévue, en relation avec le thème proposé mais c'est peut être organisable d'ici mars 1996... !

Présentation du thème

S'il n'y a pas encore de théorie indiscutée de l'odeur, on a constaté que l'architecture moléculaire y joue un rôle important. En particulier, deux stéréoisomères peuvent avoir une odeur très différente. C'est le cas du limonène ; la proportion des deux isomères dans l'huile essentielle d'orange ou de citron donne aux deux agrumes une odeur différente. L'interaction de deux stéréoisomères avec des composés chiraux ou achiraux conduit à des composés aux propriétés différentes qu'il peut être intéressant d'étudier.

A partir du (+)limonène constituant principal de l'huile essentielle des peaux d'orange, on peut synthétiser la (-)carvone à l'odeur de menthe alors que la (+)carvone a l'odeur de carvi. Les semicarbazones de ces deux énantiomères sont des diastéréoisomères aux propriétés différentes.

Expériences réalisées par tous les groupes

- Extraction du (+)limonène à partir des peaux d'orange (1).
- Bromation du (+)limonène (2).
- Recherche du limonène par chromatographie (3).
- Synthèse de la (-)carvone à partir du (+)limonène (4).
- Obtention des semicarbazones de la (+) et de la (-)carvone (5).

Exposés préparés par certains groupes et présentés à toute la classe

- Présentation de quelques théories sur l'odeur (A).
- Présentation de quelques molécules odorantes, importance de la stéréoisométrie (B).
- Le monde de la chiralité (C).
- Intérêt et réalisation d'une synthèse asymétrique (D).

Découverte de nouveau matériel ou de nouveaux produits et réalisation (par un groupe) d'une fiche «technique» utilisable par l'ensemble de la classe

- Le polarimètre de Laurent (E).
- Le banc Kofler (F).
- Manipulation du brome, précaution d'emploi, éventuellement dosage d'une solution (G).
- Recherche sur les ions nitrite, risque d'acidification, rôle dans l'alimentation (H).

BIBLIOGRAPHIE

Elle peut encore être complétée...

- Actualité chimique, octobre 1977 (A, B) - mai-juin 1992 (A, B) - octobre-novembre 1993 (C) - mars 1995 (C).
- B.U.P., juillet-août-septembre 1980 (A) - octobre 1984 (C) - juin 1987 (1, 2, 4) - juillet-août-septembre 1992 (A) - mai 1995 (1, 3).
- P. ATKINS : «*Molécules au quotidien*» - InterÉditions (A, B).
- J. JACQUES : «*La molécule et son double*» - Hachette (C, D).
- «*Chimie des couleurs et des odeurs*» - Cultures et techniques - (A, B, 1, 4).
- Livres classiques d'analyse qualitative, de techniques expérimentales en chimie organique (1, 2, 3, 4, 5, E, F, G, H).

Répartition des séances au cours de l'année

Semaines	
1	Présentation du T.I.P.E. par le professeur, répartition des activités.
2	Extraction du limonène de la peau d'orange : expérience réalisée par tous les groupes, en gardant le produit obtenu.
3 et 4	Recherche bibliographique : <ul style="list-style-type: none"> - préparation des exposés pour les groupes 1, 2, 3, 4, - étude du polarimètre de Laurent et réalisation d'une fiche technique pour le groupe 5, - fiche sur le brome, sur les ions nitrite pour le groupe 6.
5, 6 et 7	Présentation des travaux effectués à raison de deux présentations par séances ce qui limite la présentation des exposés à trente à quarante minutes.
8, 9 et 10	Tournantes de trois T.P. (deux groupes par séance sur un sujet) : <ul style="list-style-type: none"> - bromation du limonène, - utilisation du polarimètre de Laurent (identification d'une substance, droite d'étalonnage), - chromatographie de différentes substances susceptibles de contenir du limonène.
11 et 12	Étude des protocoles des différentes étapes conduisant à la carvone. Stéréochimie des molécules étudiées.
13 et 14	Obtention de la (-)carvone, comparaison des protocoles, analyse des résultats.
15 et 16	Obtention des semicarbazones des (-) et (+)carvones.
17	Bilan des T.I.P.E.

Il doit encore rester une ou deux séances pour les «imprévus» et pour organiser une «sortie du lycée»...