Analyse et synthèse de documents scientifiques *en classes préparatoires aux grandes écoles*

Les horaires des classes préparatoires aux grandes écoles prévoient désormais une nouvelle activité, les Travaux d'Initiative Personnelle Encadrés (TIPE) qui figurent dans l'emploi du temps des élèves à raison de deux heures hebdomadaires :

- en première année, à partir de janvier (seconde période),
- en seconde année, à partir de septembre.

Les TIPE sont une activité à vocation pluridisciplinaire, même si leur encadrement relève d'une discipline principale choisie par l'étudiant parmi deux disciplines majeures de la filière dans laquelle il est engagé :

- en MPSI (première année) ou MP (deuxième année) : mathématiques ou physique (ou encore informatique dans les classes à option informatique),
- en PCSI (première année) : physique ou chimie (option PC) et physique ou sciences industrielles (option PSI),
- en PC (deuxième année) : physique ou chimie,
- en PSI (deuxième année) : sciences industrielles ou physique,
- en PTSI (première année) ou PT (deuxième année) : sciences industrielles ou physique,
- en TSI (première et deuxième année) : sciences industrielles,
- en TPC (première et deuxième année) : physique ou chimie.

Les TIPE permettent à l'élève :

- de développer au fil de l'année un projet personnel dans le cadre d'un thème fixé nationalement (par exemple, pour la physique, toutes filières confondues, pour les concours 1997 : «Mesurer une grandeur. Pourquoi ? Comment ?»),
- d'acquérir une méthodologie générale de travail individuel indépendante de la discipline et du thème.

Pour le professeur, les TIPE offrent un espace de liberté pédagogique dans un cadre assez souple. Par certains côtés, on pourrait les rapprocher du mode de travail de l'Option Sciences Expérimentales.

Les concours d'entrée aux grandes écoles scientifiques mettent très largement en place, à dater de la session 1997, une nouvelle épreuve orale destinée à évaluer le travail effectué par l'élève dans le cadre des TIPE. L'épreuve comporte dans tous les cas une analyse et synthèse de documents scientifiques, réalisée par l'étudiant sur un dossier qui lui est remis par le jury*.

Afin d'informer tous les professeurs des nouveautés pédagogiques concernant les classes préparatoires mais aussi afin d'aider les professeurs de CPGE dans leur réflexion sur ce sujet, nous publions ci-dessous quelques exemples de dossiers soumis par des collègues à leurs étudiants dans diverses filières. Ces dossiers ont été élaborés par leurs auteurs dans l'esprit de la réflexion qui s'est fait jour à l'atelier «prépa» des Journées Nationales de Nice, atelier lors duquel un long moment fut consacré à un échange de vues sur les TIPE et leur mise en place.

Nous livrons ces dossiers tels qu'ils ont été soumis par les professeurs à leurs élèves, sans toutefois reproduire les documents ou articles qui sont, pour la plupart d'entre eux, largement accessibles. Comme les professeurs nous l'ont écrit, l'expérience a parfois révélé que le dossier était trop long ou trop «fermé» pour permettre un véritable entretien (comme le prévoit l'épreuve du concours) à l'issue de la présentation orale faite par l'étudiant. Les dossiers les plus courts sont utilisables directement. D'autres constituent une bibliographie vaste sur le sujet et peuvent induire plusieurs dossiers qui seraient des variantes du sujet proposé.

La liste qui suit révèle que la physique fondamentale, l'astronomie, l'optique et la supraconductivité ont toujours notre faveur... Quelques dossiers (moteur Ariane, restauration de la statue de la Liberté...) au profil plus «appliqué» ou plus «ingénieur» suggèrent que d'autres voies de réflexion peuvent être envisagées.

Nous remercions tout particulièrement pour leur collaboration à ce travail :

- Marie-Christine PÂRIS - Lycée Buffon - Paris,
- Anne PÉLISSIER - Lycée Camille Guérin - Poitiers,
- Odile LETKI - Lycée Marcel Roby - Saint-Germain-en-Laye.

La Commission UdP-CPGE

* Dans un grand nombre de concours, l'épreuve comporte une seconde partie, d'importance égale à la précédente et destinée à évaluer le travail personnel effectué en cours d'année dans le cadre du thème national. La prise en compte de ce travail personnel avait été réclamée par l'U.d.P. dès la réunion du 12 avril 1995 (voir B.U.P. n° 775, pp.1209 à 1217).

1 - LES AIMANTS SUPRACONDUCTEURS POUR LA PHYSIQUE

Le dossier

Il est constitué d'un article de la revue *Clefs CEA** (n° 3, octobre 1986).

Dans l'article, on remplacera systématiquement le symbole H («champ» magnétique, en tesla) par B.

Ductibilité ou ductilité : propriété de certains matériaux de pouvoir être étirés en fils très minces (par exemple, l'or est le plus ductile de tous les métaux : broderies au fil d'or...).

Travail à effectuer

- dégager les caractères du phénomène de supraconductivité,
- présenter les trois domaines de recherche, liés à la création de champs magnétiques très intenses exposés dans l'article.

2 - LE RAYONNEMENT SYNCHROTON

Le dossier

Il comporte :

- Document 1 : Un extrait de : «*Méthodes de l'astrophysique*» par L. GOUGUENHEIM - Collection Liaisons Scientifiques - Hachette CNRS pages 83 et 84.
- Document 2 : Qu'est-ce que le rayonnement synchroton ? (*Clefs CEA n° 3*).
- Document 3 : Une présentation générale du rayonnement synchroton et des installations de l'European Synchrotron Radiation Facility (extraite de la *Plaquette de présentation destinée aux visiteurs de l'installation*).

* Cette revue éditée par le Commissariat à l'Énergie Atomique et rédigée de manière très pédagogique est servie, en abonnement gratuit : CEA/DCOM Abonnements - CLEFS CEA - 31-33, rue de la Fédération - 75752 PARIS Cedex 15.

- Document 4 : Les instruments de l'ESRF et leurs applications (*Bulletin de la Société Française de Physique, octobre 1992*).
- Un lexique des mots difficiles (brillance, ligne de lumière, canon à électrons, cavité radiofréquences, positron, L.E.P.).

Travail à effectuer

A partir de ces documents, vous tenterez :

- d'expliquer ce qu'est le rayonnement synchrotron et quels en sont les caractères essentiels,
- de donner une idée aussi précise que possible du fonctionnement de la machine ESRF et de ses performances,
- d'indiquer quelques-unes des voies de recherche utilisant cette installation sans entrer dans des détails techniques.

3 - LES NOUVEAUX TÉLESCOPES

Le dossier

Il comporte deux documents principaux (1 et 2) et un document annexe (3) :

- Document 1 : Un nouveau télescope géant entre en service sur un volcan d'Hawaii (*Le Monde du 26 octobre 1996*).
- Document 2 : L'Olympe des astronomes (*Libération du 19 novembre 1996*).
- Document 3 : Des extraits de l'article *Télescopes*, *Encyclopedia Universalis*.

Un télescope de réalisation récente est présenté dans les documents 1 et 2. Le document 3 rappelle tout d'abord les principales solutions adoptées dans le passé pour les télescopes, puis fait le point sur les nouvelles techniques.

Travail à effectuer

On analysera les deux premiers documents en s'aidant des compléments fournis dans le document 3 pour présenter :

- l'optique adaptative,
- les avantages et les inconvénients de la technique retenue par rapport à ses concurrentes (en particulier le télescope spatial),
- les perspectives d'avenir.

4 - LE PORTRAIT DE PHASE DES OSCILLATEURS

Le dossier

Il est constitué d'un ensemble cohérent d'extraits d'un article du *Bulletin de l'Union des Physiciens* n° 744, mai 1992, pages 719 à 733 et 749 à 753.

Travail à effectuer

A partir du dossier, vous tenterez :

- de présenter le portrait de phase d'oscillateurs aussi variés que possible,
- de dégager l'intérêt et les caractères de ce mode de représentation,
- d'envisager comment le portrait de phase pourrait être obtenu **expérimentalement** pour quelques-uns au moins des oscillateurs envisagés dans l'article.

5 - LE MOTEUR D'ARIANE V

Le dossier

Il comporte :

- Document 1 : Grandeur et servitudes de la propulsion par moteurs fusées à liquides (Document de la *Société Européenne de Propulsion* par Philippe BORDIER, ingénieur Études d'Ensembles Propulsifs et Philippe BUFFET, attaché à la SEP). Ce document date de 1984 environ*.
- Document 2 : Thermohydraulique des lanceurs spatiaux cryotechniques (extrait) (*Clefs CEA* n° 32, août 1996).

Travail à effectuer

A partir de ces documents, vous tenterez :

- de présenter la diversité des problèmes posés par la propulsion,
- d'expliquer l'architecture de l'ensemble propulsif en vous appuyant sur l'exemple du moteur cryotechnique Vulcain,
- d'identifier les contraintes de performances qui pèsent sur l'ensemble propulsif, de définir en quoi consistent les problèmes posés par la thermohydraulique.

* Société Européenne de Propulsion - 24, rue Salomon de Rothschild - B.P. 303 - 92156 SURESNES Cedex.

6 - L'OPTIQUE NON-LINÉAIRE

Le dossier

Il comporte :

- Document 1 : Faire du vert avec de l'infrarouge (*Revue du Palais de la Découverte n° 237, avril 1996, page 44*).
- Document 2 : Un extrait de «L'ordinateur optique» incluant un «encadré» sur le bistable optique (Dominique COMMIOT, *Science et Avenir*).
- Un lexique des mots difficiles (polarisation, cohérence, répartition, de Boltzmann, interféromètre de Faby et Pérot, transistor).

Travail à effectuer

A partir de ce document, vous tenterez :

- d'expliquer en quoi consiste l'optique non-linéaire, en vous attachant plus spécialement aux phénomènes de doublement de fréquence et de bistabilité optique,
- de décrire le fonctionnement du dispositif réalisé au Palais de la Découverte en vous appuyant sur vos connaissances,
- d'exposer les perspectives qui ont pu être ouvertes par la bistabilité optique en matière de conception d'ordinateurs (perspectives revues «à la baisse» à l'heure actuelle).

7 - MICROSCOPIES

Le dossier

Ce dossier comporte deux documents et présente deux méthodes récentes de microscopie performante :

- Document 1 : Le microscope optique à champ proche (*La Recherche* n° 223, juillet-août 1990).
- Document 2 : Le microscope à effet tunnel (*Bulletin de l'Union des Physiciens* n° 699, décembre 1987).

Travail à effectuer

On rappellera les limitations des microscopes optiques classiques (document 1, page 959) puis on présentera les deux techniques évoquées (microscope optique à champ proche et microscope à effet tunnel) sans entrer dans le détail des calculs.

On terminera par une comparaison des avantages et problèmes de chacune de ces deux techniques.

8 - MATHÉMATIQUES ET PHYSIQUE DE L'HORIZON

Le dossier

Le dossier est constitué du texte d'une conférence de Gilles COHEN-TANNOUJJI prononcée à l'occasion de la journée ENS Cachan sur «La Mesure» le 15 mai 1996.

Dans cet article, l'auteur réfléchit au lien entre mathématiques et réalité physique. Partant de phénomènes bien connus, il montre que les constantes universelles de la physique peuvent être interprétées comme des limitations à la connaissance, ou mieux, comme des «lignes d'horizon».

Travail à effectuer

- on rendra compte des principales idées du texte en détaillant un ou deux des exemples présentés,
- on pourra indiquer d'autres domaines d'application et faire part de réflexions personnelles sur ce texte.

9 - L'EXPÉRIENCE DE JEAN PERRIN

Le dossier

Il comporte :

- Document 1 : Sur une expérience importante de Jean PERRIN (*Bulletin de l'Union des Physiciens n° 782, mars 1996*).
- Document 2 : Extrait de l'Encyclopedia Universalis : Article «Électron» à propos de l'expérience de J.-J. THOMSON.

Travail à effectuer

Le document 1 présente une expérience importante de Jean PERRIN et le document 2 précise l'expérience de J.-J. THOMSON à laquelle il est fait allusion. On demande :

- de rechercher les mots-clefs de l'article principal,
- de donner une présentation de l'expérience de Jean PERRIN en précisant les progrès qu'elle a apportés,
- de comparer avec l'état actuel de nos connaissances dans ce domaine.

10 - L'INTERFÉROMÉTRIE OPTIQUE ET LES PROGRÈS DE L'ASTRONOMIE

Le dossier

Il comporte :

- Document 1 : L'interférométrie optique : ombres et lumières sur l'univers (*La Recherche* n° 292, novembre 1996).
- Document 2 : L'optique adaptative : une révolution en astronomie (*La Recherche* n° 226, novembre 1990).

Le document 1 fait l'historique de l'application à l'astronomie de l'interférométrie optique et montre notamment comment cette méthode a été récemment relancée grâce aux progrès de l'optique adaptative (expliquée dans le document 2).

Travail à effectuer

On exposera essentiellement les développements actuels de ces deux techniques complémentaires, leurs réussites et leurs perspectives d'avenir.

10 bis - L'INTERFÉROMÉTRIE OPTIQUE

Thèmes de réflexion

Le dossier comporte :

- Document principal : L'interférométrie optique : ombres et lumières sur l'univers (*La Recherche n° 292, novembre 1996*).
- Documents annexes 1 : L'optique adaptative : une révolution en astronomie (*La Recherche n° 226, novembre 1990*).
- Documents annexes 2 et 3 : Interférométrie astronomique (chapitre XI) et Granularité laser ou speckle (chapitre VIII) (*L'optique moderne et ses développements, M. FRANÇON - Collection Liaisons Scientifiques, Hachette CNRS*).

Thèmes de réflexion

- intérêt de la mesure du diamètre des étoiles,
- principes de la mesure du diamètre des astres par interférométrie optique,
- vérification quantitative de la mesure de Michelson,
- contraintes imposées par la mesure du diamètre d'étoiles de taille commune, équivalente à celle du Soleil,
- comparaison entre l'interférométrie optique et l'optique adaptative,
- intérêt de l'interférométrie à trois télescopes.

11 - L'IMAGERIE MÉDICALE

Le dossier

L'imagerie médicale, ce sont donc des images... Mais de quoi sont-elles faites ? Quelles grandeurs mesurées sont ainsi visualisées ? S'agit-il d'évaluations qualitatives ou de mesures quantitatives ?

C'est à ces questions que vous vous efforcerez de répondre pour quelques-unes des techniques d'imagerie qui sont décrites dans la bibliographie qui vous est fournie.

Conseils pour cette première fois...

- n'oubliez pas que vous serez interrompu au bout de dix minutes,
- ne soyez pas effrayés par l'abondance du dossier proposé : il ne vous est pas demandé de tout avoir lu avec attention... : n'oubliez pas qu'il s'agit d'une épreuve tendant à valider vos capacités **d'analyse et de synthèse**,
- pensez à réaliser des transparents,
- n'oubliez pas l'importance de l'introduction et de la conclusion.

Bibliographie proposée

- L'imagerie médicale : un même organe, plusieurs techniques d'images (*Le Courrier du CNRS, juin 1987, page 72*).
- Le flux sanguin en images (*La Recherche, mai 1993, page 592*).
- Imagerie médicale ultrasonore (*Le Courrier du CNRS, juin 1987, page 32*).
- Imagerie par ultrasons (*La Science au présent, Encyclopedia Universalis, page 120*).
- Image et activité vitale - La vélocimétrie Doppler - l'imagerie d'impédance-l'encéphalographie quantifiée (*La Science au présent, Encyclopedia Universalis, page 142*).

Bibliographie complémentaire

(non fournie aux élèves, pour information des collègues)

- La caméra à positons (*Le Courrier du CNRS, juin 1987, page 12*).
- L'imagerie micro-onde (*Le Courrier du CNRS, juin 1987, page 25*).
- L'imagerie par RMN (*La Recherche, décembre 1985*).
- L'imagerie médicale (*La Recherche, mai 1983*).

12 - LA MESURE DES ODEURS

Instructions

A l'aide des articles proposés, vous dégagerez les méthodes utilisées pour la mesure des odeurs et quelques applications de l'olfactométrie.

Bibliographie fournie

- La mesure des odeurs (*Clefs CEA n° 22, automne 1991*).
- L'image des odeurs (*Le Courrier du CNRS n° 66, juin 1987, page 76*).
- Un «nez» électronique pour l'industrie (*La Recherche, septembre 1992, page 1058*).
- Le goût du vin (*La Recherche, novembre 1987, page 1344*).

13 - L'ÂGE DE LA TERRE

Instructions

La détermination de l'âge de la Terre a suscité de longues controverses. A partir des articles proposés, présentant ce cheminement historique, vous vous efforcerez de dégager les méthodes et mesures qui en ont permis l'estimation.

Bibliographie fournie

- La radioactivité, le soleil, la Terre et la mort de KELVIN (*La Recherche, octobre 1996, page 78*).
- Le débat sur l'âge de la Terre (*Pour la Science, octobre 1989, page 72*).
- L'âge de la Terre (*La Recherche, septembre 1988, page 1058*).

14 - L'IMPRÉVISIBILITÉ DU TEMPS

I - Documents

Document principal

Texte : **L'imprévisibilité du temps** (*Sciences et avenir, hors-série, mai 1996*)

Documents annexes

- La sensibilité aux conditions initiales (*Sciences et avenir, hors-série, mai 1996*).
- Les erreurs de modélisation (*Sciences et avenir, hors-série, mai 1996*).
- Les déserts météorologiques (*Sciences et avenir, hors-série, mai 1996*).
- La non-linéarité des équations (*Sciences et avenir, hors-série, mai 1996*).
- Un espoir pour la prévisibilité (*Sciences et avenir, hors-série, mai 1996*).
- Le chaos (*Encyclopédie Théma-Larousse*).
- Facteur d'échelle et dimensions (*Encyclopédie Théma-Larousse*).

II - Directives

1 - Thèmes de réflexion

- L'atmosphère est un système chaotique,
- L'évolution de la pensée en physique (système déterministe, système stochastique et système chaotique),
- Mesures et modélisation,
- L'avenir dans les prévisions météorologiques.

2 - Mots-clefs

- Chaos,
- Maillage,
- Assimilation des données,
- Conditions initiales,
- Champ de grandeurs,
- Ordre de grandeur.

15 - STATUE DE LA LIBERTÉ : BILAN DE SANTÉ D'UNE CENTENAIRE

Le dossier

Il est constitué par un document rendant compte d'une campagne de mesures effectuées à l'occasion de la rénovation de la statue de la Liberté en 1986. Il est extrait de la revue du Centre Technique des Industries Mécaniques (*CETIM-Information* n° 86, juin 1984*).

Travail à effectuer

On fera un résumé de l'article en dégagant nettement les axes suivants :

- Pourquoi des mesures sur la statue de la Liberté ?
- Quelles mesures et comment ?
- Les conclusions : renseignements obtenus, définition d'un programme de restauration.

* CETIM - 52, avenue Félix Louat - 60300 SENLIS.

Ce dossier était disponible sur le stand du CETIM au salon Educatec en décembre 1996. Toutes les manifestations qui s'accompagnent d'un salon d'exposition (Entretiens de la Villette, Educatec, Exposition de la Société Française de Physique, ...) peuvent fournir l'occasion de se procurer ce genre de documents...