

EPREUVES ECRITES DE PHYSIQUE ET DE CHIMIE

PHYSIQUE A

Durée : 4 heures

PRESENTATION DU SUJET

Constitué de trois parties indépendantes, le sujet portait sur la physique des satellites d'observation terrestre en abordant les aspects relatifs à la mécanique, l'optique, et l'électromagnétisme.

La partie I, portant sur l'aspect mécanique, étudiait l'impact des frottements de l'atmosphère sur la trajectoire du satellite puis le système qui permet de stabiliser sa position d'observation par rapport à la Terre.

La partie II, portant sur l'optique, s'intéressait d'une part au télescope de Cassegrain du satellite SPOT en utilisant l'optique géométrique, d'autre part au dispositif interférentiel d'ENVISAT en faisant une analogie avec l'étude de l'interféromètre de Michelson.

La partie III, portant sur l'électromagnétisme, étudiait la propagation d'ondes électromagnétiques entre la Terre et le satellite, à travers l'ionosphère.

COMMENTAIRE GENERAL

Le sujet comportait plusieurs parties indépendantes, couvrant le programme des deux années de préparation. Chaque problème comportait des questions de cours ou des applications directes du cours.

L'absence de calculatrice s'est fortement ressentie, notamment sur les formules de cours, souvent énoncées de façon approximative. Nous avons ainsi été surpris par la mauvaise connaissance du cours pour une proportion non négligeable d'étudiants :

- confusion entre masse et poids ;
- confusion entre force et champ ($F=G$ ou $F=E$ ou encore $F=B$) ;
- loi de force folklorique $F=qB...$

Les applications numériques comportent de très nombreuses erreurs, les candidats sont peu performants dans ce domaine. Nous rappelons que les applications numériques sont toujours demandées dans les épreuves (même en l'absence de calculatrice), et qu'il faut à chaque fois donner l'application littérale puis le résultat numérique approché avec le nombre de chiffres significatifs adapté.

Sur des parties classiques, certains étudiants ne réussissant pas à démontrer les relations demandées, mais en connaissant l'essentiel, donnent ces résultats sans démonstration. L'impression qui en ressort est celle d'un bachotage sans réflexion approfondie.

Les parties relevant du programme de deuxième année semblent mieux maîtrisées que celles relevant du programme de première année.

Enfin un trop grand nombre de copies sont mal rédigées, d'une écriture illisible ou encore mal présentées.

ANALYSE PAR PARTIE

Partie I - Satellites sur orbite circulaire

A / Caractéristiques des orbites de SPOT et d'ENVISAT

A1. Beaucoup d'étudiants incluent la masse du satellite dans l'expression du champ gravitationnel, ce qui laisse à penser que la notion de champ n'est pas bien maîtrisée. L'expression du champ, quand elle est juste, n'a été que rarement démontrée.

A2. et **A3.** Souvent aucun détail fourni. La troisième loi de Kepler et l'expression de la vitesse sont apprises par cœur, et trop souvent fausses.

B / Stabilisation de l'orbite d'un satellite

Cette sous-partie a été peu traitée dans l'ensemble.

B3. Les forces d'inertie sont mal connues et souvent fausses à un signe ou un facteur 2 près.

B5. Les développements limités sont difficiles à mener pour la majorité des étudiants.

Partie II - Observation de la Terre

A / SPOT : imagerie haute résolution de la Terre

Cette partie a été largement traitée par l'ensemble des candidats, cependant le cours paraît dans l'ensemble peu maîtrisé.

A1. Le stigmatisme et l'aplanétisme sont parfois présentés comme des défauts à éliminer. Les aberrations ne sont jamais évoquées.

A2. Il est surprenant de constater que le tracé des rayons est faux dans 50% des cas. Beaucoup de confusions entre lentilles et miroirs quant au placement des foyers.

A3. Les formules du miroir sphérique, comme les forces d'inertie, sont souvent écrites au signe près, ou au facteur 2 près, ce qui a entraîné des difficultés importantes dans la suite du A/ pour les étudiants concernés.

B / ENVISAT : mesure de déplacements verticaux par interférométrie radar

Partie largement abordée par la majorité des candidats, mais rarement en totalité.

Commentaire générale sur la partie :

Lorsque l'on demande aux élèves d'avoir du recul sur le fonctionnement d'un appareil, cela fait mauvais effet de répondre n'importe quoi (exemple : où doit-on placer le capteur CCD ; réponse : dans le satellite...).

B2. Peu de réponses correctes et détaillées sur le réglage au contact optique de l'interféromètre de Michelson, ce qui relève du cours.

Partie III - Communications spatiales

Cette troisième partie, relevant du programme de deuxième année, semble mieux maîtrisée par les étudiants.

3. Les équations de Maxwell sont connues la plupart du temps, il est néanmoins dommage que certains candidats inversent E et B ou positionnent les flèches des vecteurs au mauvais endroit.

PHYSIQUE B

Durée : 4 heures

PRESENTATION

Le problème étudiait un objet stellaire et ses moyens d'observation. Une première partie abordait dans un premier temps la question du champ de gravitation, de l'énergie associée et de l'équilibre hydrostatique dans différentes situation. Dans un deuxième temps, certaines situations simples d'équilibres étaient abordées. Dans une deuxième partie les questions électromagnétiques étaient évoquées, principalement le confinement des particules chargées dans le champ de l'étoile. Enfin la troisième partie étudiait les moyens d'observations classiques, faisant appel à l'optique géométrique, à la diffraction et aux interférences.

REMARQUES GENERALES

L'épreuve fut ressentie comme difficile, de nombreux candidats ayant été déstabilisés par les questions sur le champ gravitationnel bien que ceci soit explicitement au programme. Néanmoins de nombreux candidats ont abordé les différentes parties. La dernière partie permettait d'obtenir des points sur des questions classiques.

Le jury tient à signaler un nombre significatif de copies excellentes. Les calculs sont parfaitement menés, l'analyse de la situation physique est approfondie et les questions fines sont bien traitées. Le sujet fut donc classant à tous les niveaux du panel y compris pour les excellents élèves.

Les calculatrices n'étaient pas autorisées (comme c'est désormais la norme) ce qui a pénalisé les élèves ne connaissant pas leurs formules. Il est étonnant que les applications numériques n'aient pas été faites massivement alors que les calculs, qui rapportent des points, n'étaient demandés qu'à un chiffre significatif

REMARQUES DETAILLEES

A1. Souvent correct bien que les signes sont faux à 50% pour g

A2. De nombreux candidats ignorent l'élément différentiel de volume.

A3. De nombreuses erreurs de signe pour E_p .

A7. De nombreux problèmes de signes pourtant simples à éviter.

A8. Bien pour le gaz parfait en variables intensives mais ensuite très peu de bonnes réponses

A9. Souvent M est bien calculé, les autres applications numériques sont beaucoup plus rares.

A12. $dy/dx(0)$ n'est à peu près pas justifié

A16. Les candidats oublient que les coordonnées sont cylindriques : $r=0$ définit l'axe et non le centre.

A18. A nouveau peu d'applications numériques.

A19. Peu de réponses justes pour la vitesse de libération, pourtant explicitement au programme.

B1. Le calcul des lignes de champ est hors programme, cependant peu de candidats en connaissent la définition. Nombreux confondent avec des lignes iso normes.

B2. La force de Lorentz est connue mais moins de 50% des candidats savent déterminer la trajectoire circulaire dans un champ B uniforme.

Le reste de la partie a été peu abordé.

C1. Souvent juste mais on peut voir des erreurs grossières de tracé.

C3. Rappelons qu'une étude de diffraction ne limite pas à donner une expression intégrale dont aucun terme n'est précisé ou défini...

C4. L'analyse de la figure est souvent bien faite. Que penser des candidats qui déduisent de leur calcul une figure en forme d'anneaux ?

C7. Question souvent bien traitée.

C8. Peu de candidats ont pensé à la rotation de la Terre.

PHYSIQUE C

Durée : 4 heures

Sujet de Chimie

(Durée : 2 heures)

En 2011, le thème du sujet de chimie concernait la chimie physique du fer. Le sujet, de facture classique, était divisé en 4 grandes parties.

REMARQUES GENERALES

De manière générale, les candidats ont bien suivi les consignes concernant la présentation et ont accordé plutôt un grand soin à la rédaction. Il est toutefois à noter qu'un grand nombre de fautes d'orthographe et de syntaxe existent dans les réponses nécessitant une rédaction. Beaucoup de candidats présentent des difficultés à expliquer et commenter clairement leurs réponses. Il semblerait que les questions à caractère qualitatif soient plus difficiles à rédiger que les questions basées seulement sur un calcul. De nombreuses erreurs, dispersées dans les devoirs, semblent dues à un manque de connaissance de base. Toutefois, les candidats ont globalement répondu à de nombreuses questions du devoir. Il est donc recommandé aux futurs candidats de faire preuve de rigueur aussi bien au niveau scientifique que rédactionnel.

ANALYSE PAR PARTIE

La première partie traitait de la cristallographie du fer. De grandes confusions existent sur le groupe d'appartenance du fer. Des réponses incohérentes, voire fantaisistes (comme le groupe des alcalino-ferreux) dénote d'un manque de culture scientifique et chimique. A ce propos, les candidats décomptent un nombre d'électrons plus grand pour les cations que pour le métal... De façon générale, la description des mailles est connue mais la description des sites octaédriques et tétraédriques est souvent mal identifiée.

Le deuxième exercice, qui traitait de la synthèse hétérogène des oxydes du fer, a été en général partiellement traité. Très peu de candidats ont attribué correctement les nombres d'oxydation aux atomes de fer dans Fe_3O_4 et se questionnent sur la signification d'un nombre d'oxydation fractionnaire. L'hypothèse d'Ellingham est en général connue, mais il reste toutefois des confusions sur la signification des fonctions thermodynamiques. Une lecture attentive du sujet impliquait d'écrire les équations à partir d'une mole d'oxygène. Un certain nombre de candidats n'ont pas vraiment suivi cette consigne... Il est dommage que le tracé des droits restes approximatifs en dépit des consignes données dans l'énoncé. Le terme dismutation est en général connu. Toutefois, l'écriture correcte de la réaction est peu présente, et la signification rarement fournie.

Le troisième exercice, qui portait sur l'oxydo-réduction du fer en voie aqueuse est la partie qui a été la mieux traitée par les candidats. Certains candidats ont judicieusement utilisé les indices indiqués dans le graphe pour retrouver les valeurs demandées. Par ailleurs, d'autres candidats, en utilisant des « artifices » de calcul sans grand sens physico-chimique, ont également retrouvé les résultats demandés. Les définitions générales des termes corrosion, immunité et passivation ont rarement été précises, et se rapportaient très souvent au seul exemple du fer. Certains étudiants donnaient des définitions convenables mais étaient incapables de placer correctement dans le graphe les différents domaines. Il est à noter que de nombreux candidats savent que, pour bien

décrire un phénomène chimique, les notions de thermodynamique doivent être associées aux notions de cinétique.

Le quatrième exercice a été très rarement abordé par les candidats. Cet exercice a probablement déconcerté la plupart des étudiants. Toutefois, en lisant attentivement le texte, il était possible de déterminer les formules chimiques des complexes.

Sujet de Thermodynamique
(Durée : 2 heures)

PRESENTATION DU SUJET

Le sujet traitait d'une climatisation automobile.

La première partie portait sur le principe d'une telle installation et sur la modélisation des différentes transformations subies par le fluide lors du cycle thermodynamique. La seconde partie portait sur l'étude du cycle décrit dans un diagramme $\log(P), h$ fourni en annexe. La troisième partie proposait une étude de du fonctionnement du détendeur à partir d'un schéma également fourni en annexe détaillant le mécanisme permettant la régulation de débit et le contrôle de la basse pression. Une quatrième partie portait sur la représentation du cycle dans un diagramme T,s à reconstituer par le candidat. Enfin le problème se terminait sur la surconsommation qu'entraîne le fonctionnement de la climatisation dans une automobile.

COMMENTAIRE GÉNÉRAL DE L'ÉPREUVE

La deuxième partie, reprenait à dessein la compréhension du fonctionnement questionné dans la première partie. C'était l'occasion pour les candidats de s'apercevoir d'éventuelles erreurs et de les corriger. Malgré cela beaucoup de candidats n'ont pas su corriger de grossières erreurs et ont donné des réponses en totale contradiction et inadéquation avec l'énoncé et leurs propres réponses aux questions précédentes dénotant une absence de réflexion certaine : comment peut-on sinon qualifier la transformation dans le compresseur d'isenthalpe ou la transformation dans le détendeur d'isobare ?! Pareillement la majorité des candidats affirment à la question 24 que le cycle est parcouru dans le sens anti-horaire puisque récepteur mais en déduisent un travail négatif ! Associant sans sourciller dans la même phrase cycle récepteur et $W < 0$ en totale contradiction avec le second principe de la thermodynamique, et une fois encore avec leurs réponses précédentes pour bon nombre d'entre eux.

On remarque aussi dans un grand nombre de copies une confusion entre air de l'habitacle et fluide thermodynamique et trop de candidats appellent le condenseur un condensateur, ce qui dénote la encore un manque d'attention à ce qui est écrit. Peu de candidats ont abordé l'étude du détendeur et parmi ceux-ci peu faisaient preuve d'un raisonnement rigoureux et clair. Malgré tout quelques candidats ont su exploiter la nature d'une compression ou d'une détente pour déterminer le sens de parcours du cycle sans se tromper sur la nature des sources en contact avec les échangeurs thermiques et comprendre ou ébaucher un raisonnement digne de ce nom lors des questions 18-18-19.

ANALYSE PAR PARTIES – REMARQUES SUPPLÉMENTAIRES

Plusieurs points semblent particulièrement mal assimilés par les candidats dans la première partie. Une climatisation, comme une PAC ou un réfrigérateur refroidit ou réchauffe certes l'air d'un habitacle mais le fluide qui subit les transformations dans le condenseur ou l'évaporateur N'EST PAS cet air mais le fluide thermodynamique. On ne peut invoquer le caractère quasi-statique ou lent de la transformation pour justifier la réversibilité de la transformation dans le compresseur. (Beaucoup de candidats ont démontré à la question 4, plus ou moins rigoureusement d'ailleurs, qu'une transformation adiabatique réversible était nécessairement isentropique, ce qui n'était pas le sujet de la question ?).

Dans la deuxième partie on relève aussi beaucoup d'incohérences : de nombreux candidats se trompent dans le sens du cycle, faisant passer le fluide dans le compresseur de la haute à la basse pression ou faisant s'évaporer le fluide en diminuant son enthalpie etc.

Les réponses plus que fantaisistes à une question aussi simple que celle du domaine où l'on peut considérer le fluide comme un gaz parfait met en difficulté pas mal de candidats qui ne connaissent apparemment même plus la définition d'un gaz parfait.

Nous nous devons hélas de rappeler que le calcul d'une efficacité se fait à partir des températures exprimées en Kelvin et non en °C.

Dans la troisième partie, beaucoup de candidats confondent température du fluide et température de l'air de l'habitable, paraphrasent l'énoncé, ou échafaudent des raisonnements plus ou moins heureux qui font intervenir « la » pression ou « la » température sans définir celles-ci. Rappelons que plus le débit du fluide est important moins les échanges thermiques sont efficaces.

Dans la quatrième partie beaucoup trop de candidats trouvent une variation d'entropie négative lors du passage dans le détendeur ! Un tout petit nombre de candidats tient compte du réchauffement en sortie d'évaporateur.

ANALYSE DES RÉSULTATS

Des questions qui auraient pu paraître triviales (quel est le rôle du condenseur, identifiez l'état du fluide dans ..., quel doit-être son signe, etc) révèlent des lacunes importantes. Le jury est aussi frappé par les incohérences pointées par le rapport et la propension de certains candidats à écrire n'importe quoi.

CONSEILS AUX CANDIDATS

Relisez-vous, vérifiez la cohérence de vos résultats et affirmations tout au long du problème ou à l'intérieur d'une même réponse.

Ne vous contentez pas de remarquer que telle valeur est supérieure ou inférieure à telle autre sans en donner la signification ou la justification.

Répondre les isothermes sont des droites est largement insuffisant si on ne précise pas « verticales » et que l'on ne le justifie pas.

Rappelons que tout résultat non justifié ne permet pas l'attribution des points.