

- cise (nature et ordre) du filtre est rarement donnée.
- C.1. : Des réponses souvent alambiquées à cette question correspondant au choix de l'origine des temps...
  - C.2. : En général cette question de cours est correctement traitée avec quelques hésitations sur la simplification de l'équation de Maxwell-Gauss dans le cas d'un diélectrique linéaire homogène et isotrope.
  - C.3. : Nombreuses confusions entre la dispersion et l'absorption. La vitesse de phase est souvent définie à partir de  $k$  au lieu de  $k'$ .
  - C.4. : L'expression complète de  $B$  n'est correcte que dans la moitié des copies.
  - D. : Le formulaire de l'énoncé incitait à l'emploi maîtrisé de la notation complexe pour les calculs de puissance moyenne. Il y a eu trop souvent des confusions dans ces calculs par omission de la conjugaison, puis simplification abusive de la dépendance en temps résiduelle. Certains candidats prudents ont préféré l'utilisation alors souvent mieux maîtrisée des notations réelles pour éviter ces confusions ce qui est tout à fait légitime. Les bilans demandés dans la suite de cette question étaient souvent fantaisistes par manque de réflexion et lecture trop hâtive du texte quant aux définitions de  $P_{vol}$  et  $P_{milieu}$ . Très peu de candidats ont réussi pleinement cette partie.
  - E. : Les calculs demandés pour obtenir les expressions approchées de  $n'$  et  $n''$  manquent souvent de rigueur. La représentation correcte du trajet d'un faisceau lumineux à travers un prisme ne se retrouve que dans un tiers des copies, alors que l'étude expérimentale correspondante est au programme des TP-Cours et nécessite précisément ce pré-requis, pour pouvoir effectuer des mesures correctes.
  - E.4. : Des confusions entre la loi de Beer-Lambert et celle de Biot sur le pouvoir rotatoire. L'absorbance, lorsqu'elle est évoquée est trop rarement définie comme une grandeur logarithmique.

## Partie II - Couleurs par diffusion

- A.1. : La hiérarchie des échelles dans l'approximation de rayonnement dipolaire est bien connue, par contre l'interprétation de chacune des approximations est beaucoup plus confuse.
- A.2. : Le calcul, technique, abordé dans la moitié des copies a été correctement mené à son terme dans deux tiers des cas, à quelques étourderies près. L'indicatrice de rayonnement est par contre rarement donnée.
- B. : Les explications sur le rôle de la diffusion Rayleigh dans la couleur du ciel sont souvent correctes, mais il y a beaucoup de confusion entre absorption et diffusion à propos du coucher du Soleil.

## Partie III - Couleurs interférentielles

- A.1. et 2. : Cette partie a été plutôt bien traitée dans l'ensemble quand elle a été abordée par les candidats.
- A.3.b. : Le calcul du déphasage par réflexion sur deux faces d'une lame mince n'aboutit complètement que dans la moitié des copies où il est abordé et les études graphiques suggérées sont trop rarement exploitées.
- B. : Le phénomène d'irisations d'origine interférentielle est trop souvent confondu avec celui de simple dispersion ou celui purement géométrique de réfraction !

## Partie IV - Couleurs par diffraction

- A : La condition de non prise en compte de la diffraction par une ouverture est mal maîtrisée, c'est bien la comparaison à la longueur d'onde qui compte ici et non celle entre les deux dimensions de la fente.
- B. : La formule des réseaux par transmission est en général bien connue ainsi que son origine. Le reste de cette partie est rarement abordé.

# Physique II

Le sujet est composé de deux problèmes indépendants.

## Partie I - Navigation côtière

Le premier s'intéresse à deux techniques de navigation côtière, l'une à l'aide d'un compas, l'autre à l'aide du signal émis par un radiophare.

### A. Navigation à vue

Quelques questions sur le champ magnétique terrestre montrent que la forme générale des lignes de champ magnétique et leur orientation sont souvent connues. La plupart des candidats a en tête l'allure des lignes de champ d'un dipôle. L'ordre de grandeur du champ magnétique terrestre est parfois connu, mais ceux qui l'ignorent n'hésitent pas à donner des résultats d'ordres de grandeurs étonnantes (jusqu'à  $10^{23} \text{ T}$ ), et parfois avec des unités tout à fait fantaisistes. De même, les points plus subtils comme la déclinaison

et l'inclinaison donnent des réponses parfois surprenantes. Les variations temporelles de la déclinaison sont, dans certaines copies, des variations saisonnières, la valeur du champ magnétique terrestre dépendant de la position de la Terre par rapport au Soleil. Dans quelques copies très faibles, la confusion peut aller jusqu'à confondre champ de pesanteur et champ magnétique terrestre.

## B. Navigation par temps de brouillard

Dans cette partie, on étudie tout d'abord un modèle dipolaire d'émission d'une onde électromagnétique, modèle proche du cours dans lequel les candidats étaient en terrain connu. On peut ici déplorer que, malgré une indication très explicite de l'énoncé invitant à expliciter le vecteur de Poynting en notation réelle, il se trouve des candidats pour effectuer un produit vectoriel de deux vecteurs complexes. Les mêmes candidats n'hésitent généralement pas à affirmer ensuite que la moyenne temporelle de  $e^{2j\omega t - kr}$  est égale à 1/2. S'agit-il d'une erreur ou de malhonnêteté intellectuelle ? La suite permet, pour certains, d'accréditer la seconde hypothèse. En effet, lorsqu'un candidat donne une expression erronée de la surface élémentaire  $dS$  de largeurs angulaires  $d\theta$  et  $d\phi$  et trouve, après intégration, la formule de Larmor donnant l'expression correcte de la puissance rayonnée dans tout l'espace, il perd beaucoup de sa crédibilité. Insistons sur l'importance de la plus stricte honnêteté intellectuelle dans la démarche scientifique : tenter de camoufler une erreur est une faute bien plus grave que l'erreur elle-même.

On étudie ensuite un modèle simple de cadre détecteur pour étudier la réception du signal. Si la plupart des candidats a bien identifié un phénomène d'induction, on peut s'étonner de voir de nombreux candidats invoquer l'apparition d'un courant induit pour expliquer l'apparition d'une tension entre les points A et B en circuit ouvert. Le passage de la valeur instantanée de la tension induite à la valeur efficace se révèle une question sélective. L'application numérique a rarement donné des résultats satisfaisants, et parfois des ordres de grandeurs aberrants sans susciter de commentaire particulier.

## Partie II - Ondes dans les fluides

Ce problème a pour objectif la comparaison du sillage d'un avion ou d'un obus supersonique à celui d'un bateau.

### A. Propagation du son

C'est sans doute la partie qui a été la mieux traitée. Les défaiillances sévères dans cette partie ne concernent que les candidats les plus faibles. On peut ranger dans cette catégorie les candidats qui ne se sont pas rendu compte que, dans le second problème,  $\mu_0$  ne désigne pas la perméabilité du vide, mais la masse volumique de l'air à l'état de repos. Maintenir cette confusion dans la question II.A.2.B. d'analyse dimensionnelle sur  $e$  relève de l'acharnement.

On peut aussi regretter que certains candidats, d'un bien meilleur niveau, ayant manifestement toutes les données nécessaires, évitent systématiquement les questions comportant des applications numériques.

### B. Ondes à la surface libre d'un liquide

Cette partie a été aussi souvent abordée que la partie précédente, mais avec nettement moins de réussite.

Rappelons que dire qu'une grandeur est très grande devant une autre, nécessite que les deux grandeurs comparées aient la même dimension physique. Dire qu'une largeur de bassin est très grande devant la célérité des ondes constitue une faute d'homogénéité caractérisée.

Plus loin, dans la question II.B.2.c, de nombreux candidats invoquent la condition approchée en surface, donnée dans l'énoncé, pour établir l'équation différentielle à laquelle obéit la fonction  $f(z)$ . Cette condition approchée est rarement justifiée de façon détaillée :  $z = 0$  représente en effet la position de la surface au repos ; prendre une valeur de la pression égale à  $P_0$  en  $z = 0$  lorsque le fluide est en mouvement est donc une approximation qui nécessite un commentaire explicite.

L'étude de la solution progressive en eau profonde, a été, peut-être par manque de temps, plus rarement abordée, mais avec un taux de réussite raisonnable.

### C. Sillage d'un avion

C'est la première partie où le manque de temps est vraiment manifeste. Malgré tout, on doit conseiller aux candidats de ne pas faire d'économie sur les schémas. Avec un schéma clair et de dimension suffisante, de nombreux candidats se seraient épargné des erreurs dans les relations trigonométriques dans les triangles, qui les conduisaient à des expressions de la période  $T'$  tendant vers l'infini pour  $\theta$  nul ou  $\theta = \frac{\pi}{2}$ . On peut aussi conseiller aux candidats de se relire, car certaines réponses mal maîtrisées relèvent du comique, comme celle-ci : « l'avion va plus vite que le son, donc on entend l'avion avant d'entendre le son ».

### D. Sillage d'un bateau

Cette partie n'a été que peu abordée. Les rares candidats qui ont trouvé l'angle du sillage d'un bateau ne le doivent pas à la compréhension physique du phénomène, mais simplement à leur aptitude technique à effectuer une étude de fonction, donnée dans l'énoncé.

## Conclusion

Souhaitons que ce sujet, dont de nombreuses questions étaient proches du cours, encourage les candidats à approfondir la connaissance de leur cours. Souhaitons aussi que les questions d'analyse dimensionnelle les encourage à pratiquer cette technique de façon régulière en cours d'année.

# Chimie

## REMARQUES GÉNÉRALES

Le sujet de cette année traitait du thème général des réactions de polymérisation.

Les trois parties indépendantes présentaient l'avantage d'aborder divers domaines de la chimie :

- la cinétique dans l'étude des mécanismes des polymérisations radicalaire et anionique du styrène ou dans l'analyse des courbes intensité-potentiel d'une électrolyse ;
- la thermodynamique dans l'étude des facteurs d'équilibre ou dans le calcul des variations de quelques fonctions d'état ;
- la chimie organique dans la représentation de quelques mécanismes réactionnels et dans l'analyse de la réactivité de quelques substrats.

## ANALYSE DÉTAILLÉE

### Partie I - Le polystyrène

Les réactions de polymérisation (anionique ou radicalaire) sont en général bien écrites mais la régiosélectivité n'est pas toujours respectée et justifiée.

L'analyse RMN pose de sérieuses difficultés en raison de la nature même du copolymère. Une démarche possible est d'écrire les deux unités de répétition, d'affecter les différents signaux aux protons correspondants et d'analyser les intensités relatives pour en déduire les proportions.

La détermination de la structure de la résine est très délicate pour de nombreux candidats qui envisagent à tort une réaction d'acétylation (en raison sans doute de la présence d'un diol) ou ne respectent pas les proportions anhydrides/diol dans la représentation du polyester.

Le passage aux structures tridimensionnelles (par réticulation des chaînes) est traité avec succès par bon nombre de candidats. De même, la fonctionnalisation des résines est bien comprise.

La synthèse peptidique avec la résine de Merrifield est la sous-partie la plus réussie en raison sans doute de la similitude avec les réactions organiques habituelles. Le formalisme des flèches est maîtrisé, l'équilibre des équations-bilans est respecté. En revanche, le respect des conditions expérimentales n'est pas toujours suffisant (notamment vis-à-vis des conditions acido-basiques du milieu).

### Partie II - À propos du polyacrylène

Les approximations liées au modèle de Hückel ne sont que trop rarement précisées.

La détermination des niveaux d'énergie par la formule de Coulson est correctement effectuée. En revanche, l'amélioration du modèle utilisé n'est pas souvent perçue : les candidats ne relient pas le caractère liant ou anti-liant des recouvrements aux niveaux d'énergie des orbitales moléculaires.

Les formules mésomères de l'anion énolate sont très souvent inexactes (les charges et les doublets ne sont pas bien localisés).

Les conditions expérimentales ne sont pas toujours prises en compte dans la schématisation des réactions d'élimination.

### Partie III - Synthèse industrielle de deux monomères

La dernière partie du sujet est la moins bien traitée par les candidats, y compris pour ceux d'entre eux qui l'ont abordée en début d'épreuve.

Les lois de Van't Hoff et de Le Chatelier doivent être évoquées mais non redémontrées.

Les calculs des constantes d'équilibre sont souvent erronés en raison notamment de l'utilisation d'unités inadaptées.

L'écriture d'une réaction de réduction d'un composé organique représente souvent une difficulté insurmontable.

La schématisation d'une cellule d'électrolyse, complétée par le sens de circulation de tous les porteurs de charge, apparaît rarement dans les copies.