

conservation de l'énergie pour le film.

- III.B.5. : la relation obtenue facilement au III.B.4. doit être clairement utilisée (soit 17 %).
- III.B.6. : AN température juste dans 7 % des copies.
- III.C.1. : AN  $i = 1$  pA importante pour la suite (juste dans 4 % des cas). Si quelques étudiants commentent bien : i difficile à mesurer, personne ne pense à relier cette faible valeur au fait qu'il s'agit de courants de polarisation.
- III.D.1. : suiveur reconnu par seulement 44 % des candidats. Les questions intéressantes sur l'utilité du suiveur, le choix de l'ampli op ne donnent la plupart du temps lieu qu'à des réponses vagues. (5 % de bonnes réponses)
- III.E.2. : ordre du filtre rarement précisé (13 % des cas) dans cette question très largement traitée. Beaucoup d'étudiants perdent du temps à étudier le comportement BF-HF alors qu'il suffit de regarder la figure 6.
- III.E.4.a. : unité de H : 6 % de bonnes réponses.  
Pour  $f_0$  : la moitié de la décade, ce qui correspond à 0,3 Hz (et non 0,5 erreur très fréquente).
- III.E.4.b. et c. : travail sur facteur de qualité très rarement bien mené.

## Partie IV - Interférences d'ondes thermiques

Cette partie n'a donné lieu qu'à un grappillage désordonné.

- IV.A.1. : le caractère absorbant d'une face noire n'a pas été évident pour tous : 24 % de bonnes réponses. Beaucoup d'imagination pour trouver des réponses très fantaisistes...
- IV.A.2. : schéma avec foyers précisés souvent bien traité (36 % justes), et AN justes.
- IV.B.1. : si la relation est souvent donnée juste à l'intuition (58 %), seulement 20 % invoquent la continuité de la température à l'interface.
- IV.B.2. : très peu de candidats savent relier la conservation de l'énergie à sa conséquence sur les  $j_0$ . Beaucoup d'erreurs de signe (16 % de réponses justes). Voir IV.B.5.
- IV.B.3. : 6 % seulement des candidats remarquent qu'on retrouve les ondes thermiques du I.C.
- IV.B.4. : l'argument de linéarité est rarement mis en avant pour justifier la réponse (12 %).
- IV.B.5. : des signes qui redeviennent justes... parce que c'est plus commode pour la suite (voir IV.B.2.). Attitude peu honnête, bien sûr sanctionnée.
- IV.C.1. : la fonction de transfert du déphaseur, ainsi que l'expression du déphasage, ont mis en difficulté une bonne proportion de candidats ayant abordé cette question.
- IV.C.3. : quasiment jamais traité.
- IV.D.1. : grappillage.
- IV.D.2. : définition de la longueur d'onde presque toujours fausse. Lien avec  $D_g$  jamais vu.
- IV.D.4. : et donc, personne ne comprend que ce protocole expérimental permet la mesure de  $D_g$  ...

## Conclusion

Il est dommage que la fin du sujet n'ait pas pu être traitée : les résonances dues aux interférences multiples d'ondes thermiques dans la cavité où se trouve le gaz, constituaient une belle étude, originale et intéressante.

Même les très bons candidats n'ont pas traité cette partie intéressante à cause de la longueur du sujet.

D'un autre côté, le sujet présentait ainsi un aspect très varié, avec de nombreuses questions largement indépendantes, totalement conformes au programme. Cela a permis à tous les candidats de pouvoir valoriser leurs connaissances dans l'un au moins des domaines abordés.

Notons enfin que les étudiants devraient faire un effort pour se relire, corrigeant ainsi certaines fautes, même si le jury note qu'ils font globalement des efforts de rédaction et de présentation.

# Physique II

## Présentation du sujet

Le sujet est consacré à l'étude de la formation des stalactites.

La première partie commence par un modèle d'écoulement très classique, adapté ensuite au ruissellement sur une stalactite.

La seconde partie étudiait la formation d'une stalactite de calcaire dans une grotte. La croissance de la stalactite est pilotée par la diffusion du dioxyde de carbone rejeté dans l'atmosphère.

Les trois parties suivantes envisageaient différents aspects de la formation de stalactites de glace : conditions nécessaires de formation dans la partie III, étude de la croissance pilotée par la diffusion thermique dans la partie IV, et enfin interprétation des ondulations de leur surface dans la partie V.

### Analyse globale des résultats

La première partie a été abordée par la quasi totalité des candidats. Bien qu'elle ne représente que 25 % des points attribués au barème, et que le niveau d'exigence pour l'attribution des points y ait été plus sévère, plus de 40 % des points ont été acquis dans cette partie.

La seconde partie donnait une large part à des considérations numériques. Les candidats n'y sont pas très à l'aise, d'autant que les unités utilisées dans les données (année, siècle, litre...) ne sont pas toujours les unités de base du système international, et que les résultats obtenus ne sont parfois pas très parlants, car les ordres de grandeurs sont assez inhabituels. Malgré cela, la proportion des points acquis dans cette partie est pratiquement au niveau de la part (un peu moins de 30 %) attribuée au barème.

Près de la moitié des points se répartissait sur les trois dernières parties ; les candidats n'en ont en moyenne tiré que 25 % des points acquis. La position en fin de problème n'explique que partiellement ces performances modestes.

### Commentaires sur les réponses apportées et conseils aux candidats

#### Partie I - Ruissellement d'eau sur une stalactite

##### Étude d'un écoulement modèle

L'expression de l'incompressibilité et son exploitation pour établir que  $u(x, z)$  ne dépend pas de  $x$  sont en général maîtrisées. C'est déjà moins le cas pour l'écriture de la partie convective de l'accélération. Rappelons que le caractère stationnaire de l'écoulement ne suffit pas à établir la nullité de l'accélération. Les conditions aux limites sont rarement justifiées de façon satisfaisante. Les candidats qui obtiennent l'expression du débit fourni par l'énoncé en partant d'une expression fautive du champ des vitesses s'attirent une lecture peu indulgente dans la suite du problème.

##### Application aux stalactites

Les méthodes proposées pour mesurer le débit  $q_0$  sont parfois fantaisistes. En proposant un débitmètre à effet Coriolis, on montre certes qu'on a pris connaissance du sujet de l'an dernier, mais l'outil proposé n'est guère adapté ! Savoir qu'un débit volumique est le flux du vecteur vitesse à travers une surface n'autorise pas à oublier que c'est aussi le quotient d'un volume par un temps, aspect qui conduit naturellement à un procédé très simple de mesure.

#### Partie II - Formation d'une stalactite dans une grotte

##### Diffusion de $\text{CO}_2$ dans le film liquide et précipitation de $\text{CaCO}_3$

Dans la plupart des copies, la question II.A.3 se limite à la détermination de la masse de calcium présente dans le carbonate de calcium déposé en un siècle. Les réponses utilisant la valeur de la masse volumique donnée dans l'énoncé (erronée d'un facteur 1000) ont bien sûr été évaluées positivement, ainsi que celles (très rares) pour lesquelles la correction a été faite. Peu de candidats ont ainsi pu justifier par des évaluations numériques correcte la formation de stalagmites. L'établissement de l'équation différentielle donnée dans l'énoncé à la question II.A.5. a donné lieu à de nombreux raisonnements faux (volontairement ou non...) ; en partant d'un bilan sans terme de production, on ne peut pas obtenir cette équation. Confusion entre variation spatiale et temporelle, entre variation temporelle et terme de production, erreurs de signe, tout était bon ici pour parvenir au résultat de l'énoncé. On en vient presque à préférer un candidat qui prétend qu'il y a une erreur d'énoncé. Une autre déception concerne la résolution de cette équation, avec des échecs constatés aussi bien dans la solution particulière (fréquemment  $n_0/\delta^2$ , parfois oubliée) que dans la solution générale de l'équation homogène (solution polynomiale ou trigonométrique).

##### Croissance et forme de la stalactite

La relation correcte entre  $V_p$  et  $V$  a été rarement donnée, ce qui interdisait l'obtention du profil  $Z(R)$ .

#### Partie III - Formation d'un germe de stalactite sur une main courante cylindrique en bois

##### Bilans de masse

L'énoncé introduisait un débit  $D_m(\alpha)$  dont la définition n'était pas totalement explicitée. La plupart des candidats a utilisé cette notation sans en maîtriser la signification et sans définir les systèmes sur lesquels les bilans de masse étaient effectués.

##### Bilans d'énergie

À l'opposé des bilans de masse de la partie III .A, l'énoncé était très directif, rendant cette partie accessible à des candidats, même moyens, qui ne s'étaient pas trop égarés dans les questions précédentes. Quelques candidats ont bien signalé le fait que la figure 8 ne permet pas de valider le comportement au voisinage de  $\alpha = 0$  prévu à la question III.B.2.d. Le remplacement de la main courante

en bois par une main courante en métal a rarement donné lieu à des réponses pleinement argumentées.

## Partie IV - Croissance d'une stalactite de glace

### Modèle conducto-convectif

Il y a souvent confusion entre l'expression de la variation d'enthalpie (variation d'une fonction d'état entre deux états voisins), l'expression du transfert thermique (qui était d'ailleurs pratiquement donnée dans l'énoncé) et la traduction du bilan enthalpique reliant ces deux grandeurs et permettant d'en déduire la vitesse de croissance radiale.

### Effet de pointe

Certains candidats se sont étonnés de ne pas trouver dans l'énoncé l'expression du laplacien en coordonnées sphériques ; d'autres en ont donné une expression fautive. Ces candidats n'ont pas su exploiter l'invitation à montrer que le laplacien du potentiel électrostatique créé par une charge ponctuelle est nul en dehors de la singularité sur la charge.

La conductivité thermique obtenue n'est pas toujours de dimension physique correcte, ni même positive. Il est choquant de proposer une grandeur scalaire pour l'analogie thermique du champ électrique.

## Partie V - Ondulations sur la surface des stalactites

### Interprétation de l'instabilité

La conductivité thermique souffre des mêmes maux que celle qui était demandée en coordonnées sphériques. Le rôle modérateur de la tension superficielle n'a généralement pas été compris.

### Période spatiale des ondulations

Quelques candidats ont su exploiter ces dernières questions très abordables pour obtenir une évaluation correcte de la période spatiale des ondulations. Notons qu'une période n'est pas toujours un temps et ne se mesure pas toujours en secondes ! L'énoncé parlant de période spatiale, la confusion est ici difficilement excusable.

## Conclusion

La longueur du sujet permettait à un bon candidat d'aborder de façon significative une proportion importante du problème. De nombreux résultats étaient donnés, ce qui permettait d'éviter des blocages prématurés. Il en a résulté une impression de plus grande sérénité que les années précédentes, qui se traduit en particulier par une meilleure qualité de rédaction et de présentation.

Parmi les conseils que l'on peut donner aux futurs candidats,

- procéder à une lecture complète de l'énoncé ;
- rédiger de façon explicite (choix du système, loi physique mise en oeuvre) ;
- faire des schémas clairs et lisibles ;
- soumettre le résultat final à un contrôle d'homogénéité dimensionnelle (bien des erreurs sur les conductivités thermiques auraient été évitées) ;
- ne pas réduire les applications numériques à un simple calcul numérique : il faut également se soucier de l'unité, se limiter à un nombre raisonnable de chiffres significatifs et porter un jugement critique sur les ordres de grandeurs obtenus : trouver un grand nombre de Reynolds dans la question I.B.5. devrait susciter des remises en cause, soit du calcul, soit du modèle laminaire ;
- s'assurer d'une gestion rigoureuse des expressions vectorielles : une réponse du type « vecteur = scalaire » ne peut être considérée comme correcte ;
- ne pas falsifier un raisonnement ou un calcul pour parvenir à un résultat donné dans l'énoncé ; c'est courir le risque de placer le correcteur dans une attitude de suspicion portant sur l'ensemble de la copie ;

On retrouve quelques invariants par rapport aux sessions précédentes, qui sont autant de pistes pour améliorer significativement leurs performances.

# Chimie

## Présentation générale du sujet

Le sujet de cette année comportait deux parties indépendantes. La première consistait en une étude comparative des diagrammes carrés. Partant d'une analyse thermodynamique de quelques équilibres liquide-vapeur pour des mélanges binaires, le problème se poursuivait par l'exploitation cinétique des réactions de copolymérisation. La seconde partie à dominante organique traitait de la synthèse de l'indinavir, qui est un médicament anti VIH.