

## Conclusion

Ce problème de difficulté très raisonnable a permis une bonne dispersion des notes. Trop de candidats présentent d'énormes lacunes sur des questions véritablement élémentaires. Une lecture attentive de l'énoncé leur aurait pourtant permis d'obtenir des points précieux en faisant preuve d'un minimum de réflexion physique. À l'opposé, le jury a vivement apprécié les très bonnes copies, très bien rédigées, qui ont fait le tour de la problématique dans le temps imparti.

# Physique-Chimie

## Présentation du sujet

Le sujet s'articule en trois parties indépendantes autour de la physique et la chimie des astres à travers trois thèmes principaux faisant appel, chacun, à une grande diversité de points du programme.

Partie I : l'étude de l'équilibre énergétique de Saturne utilisant un équilibre radiatif et thermique, un terme de dissipation analogue à la loi d'Ohm locale obtenue après un calcul de champ gravitationnel.

Partie II : la chimie de l'atmosphère de Titan balayée de l'équilibre thermodynamique de décomposition de l'ammoniac à son équilibre acide base en solution, en passant par la cinétique de la décomposition du méthane, la cristallographie de la glace et l'étude du diagramme binaire ammoniac/eau.

Partie III : modélisation mécanique des anneaux de Saturne.

## Analyse globale des résultats

L'ensemble des parties a été abordé de manière assez homogène avec une réussite moyenne globale d'environ 30 %. La répartition des points acquis en physique et en chimie est équilibrée. La maîtrise du programme nécessaire à sa rapide mise en œuvre au cours de la succession des très divers thèmes du sujet a été très discriminante. La rédaction souhaitée par le jury n'est pas nécessairement très détaillée mais doit être précise et les résultats toujours justifiés sur la bases des mots clefs et théorèmes au programme. Une application numérique correspondant à une expression littérale fautive ne peut être validée ; il en est de même d'un commentaire si la relation ou la valeur numérique est inexacte. Compte tenu de la grande diversité des thèmes abordés, une très bonne note signe une bonne compréhension et maîtrise de l'ensemble des points abordés et une bonne maîtrise des techniques mathématiques utiles à la résolution complètes des parties.

## Commentaires sur les réponses apportées et conseils aux candidats

### Partie I - Bilan radiatif de Saturne

Partie traitée par la grande majorité des candidats, avec en général assez de succès.

I.A. Une application numérique fautive extrême ( $\rho$  de Saturne,  $\Phi_0$  du Soleil) peut être facilement détectée par le bon sens, mieux encore, par une évaluation « à la main » d'un ordre de grandeur.

Pour un commentaire de la valeur numérique de  $\rho$ , seules de pertinentes comparaisons se référant à des masses volumiques explicites (eau, matériaux, autres planètes etc) ont été acceptées par le jury.

La statique des fluides ne se réduit pas à la loi de Pascal et un bilan des forces sur une coquille sphérique ne peut mener au résultat I.A.3).

La loi de Stefan est bien maîtrisée par les candidats ; beaucoup des candidats qui souhaitent utiliser les angles solides dans l'expression de la puissance reçue par Saturne, ne les expriment pas correctement.

I.B. Bilan des forces souvent négligé d'où un oubli fréquent de la poussée d'Archimède, ce qui invalide l'essentiel des calculs de la partie.

L'analogie électromagnétique est souvent bien menée, ce qui aurait dû aider à l'orientation algébrique du terme de création au cours du bilan de puissance. L'intégrale sur le volume de la puissance dissipée est rarement bien posée et menée jusqu'au bout, bien que très valorisée par le jury si l'ensemble du raisonnement conduit jusqu'à la bonne valeur du coefficient  $\gamma$ .

### Partie II - Chimie de l'atmosphère de Titan.

La plupart des candidats ont eu l'ouverture d'esprit d'effectuer un travail honnête de cette matière atteignant un niveau de culture qui a été récompensé.

II .A. Une faute d'application numérique sur les grandeurs thermodynamiques de la réaction est nécessairement lourde vis-à-vis des résultats (température d'inversion et coefficients de dissociation) qui en découlent. De nombreuses confusions entre quotient réactionnel et constante d'équilibre. Beaucoup de candidats s'efforcent de faire apparaître un polynôme de degré 2 en  $a^2$  qu'ils résolvent à la main en posant de manière détaillée un calcul de discriminant : au XXI<sup>ème</sup> siècle, le jury accepte une résolution numérique à l'aide de la calculatrice. Les justifications de déplacement d'équilibre doivent se faire sur la base des lois au programme. Les com-

mentaires n'ont été validés qu'en tant que récompense supplémentaire à celle de l'exactitude des résultats.

II.B./II.C. Les candidats doivent pouvoir distinguer un équilibre d'un acte élémentaire, et bon nombre est incapable d'exprimer la vitesse d'un tel acte.

Pour une espèce, sa vitesse d'apparition est opposée à celle de disparition.

Les réponses des temps  $t_1$  et  $t_2$  sont demandées en années et doivent donc être faites en années.

II.D./II.E.1. Les structures sont des questions aux réponses simples mais rigoureuses, à condition d'en connaître les règles. Les candidats capables de les comprendre ont été récompensés ; d'autres candidats ne connaissent pas la formule chimique de l'eau. La structure de Lewis qui en découle ne représente pas la géométrie, qu'il faut donc bien préciser indépendamment selon les règles de la matière.

Écrire que « les sites tétraédriques sont dans le petit cube d'arrête  $a/2$  » est trop imprécis.

Un décompte strict d'un nombre de motifs à une maille en propre est à la portée de celui qui veut s'en donner la peine ; la valeur de la masse volumique en dépend.

II.E.4. Le cas d'une miscibilité totale n'a pas été reconnu par tous. Les applications numériques ont été acceptées sur la base de fractions molaires ou massiques.

II.E. Équilibre acide base.

Certains ont invoqué des raisonnements électrochimiques hors sujet.

La transposition de l'autoprotolyse de l'eau vers celle de l'ammoniac est généralement bien faite.

Préciser que l'ion amidure n'est pas stable dans l'eau et le faire intervenir dans une réaction prépondérante n'est pas cohérent, celle-ci ne peut être obtenue qu'à partir des réactifs majoritaires. Le calcul de pH, bien qu'étant un simple calcul d'équilibre, est rarement correct.

### Partie III - Les anneaux de Saturne.

III.A.1. Cette question impose une bonne maîtrise des concepts de bases de mécanique : accélération en coordonnées polaires, TEM, théorème de Koenig pour l'énergie cinétique, propriétés des mouvements à force centrale, énergie potentielle en  $1/r$ .

III.A.2. Beaucoup s'embourbent dans ce calcul type.

III.A.3. Sans le résultat de la question précédente, inutile de tenter une explication nécessairement aléatoire.

III.B.1. « Qualitativement » s'entend « sans calcul », et nécessite malgré tout l'invocation de loi physique (force d'entraînement dans un référentiel non galiléen) et non un discours sommaire même long.

II.B.2. Citer le théorème de superposition ou la linéarité du champ vis-à-vis des sources est suffisant.

III.B.3. La notion de potentiel gravitationnel est maîtrisée. Après une phase de géométrie élémentaire, ceux qui ont reconnu la technique classique de calcul dans le cadre d'une approximation de type dipolaire ont vu leurs résultats valorisés, à condition d'avoir poussé le développement à l'ordre deux comme l'incitait une bonne lecture de la forme du potentiel donnée.

III.C.1. Peu abordée, bien qu'elle ne nécessitait que la maîtrise du mouvement circulaire.

III.C.2. Il est nécessaire de bien comprendre le sens d'une intégrale pour pouvoir la mener sur une portion de disque.

III.C.3. Les efforts de mise en forme demandée et l'exploitation des données fournies dans l'énoncé ont été appréciés du jury, et ce avec une grande latitude d'interprétation de la part du candidat.

### Conclusion

Le jury a jugé bon le niveau moyen de réponse des candidats, peu de fautes d'homogénéité étaient présentes. Comme chaque année, d'excellentes copies ont été remarquées alliant de bonnes connaissances scientifiques, et le recul nécessaire pour les reconnaître dans la configuration originale que constitue un nouveau problème.

On ne saurait encore que trop conseiller aux candidats de suffisamment connaître et comprendre les notions de base, les définitions exactes des concepts scientifiques ainsi que leur champ d'application tant en physique qu'en chimie afin d'acquérir la réactivité et la précision nécessaires à ce type d'épreuve.

## Sciences industrielles

### Présentation du sujet

Le système biplan Innova développé par General Electric Healthcare, utilisé en angiographie, sert de support à l'épreuve de S2I pour la session MP/2009.

Pour réaliser une image tridimensionnelle d'un anévrisme, il est nécessaire de faire au moins deux clichés bidimensionnels dans