

## 1/ PRÉSENTATION DU SUJET

Le sujet « Séquence Physique-Chimie dans l'univers-fiction de "Fast and furious" » était composé de cinq parties indépendantes. Il interrogeait les candidats sur les domaines suivants :

- mécanique du solide
- électromagnétisme
- thermodynamique
- thermochimie et cinétique chimique
- mécanique quantique.

L'ensemble se référait aux programmes de physique-chimie de MPSI et de MP.

Ce sujet, qui présentait des thématiques variées et indépendantes, a permis aux candidats de mettre en valeur leurs connaissances de cours et de mobiliser de nombreuses compétences, à la fois théoriques (questions traitant d'éléments connus du cours ou introduits dans l'énoncé), opérationnelles (questions avec applications numériques) et pratiques (questions de culture générale sur les ordres de grandeur ou sur le principe de fonctionnement de systèmes techniques).

## 2/ APPRÉCIATION GÉNÉRALE

### Sur la forme

Certaines copies manquent de soin dans la présentation : des schémas bâclés et/ou une écriture parfois à la limite de la lisibilité, ainsi que le non-respect de la numérotation des questions sont parfois à déplorer. On rappelle, au besoin, que des résultats clairement mis en valeur (par exemple par soulignement ou encadrement) constituent un point appréciable qui est pris en compte dans le barème. De même, la numérotation des copies est indispensable pour le correcteur, tout comme le mot « FIN ». Ces consignes, pourtant connues des candidats, ne sont pas toujours respectées.

### Sur le contenu

Des commentaires ou explications sont mal formulés et les hypothèses ou justifications attendues manquantes. L'expression écrite est à améliorer pour de nombreux candidats.

On note aussi un manque de soin dans les écritures : des résultats numériques affichés sans unité, aucune différence de notation entre un vecteur et sa norme ou sa composante, ou encore l'oubli de l'indice "r" pour les grandeurs de réaction.

À propos des thèmes abordés, on peut relever les points généraux suivants :

### Mécanique du solide

Les lois de Coulomb sur le frottement solide ne sont pas suffisamment explicitées.

De nombreux candidats ne savent pas énoncer la loi du moment cinétique et se contentent, à la place, de rappeler la définition du moment cinétique.

La différence entre action intérieure et action extérieure n'est pas clairement établie ou prise en compte dans l'énoncé des théorèmes de la mécanique.

### Electromagnétisme

On note une bonne connaissance des équations de Maxwell et de la relation de structure entre  $\vec{E}$  et  $\vec{B}$ , mais parfois, le changement de signe lié au sens de propagation de l'onde réfléchie n'est pas pris en compte. On relève aussi une difficulté en **Q11a** où de nombreux candidats se sont lancés dans des calculs inextricables, alors qu'il suffisait d'égaliser les pulsations de deux fonctions sinusoïdales identiques de même variable.

### Thermodynamique

La partie **III.1** faisait intervenir quelques questions très classiques (cycle moteur, transformations adiabatiques réversibles de gaz parfait, rendement d'un moteur). On déplore que le signe du travail et la définition du rendement aient posé autant de difficultés. On ne saurait trop recommander aux candidats de travailler ces notions de base !

Par ailleurs, la partie **III.2**, qui interrogeait sur le pouvoir comburivore puis sur l'application du 1<sup>e</sup> principe en système ouvert, a été assez peu traitée par les candidats. On regrette que ne soient pas mieux réussies les questions faisant appel à des raisonnements simples sur la stœchiométrie des réactions. En revanche, ont été appréciées les bonnes réponses formulées en **Q27** sur le principe de fonctionnement d'un turbo-compresseur.

### Thermochimie et cinétique chimique

Beaucoup d'erreurs de calcul sur l'enthalpie ou l'entropie standard de réaction dues à l'oubli ou à la mauvaise utilisation des changements d'états.

La partie cinétique chimique a été peu réussie car les candidats ont souvent confondu la quantité de matière en réactif avec la quantité de matière gazeuse totale.

On déplore aussi en **Q40** les erreurs trouvées dans la résolution d'une équation différentielle du 1<sup>e</sup> ordre.

### Mécanique quantique

Cette partie du programme est bien connue des candidats. On constate toutefois encore des confusions entre l'énergie d'un photon de transition et l'énergie d'un niveau électronique.

## 3/ REMARQUES SPÉCIFIQUES

### PARTIE I

**Q1.** Des schémas trop petits nuisent à la lisibilité. La force exercée par le container sur la voiture est parfois oubliée. Les réactions de la chaussée sur les roues sont parfois dessinées à partir du centre des roues. En revanche, on peut se réjouir de n'avoir quasiment jamais vu des réactions dessinées normales à la chaussée.

- Q2.** L'égalité  $T_0 = f N_0$  est trop souvent donnée sans la justification du glissement.
- Q3.a)** Le théorème de l'énergie cinétique est appliqué, mais en faisant intervenir la puissance de  $\vec{F}$  au lieu de celle de  $-\vec{F}$  (qui est la force subie par la voiture de la part du container).
- Q3.b)** De bonnes remarques sur l'ordre de grandeur des puissances rencontrées pour une automobile.
- Q4.a)** Trop de candidats considèrent que la loi du moment cinétique consiste à écrire la définition du moment cinétique. On voit parfois des confusions entre moment d'inertie et moment cinétique. Quand elle est bien écrite, les candidats oublient de préciser que seuls interviennent les moments des actions mécaniques extérieures au système !
- Q4.b)** Les actions des liaisons pivot sont quasi-systématiquement oubliées et le poids de la voiture est considéré comme une action agissant sur les roues.
- Q4.c)** Le référentiel d'application de la loi du moment cinétique aux roues n'est que rarement précisé.
- Q5.** Rien à signaler, si ce n'est la surprise d'avoir vu, dans de nombreuses copies, un couple exprimé en Joule !
- Q6.a)** Beaucoup de réponses farfelues. Le caractère intérieur du couple moteur est complètement ignoré.
- Q7.a)** Quelques réponses (souvent fausses) fondées sur l'intuition, plutôt que sur l'application des lois de Coulomb sur le glissement/non glissement.
- Q7.b)** Calcul en général bien mené.
- Q7.c)** Des confusions entre la masse de la voiture et celle du container.
- Q8.a) à Q8.d)** Questions bien comprises quand elles ont été traitées.

## PARTIE II

- Q9.a) et b)** Les équations de Maxwell Faraday ou Maxwell Ampère sont bien connues, ainsi que la relation de structure entre  $\vec{E}$  et  $\vec{B}$  qui en découle. On relève tout de même, lorsqu'il est détaillé, quelques erreurs dans le calcul du rotationnel.
- Q10.** Des erreurs de signe dues au sens de propagation de l'onde réfléchie.
- Q11.a)** Beaucoup de candidats n'ont pas réalisé que la condition aux limites se ramène à l'identité de deux fonctions sinusoïdales du temps et donc, qu'il suffisait d'identifier les pulsations pour obtenir la réponse.
- Q11.c)** Des erreurs surprenantes dans le développement limité demandé.
- Q12.** RAS.
- Q13.a)** La notion d'aller-retour est parfois absente et on trouve des confusions entre période et durée des impulsions.

**Q13.b) et c)** Le critère de Nyquist-Shannon est en général connu, mais la notion de résolution beaucoup moins.

### **PARTIE III**

**Q14.** Des erreurs surprenantes sur le placement des points et le sens de parcours du cycle.

**Q15.** La loi de Laplace est en général bien connue, mais les hypothèses de son application ne sont pas toujours rappelées.

**Q16.** La définition du rendement pose d'énormes problèmes à de trop nombreux candidats. Quant à son calcul, on pouvait s'attendre à une réussite plus fréquente pour une question aussi classique...

**Q17.** Pas beaucoup de réponses malgré les indications sur les temps-moteur rappelées dans l'énoncé.

**Q18.** RAS.

**Q19.a) et b)** Le facteur 5 entre la quantité d'air et la quantité de dioxygène est souvent oublié.

**Q20.** Erreur de signe fréquente. Le  $p_{ci}$  est positif, alors que  $D_r H^\circ$  est négatif.

**Q21. et Q22.** RAS.

**Q23.** Des confusions sur le signe des puissances avec des justifications parfois brumeuses.

**Q24.** Pas de problème en général.

**Q25.** Au lieu de raisonner sur la masse d'air admise, la quasi-totalité des candidats s'est rabattue sur une analyse dimensionnelle, ce qui a conduit à une réponse avec un facteur 1/2 manquant.

**Q26.a)** RAS.

**Q27.a) à c)** Questions nécessitant d'avoir compris l'ensemble de la partie consacrée au moteur. Des réponses bien argumentées ont pu être relevées dans les copies ayant traité ces questions.

**Q28.** RAS.

**Q29.** Erreur courante : 50 % de dioxygène pour la décomposition du protoxyde. Peu d'explications pour le pourcentage donné et pas d'explication sur son avantage.

**Q30.** Mêmes difficultés qu'en **Q19.a).**

**Q31. et Q32.** Questions peu abordées.

**Q33.** Réponse correcte quand elle est traitée.

## PARTIE IV

- Q34.a) et b)** Beaucoup de structures de Lewis exotiques sans adéquation avec le nombre d'électrons de valence. Les rares tentatives de représentation ont très souvent abouti à des structures incohérentes dépourvues de charges formelles sur les atomes.
- Q35.a) à e)** La loi de Hess est connue des candidats, mais la prise en compte des changements d'états pose des difficultés. Parfois elle est tout simplement absente, alors que l'énoncé rappelait de ne pas oublier d'en tenir compte. Certains candidats ne semblent pas connaître la relation entre l'entropie de changement d'état, l'enthalpie et la température de changement d'état.
- Q36.a et b)** Trop de réponses qualitatives sans justification. Lorsque le quotient réactionnel est invoqué, il y a des difficultés à en obtenir une expression correcte.
- Q37.** Dans cette question, un tableau d'avancement était d'une aide précieuse pour évaluer la quantité de matière totale de gaz et aboutir à la relation voulue. Au lieu de cela, beaucoup de candidats ont confondu  $n(t)$  avec cette quantité, ce qui a été dommageable pour la suite.
- Q38. et Q39.** Questions peu réussies.
- Q40.** Des erreurs étonnantes dans la résolution de cette équation différentielle du 1<sup>e</sup> ordre ! L'allure du graphe n'est pas toujours cohérente avec la solution trouvée.
- Q41.** L'unité de  $k$  a parfois été oubliée.
- Q42.** RAS.
- Q43.** La loi d'Arrhénus est souvent donnée sous sa forme non intégrée. De plus, il manque souvent le facteur pré-exponentiel.
- Q44.** Question peu traitée.

## PARTIE V

- Q45.a)** Du temps perdu à retrouver l'expression de la fonction d'onde d'un état stationnaire d'énergie  $E$ , alors que l'énoncé n'en demandait pas la démonstration.
- Q45.b et c)** Certains candidats écrivent une équation différentielle générale, sans noter que le potentiel  $V$  est nul dans le cas considéré. D'autres parviennent à la bonne équation différentielle, mais la résolvent en distinguant deux cas... comme si la quantité  $2mE / \hbar^2$  pouvait être négative !?
- Q46.** RAS.
- Q47.** Quelques confusions entre l'énergie du photon absorbé et l'énergie des niveaux électroniques.

## 4/ CONCLUSION

Le sujet était raisonnablement long, avec un questionnement détaillé et guidé. Il a permis aux candidats de montrer leur maîtrise du cours de physique-chimie de première et de deuxième année. Malgré les défauts sur la qualité de la rédaction et sur le soin de la présentation mentionnés plus haut, nous avons trouvé de très bonnes copies bien structurées. Ces candidats, qui ont montré une bonne compréhension des questions traitées et une bonne maîtrise du cours, ont visiblement su tirer le meilleur parti des enseignements dispensés en réalisant un travail de fond sur l'année scolaire. Nous ne pouvons ici que les féliciter et conseillons aux futurs candidats, pendant leurs années de préparation :

- de bien travailler le cours de physique-chimie dans l'objectif de bien connaître les définitions, les hypothèses d'un résultat, les méthodes de résolution et de maîtriser les raisonnements exigibles au programme.
- de s'appropriier les questions posées par une lecture attentive du sujet.
- de s'exercer à produire des copies bien rédigées et bien présentées avec les éléments de justification indispensables. La clarté des explications, la précision du vocabulaire et la rigueur des raisonnements sont un gage de réussite.

Avec tous nos encouragements aux futurs préparateurs et notre confiance renouvelée à leurs professeurs de CPGE !