

## **2.2. E - PHYSIQUE II - Filière PC**

### **I) REMARQUES GENERALES**

Le sujet proposé comportait deux parties totalement indépendantes, cela a permis aux candidats de montrer leurs capacités sur l'une des deux parties même s'ils étaient en difficulté sur l'autre. L'épreuve comportait au total 34 questions mais la longueur du sujet est globalement très raisonnable. De très nombreux candidats ont abordé plus de 75% des questions proposées, un certain nombre a traité l'ensemble du sujet. L'épreuve de Physique 2 PC était bien dimensionnée en termes de longueur mais aussi de difficulté avec une bonne répartition des questions simples et des questions plus difficiles. Elle a permis de classer correctement les candidats.

Dans un ensemble de très bonne facture, certaines questions du sujet étaient mal posées comme par exemple la question 2 à propos du flux thermique, la question 9 pour les oscillations de la température, la question 15 sur le problème de la séparation des variables et la question 27 à propos de la dernière hypothèse demandée. Dans chaque cas, les correcteurs en ont tenu compte afin que les candidats ne soient pas pénalisés.

D'une façon générale, on peut se montrer déçu du nombre de réponses justes des candidats aux applications numériques. Ce n'est pas normal et il est très vraisemblable que cela provienne d'un manque d'attention portée aux unités des grandeurs physiques intervenant dans les formules.

## **2. REMARQUES PARTICULIERES**

### **2.1. Température dans le tunnel du Fréjus**

Cette première partie étudiait la diffusion thermique dans un matériau homogène et isotrope. Cette étude est très proche du cours et du programme. Toute la première partie pour laquelle on ne prend pas en compte un terme de production d'énergie mais seulement de la conduction aurait dû être réalisée par la totalité des candidats. On en est quand même loin. Il est bien évident que la seconde partie où l'on prend comme terme source d'énergie la radioactivité des roches, est un peu plus difficile. Les correcteurs ont logiquement constaté que les candidats avaient plus de mal pour obtenir les bonnes réponses.

La question 1 était très facile mais certains candidats – heureusement assez rares - ne connaissent pas la valeur moyenne d'un cosinus et ne savent pas faire le calcul de sa moyenne. En général, l'amplitude des oscillations de la température a été estimée correctement. Dans l'ensemble, les questions 2 à 7 ont été bien réussies. Les candidats n'ont pas suivi le cheminement des questions de l'énoncé pour organiser un peu différemment leur application du premier principe, ils ont été valorisés à partir du moment où leur démonstration ne souffrait pas d'erreurs d'homogénéité en particulier. La question 5 sur le sens du terme mésoscopique n'est pas bien réussie en général, non pas que les candidats ne connaissent pas les idées qui amènent la considération d'un système de taille mésoscopique mais parce qu'ils ont beaucoup de mal à l'exprimer clairement. Les réponses qui se contentaient de situer le niveau mésoscopique entre le niveau microscopique et le niveau macroscopique n'ont pas été prise en compte. La question 8 où l'on teste une solution ondulatoire est bien réussie, on peut y

regretter des erreurs de signe. Comme nous l'avons déjà dit, la question 9 était mal posée aussi tous les candidats qui ont pris une initiative raisonnable et trouvé une valeur numérique en rapport avec l'étude menée ont été valorisés. Malgré tout, les questions 9 et 10 sont décevantes principalement par les erreurs numériques et les problèmes d'unité.

Pour les questions 11 à 14, il y a eu un problème de prise en compte du terme source proposé sous forme d'une puissance volumique. Il a été fréquemment confondu avec une puissance surfacique. Un autre problème de compréhension de l'énoncé s'est produit : le flux surfacique  $j_m$  a été intégré dans le bilan énergétique d'une tranche d'épaisseur  $dz$  de croûte terrestre comme terme supplémentaire en compagnie de la densité de courant de transfert thermique donné par la loi de Fourier et du terme source. Il y a eu clairement confusion entre une densité de transfert thermique existant dans toute la croûte terrestre et une condition aux limites, ici à l'interface entre le manteau et la croûte. Il s'est aussi produit beaucoup d'erreurs de signe malgré les précautions prises par l'énoncé sur l'orientation du vecteur densité de courant. À la fin de cette suite de questions, les applications numériques ont été très décevantes pour les candidats qui avaient établi les expressions littérales attendues.

À la question 15, l'annulation du laplacien de la température a été souvent proposée à juste titre mais bien souvent ensuite la séparation des variables n'a pas été maîtrisée. Les questions 16 et 17 ont été rarement traitées. Malgré des imprécisions de l'énoncé, il était possible de traiter correctement cette partie du sujet. Les candidats se sont, en général, vite détournés de ces questions pour passer à la partie où l'on traitait un problème quantique.

## 2.2 Radioactivité $\alpha$ et effet tunnel

Les candidats qui avaient travaillé correctement l'étude documentaire sur l'effet tunnel obligatoire dans le cadre du programme étaient en terrain connu. Cette partie a été bien réussie par les candidats qui possèdent la maîtrise calculatoire qui est attendue dans le cadre du programme. On peut pardonner aux candidats les difficultés qu'ils ont eues pour conduire clairement les calculs dans les deux ou trois dernières questions. Les calculs demandaient de l'attention et en fin d'épreuve, on peut comprendre un certain manque de lucidité.

Les questions 18 et 19 ont été très bien réussies avec un bémol pour la question de la dimension de la fonction d'onde. On peut aussi noter que les candidats connaissent bien la forme d'une équation de conservation et proposent régulièrement l'analogie avec la conservation de la charge électrique, moins souvent avec la conservation de l'énergie. La question 21 est très décevante : on retrouve la difficulté de gestion d'une solution à variables séparées d'une équation différentielle. Les correcteurs ont eu droit à quelques perles pour la définition d'une particule non relativiste ! L'identification d'une constante avec l'énergie a été très rarement justifiée. La question 22 a été bien réussie mais on a pu constater pas mal d'erreurs de signe et donc de sens de propagation des ondes. À la question 23, la relation de De Broglie est bien connue.

Pour l'étude de l'effet tunnel, il n'y a aucune difficulté pour les candidats à la question 24. Par la suite, pour un bon nombre de candidats tout se joue autour de la recherche des solutions d'une équation différentielle du second ordre que l'on peut qualifier d'élémentaire. Il est regrettable de voir des erreurs qui font que l'on ne trouve pas les solutions harmoniques à la question 25 et des solutions en exponentielles réelles à la question 26. L'absence d'onde se propageant dans le sens  $x$  décroissant dans la région III n'est pas toujours bien expliquée. Les

conditions de continuité à la question 27 sont très souvent bien proposées et justifiées. Malheureusement, certains candidats annulent la fonction d'onde en  $x=0$  et  $x=a$  comme si l'on se trouvait dans le cas d'un puits de potentiel infini. Les calculs des courants de probabilité donnent des fortunes diverses mais le sens physique de chaque contribution est plus rarement donné correctement ce qui fait que les expressions de  $R$  et  $T$  sont assez peu fournies justes. Les applications numériques de la question 29 ont été assez désastreuses, il en va de même pour le calcul de l'expression approchée de  $T$ . Le comportement des candidats sur l'ensemble de la question a été très décevant. Pour justifier le caractère épais de la barrière de potentiel, de nombreux candidats se contentent de dire que  $T \ll 1$  au lieu de dire que  $qa \gg 1$ .

Nouvelle déception à la question 30 avec l'expression de  $K$  qui était le produit de la valeur de deux charges ponctuelles. Il s'agit d'une expression très classique que les candidats devraient connaître. L'erreur sur  $K$  conditionnait fortement tout le reste de la question. Pour les questions 31 à 34, on se situe en fin d'épreuve pour la très grande majorité des candidats. Il est alors assez difficile d'obtenir des réponses satisfaisantes. Le seul endroit où les candidats réussissent à répondre assez souvent concerne le début de la question 33 avec le temps moyen entre deux rebonds. L'exploitation des courbes à la question 34 est très rarement faite. On se contente de dire que ce sont des droites comme prévu par l'étude théorique sans calculer de pente.

### 3 CONCLUSION

Les candidats qui connaissaient bien leur cours en Thermodynamique et de Mécanique quantique ont plutôt bien réussi cette épreuve assez proche du cours sur un bon nombre de questions. Sur le plan de la physique, les notions fondamentales ont été assez bien utilisées par les candidats mais, pour bien réussir à ce niveau d'exigence, il est indispensable de faire preuve de plus d'assurance dans la recherche des solutions des équations différentielles établies au cours de l'épreuve. Il est aussi très important que les candidats ne négligent pas les applications numériques et lorsqu'ils ne les négligent pas, qu'ils soient attentifs aux unités.