

multiple de  $\pi$ . Certaines autres, n'ayant pas bien perçu le sens de la question, répondent en donnant un intervalle de valeurs correspondant aux fréquences du domaine audible pour l'oreille humaine.

**Q25** - Le jury a été déçu de constater que le calcul de  $d_n$  a posé de grandes difficultés pour beaucoup de copies, qui invoquent effectivement le théorème de Pythagore, mais en proposent une application erronée.

**Q26** - L'exploitation de la figure et du texte l'accompagnant ont pu poser des difficultés. Quelques erreurs sur l'estimation de  $d_N$ . La question a cependant souvent été bien traitée par les copies l'ayant abordée.

**Q27** - Question souvent bien traitée par les copies l'ayant abordée.

**Q28** - Question plutôt bien traitée par les copies l'ayant abordée (positionnement de  $t_1$  et  $t_N$  corrects, fréquences en  $t_1$  et  $t_N$  correctes). Les copies présentant des segments de droite ont été un peu pénalisées.

### 3.3 Physique 2 - filière MP

#### 3.3.1 Généralités et présentation du sujet

Le sujet s'intéresse à la loi de *WIEDEMANN-FRANZ* qui lie conductivité thermique,  $\lambda$  et conductivité électrique  $\gamma$  :  $\lambda/\gamma = \kappa T$

Il est découpé en trois parties indépendantes entre elles.

- La première partie s'intéresse à la mesure expérimentale de  $\gamma$  via la mesure de la résistance d'un fil de cuivre, et explore les difficultés liées à la mesure d'une résistance faible.
- Le deuxième partie modélise à l'échelle microscopique la conduction électrique puis la conduction thermique pour faire le lien entre les deux.
- La troisième partie exploite des données expérimentales utilisant la méthode « flash » pour déterminer  $\lambda$

Ce sujet permettait d'évaluer les candidats sur différents points du programme et différents thèmes (électricité, mécanique, thermodynamique, ...).

#### 3.3.2 Commentaires généraux

Les correcteurs ont été déçus de la qualité des copies, de nombreux candidats ayant renoncé dès les premières difficultés alors que beaucoup de questions étaient abordables et les parties totalement indépendantes. Les bases ne sont pas maîtrisées pour la plupart des candidats.

Le soin apporté à l'argumentation est un élément fondamental de l'évaluation, en particulier lorsque la question consiste à démontrer un résultat annoncé par l'énoncé (cas des questions **Q6** et **Q9** de ce sujet) : les tentatives de démonstrations peu rigoureuses ne sont pas convaincantes, et il est préférable d'admettre clairement le résultat plutôt que de tordre la logique pour l'obtenir.

Lorsque les questions sont des questions de cours (cas des questions **Q5**, **Q16** et **Q17** dans ce texte), il est attendu une argumentation précise, rigoureuse, respectueuse des notations : ne pas confondre  $\frac{\partial}{\partial x}$  et  $\frac{d}{dx}$ , définir explicitement le système étudié, nommer les principes utilisés, établir proprement le signe des constantes des équations différentielles, ...

Dans ces questions comme dans les autres, seules les réponses argumentées sont prises en compte, le manque de justification fait perdre beaucoup de points à certaines copies.

Rappelons que les applications numériques ne sont valorisées qu'assorties d'une unité adéquate.

Certaines erreurs de calcul sont facilement identifiables, en particulier celles qui conduisent

- à un résultat visiblement non homogène, par exemple  $R_2 = \frac{R + R_v}{RR_v}$  ;
- à une faute de signe manifeste, par exemple  $\lambda < 0$  ;
- à un résultat qui égalise vecteur et scalaire ;
- à un résultat qui égalise grandeur finie et différentielle ;

- à une application numérique manifestement aberrante.

Les candidats sont invités à avoir un peu de recul sur leur résultat pour corriger ces erreurs qui les pénalisent lourdement.

La forme aussi doit être soignée : nous déplorons certaines copies prises pour des brouillons avec de nombreuses ratures, des écritures illisibles, une syntaxe approximative et une orthographe qui laisse à désirer. A l'inverse certaines copies sont très agréables à lire, ce qui prédispose favorablement les correcteurs, qui envisagent de prendre davantage en compte le soin lors des prochaines épreuves.

### 3.3.3 Analyse détaillée des questions

**Q1** - Si le choix du calibre est très souvent juste, mais pas toujours argumenté, les extraits de notice des instruments étaient sans doute peu familiers pour la plupart des candidats et les notations auraient gagné à être redéfinies. Néanmoins, avec un peu de bon sens et avec la pratique de Travaux Pratiques pendant les deux années de préparation, il était possible de répondre de façon cohérente et d'apprécier au moins en ordre de grandeur les erreurs, dont les dimensions devaient évidemment être les mêmes que la grandeur mesurée. Ainsi  $L$  ne pouvait être ni une longueur ni une inductance pour mesurer une erreur sur une résistance. Les correcteurs ont été attentifs à valoriser toute démarche cohérente.

**Q2** - Calculs d'électrocinétique élémentaires sur des montages courte et longue dérivation qui n'auraient pas dû poser de problème. Les courbes attendues permettaient de conclure sur le choix de la méthode à condition d'évaluer explicitement les erreurs (soit numériquement soit en positionnant  $R$  sur les courbes). Les justifications «  $R$  petit » ou  $R \ll 1$  n'ont pas de sens,  $R$  devant être comparé à une résistance ( $R_A, R_V$ , idéalement  $\sqrt{R_A R_V}$ )

**Q3** - Application numérique correctement réalisée pour  $R$ . Les candidats ont souvent confondu erreur systématique, liée au choix de la méthode, avec erreur aléatoire liée aux instruments de mesure utilisés.

**Q4** - Confusion fréquente entre conductivité et conductance.

**Q5** - Question de cours, bien réussie en général. Attention toutefois au respect de la notation vectorielle et au signe de la charge de l'électron.

**Q6** - La réponse dans le texte a favorisé toute sorte de justifications plus ou moins obscures pour cette relation. Il fallait justifier les probabilités de collision ou non, et le gain en quantité de mouvement en l'absence de collision. Les correcteurs ont là aussi valorisé toute démarche pertinente.

**Q7** - Le terme  $\sum p_{io}^+$  est souvent escamoté sans justifications, la moyenne sur tous les électrons n'est pas toujours explicite.

**Q8** - Question peu réussie, l'indication « approche semblable » ayant été mal comprise. Le caractère non normé de la probabilité  $\Pi$  a pu perturber certains candidats, qui doivent réfléchir au sens de leurs calculs.

**Q9** - Pour cette question, qui demandait d'établir une relation donnée, de nombreuses démonstrations « tirées par les cheveux », et dès lors évidemment très mal justifiées, ont été proposées. Beaucoup sont basées sur un bilan entre deux sections quand il s'agit ici d'évaluer un flux au travers d'une section unique, les paramètres  $n, v...$  sont introduits sans justification. Ces tentatives hasardeuses de démonstrations n'ont donné lieu à aucun point.

**Q10** - La validité du développement limité n'est pas toujours correctement justifiée (rappelons que, s'agissant d'une grandeur dimensionnée,  $v\tau \ll 1$  n'a pas de sens) mais les candidats trouvent en majorité la bonne expression de  $\lambda$ . Néanmoins trop de candidats trouvent une conductivité thermique négative sans que cela ne les gène.

**Q11** - Le caractère *monodimensionnel* du gaz est souvent mal pris en compte.

**Q12** - Le passage de *monodimensionnel* à *tridimensionnel* n'est que partiellement pris en compte par beaucoup de candidats, qui introduisent ainsi un facteur 9 quand un facteur 3 est attendu.

**Q13** - Le modèle quantique aurait dû, conformément au texte, être basé sur un gaz tridimensionnel, ce qui n'a pratiquement jamais été vu.

**Q14** - Nous attendions une réfutation claire et argumentée du modèle classique, qui donne par hasard un résultat satisfaisant.

**Q15** - Question ouverte qui demandait un peu de bon sens et une certaine habitude des Travaux Pratiques. Cette question a permis à de nombreux candidats de faire preuve d'une grande créativité. Le jury n'a retenu que les solutions raisonnables dans le cadre d'un laboratoire standard, pas celles mettant en jeu du cuivre liquide, ni celles amenant à manipuler un cube de  $1m^3$  de cuivre par exemple. Les protocoles et le vocabulaire de la calorimétrie sont peu maîtrisés, ainsi certains candidats confondent thermostat et enceinte adiabatique.

**Q16** - Question de cours : la rédaction doit être soignée, le système explicitement défini, les signes maîtrisés. Ne pas confondre  $D$  et  $1/D$  ni  $1/D^2$ .

**Q17** - Si la séparation des variables est généralement bien connue et comprise, la résolution des équations différentielles est plus aléatoire. En particulier la justification du signe de la constante est souvent absente, ou peu convaincante. Ainsi la fonction  $f$  ne diverge pas sur son domaine d'étude, c'est bien la non-divergence de  $g$  qui impose le signe. Assez peu de candidats mènent cette question, proche du cours, avec la rigueur attendue.

**Q18** - La linéarité de l'équation est rarement évoquée, ainsi que les conditions aux limites et initiales pour justifier la recherche de la solution sous forme d'une superposition de modes propres.

**Q19** - Question très mal traitée, les réponses ont souvent été devinées grâce à **Q20** et **Q21** mais rarement correctement justifiées. Notons que la notion de parité d'une fonction définie sur  $[0, L]$  n'a pas de sens, et que  $\sum \omega_n k_n = 0$  n'implique pas  $\omega_n = 0$ . Il fallait prendre en compte la dépendance en  $t$  pour conclure. L'honnêteté intellectuelle est mise à mal sur ces questions.

**Q20** - Question rarement traitée. Les coefficients  $u_n$  se calculaient facilement en utilisant le formulaire donné en fin de texte, il n'était pas nécessaire de connaître des formules de calcul de coefficients de Fourier. Ces calculs sont pourtant familiers aux candidats de la filière MP dans le cadre des mathématiques.

**Q21** - Question correctement traitée, en admettant (plus ou moins explicitement) les résultats de **Q19** et **Q20**.

**Q22** - La relation attendue relevait d'une exploitation simple de la courbe *figure 2*.

**Q23** - Ici c'est le graphe de la *figure 3* qui devait être exploité, le flash fixant l'origine des temps.

**Q24** - Question rarement abordée, qui nécessitait de rapprocher les résultats théoriques obtenus dans la partie II avec les résultats expérimentaux de la partie III.

### 3.3.4 Conseils aux futurs candidats

Nous conseillons aux candidats d'arriver au concours avec une parfaite maîtrise de leur cours, qui leur permettra de se sortir des situations classiques mais aussi inédites en toute confiance.

Nous leur conseillons de maintenir leur sens critique en éveil tout au long de leur composition, et de prendre le temps de réfléchir lorsque les questions n'admettent pas de réponse immédiate : ne pas se décourager à la première difficulté rencontrée. Et se méfier des questions où la réponse est donnée, qui doivent être résolues avec encore plus de rigueur que les questions ouvertes.

### 3.3.5 Conclusions

Réalisée dans des conditions difficiles liées à la crise sanitaire de ce printemps 2020, à un calendrier des concours compliqué et fatigant pour les candidats, cette épreuve s'est avérée assez décevante. Néanmoins des copies de bonne facture montrent une bonne maîtrise de la physique et des outils mathématiques nécessaires.

Le jury invite les futurs préparationnaires à tenir compte des conseils de ce rapport et des conseils que ne manqueront pas de leur donner leurs professeurs.

### 3.4 Physique 1 - filière PC

#### 3.4.1 Présentation du sujet

L'épreuve de Physique 1 portait sur l'étude de deux phénomènes naturels observables facilement, et ayant trait à la culture précolombienne des Mayas : l'écho produit par la grande pyramide de Chichén Itzá, et la coloration des éclipses de Lune. Pour ce faire, le sujet aborde en 29 questions différents domaines du programme de première et deuxième années traitement du signal, propagation d'un signal ondulatoire, interférences, diffraction, thermodynamique, champ électromagnétique, bilans. Il propose une démarche de difficulté progressive au sein des parties, mêlant tour à tour des questions de cours, des exploitations graphiques, l'élaboration de modèles simples suivis de calculs applicatifs, et des discussions argumentées des ordres de grandeur estimés sans calculatrice.

#### 3.4.2 Commentaires généraux

Cette épreuve a permis d'opérer une distinction claire entre d'une part, les candidats qui ont su faire preuve de rigueur dans la modélisation, ainsi que d'esprit critique au vu de leurs résultats, et d'autre part les candidats qui ont parfois enchaîné des calculs sans tenir compte de ce qui les précédait, ni des attendus de la modélisation des phénomènes étudiés. De façon générale, le barème tenait autant compte de résultats calculatoires que de la discussion chiffrée et argumentée, ce qui n'a pas été compris par tous les candidats, qui se sont trop souvent contentés de donner des réponses sans justification ni recul critique, parfois même sans application numérique à discuter, ce qui limite singulièrement les chances de réussite à l'épreuve. Le jury tient cependant à féliciter un certain nombre de candidats ayant proposé d'excellentes copies et qui ont explicité avec soin leur démarche et tirer grand profit d'une comparaison réfléchie des nombreux ordres de grandeur abordés par ce problème.

Les défauts les plus récurrents rencontrés dans les copies restent ceux déjà énoncés dans les rapports précédents, ce qui incite à penser que les candidats qui décident de suivre ces conseils peuvent faire la différence avec les autres, et tirer grand profit de la lecture attentive des rapports des épreuves de Physique. Le jury rappelle ainsi que la présentation de chaque réponse doit être d'une grande clarté (grands schémas annotés, hypothèses et théorèmes énoncés, résultats encadrés, applications numériques discutées quand cela est pertinent). De même, les résultats inhomogènes, ou avec des unités fausses, voire absentes, sont sanctionnés.

Par ailleurs, les candidats doivent avoir en tête que les copies sont numérisées (en très bonne qualité couleur) en vue de leur correction sécurisée. Il est donc important de ne pas écrire au crayon papier ou aux crayons de couleurs, ni avec un stylo d'encre peu visible. De même, une copie qui mélangerait l'ordre de questions oblige le correcteur à un va-et-vient qui ne facilite pas la lecture cohérente des réponses proposées. Il est notable, surtout cette année, qu'une écriture peu lisible, trop souvent constatée dans les copies, ainsi que les fautes d'orthographe ou de syntaxe, altèrent significativement la compréhension et orientent défavorablement la lecture de la copie.

Enfin, il est rappelé qu'une partie du barème porte sur le commentaire argumenté des résultats ou sur les questions dites « qualitatives », qui sont toujours les plus difficiles. En effet, l'enjeu dans ces questions est de démontrer que le candidat connaît en profondeur les hypothèses de la démarche entreprise, et qu'il est capable d'en tirer des conséquences chiffrées et des conclusions cohérentes avec le reste de l'épreuve. Il est parfois intéressant de mettre à jour une contradiction, qui permettra de critiquer le modèle employé, ou au contraire de valider telle ou telle étape du raisonnement. Les candidats qui ont su faire preuve de recul critique ont toujours été valorisés.