

planche à voile « remonte le vent ». La deuxième partie du sujet traitait de la physique des vagues à la surface de l'eau dans un modèle linéaire. Dans un premier temps, l'étude consistait à obtenir la relation de dispersion ainsi que les vitesses de phase et de groupe pour ces ondes de surface. Puis on s'intéressait à l'influence du fond sur la direction de propagation des vagues en analogie avec la loi de la réfraction de Snell-Descartes. La première partie du sujet faisait appel à des notions de mécanique alors que la seconde partie portait sur des notions d'hydrodynamique et de physique des ondes. Des qualités différentes ont donc pu être testées au cours de cette épreuve ce qui a permis aux candidats d'aborder un grand nombre de questions et de montrer l'étendue de leurs connaissances.

L'épreuve a permis de réaliser une sélection satisfaisante des candidats tout en leur permettant de traiter un nombre important de questions et ainsi d'exprimer leurs compétences dans des domaines variés : questions de cours, raisonnements approfondis autour de notions de cours.

Une analyse détaillée des questions est présentée dans [l'annexe K](#).

### 2.6.2 Commentaires généraux

Le jury a remarqué et apprécié qu'une majorité de copies soient bien rédigées et présentées. De plus, il a constaté qu'une majorité de candidats ont bien avancé dans le sujet et ont traité une grande partie des questions.

Le jury a noté de nombreuses erreurs de calcul (expressions de surfaces, projections de forces, ...) qui ont pénalisé certains candidats. De plus, il insiste sur la rigueur nécessaire dans l'utilisation des vecteurs qui ne sauraient être égalés à un scalaire et dans l'emploi des opérateurs vectoriels pour lesquels le rotationnel d'un scalaire n'a pas de sens mathématique.

Le jury souhaite aussi insister sur la nécessité de soigner les schémas pour répondre aux questions lorsqu'une telle représentation est nécessaire. Ces schémas doivent être rigoureux et précis dans les relations entre les différentes quantités représentées.

### 2.6.3 Conseils aux futurs candidats et conclusions

Le jury souhaite que les futurs candidats s'approprient les conseils donnés dans le présent rapport et souligne qu'une bonne connaissance du cours est une condition nécessaire et suffisante à la réussite d'une telle épreuve.

## 2.7 Physique 1 - filière PSI

### 2.7.1 Généralités et présentation du sujet

Le sujet de Physique 1 PSI 2023 se proposait, sous le prétexte unificateur de la géométrie cylindrique, d'explorer les connaissances et savoir-faire des candidats dans plusieurs parties du programme : la *mécanique des fluides visqueux* au travers de la relation de Poiseuille (par l'étude de la circulation sanguine), l'*électrostatique et la magnétostatique* et la *mécanique du point* (pour la description du

mouvement des électrons dans un dispositif électromagnétique) et l'étude des *milieux magnétisables* et des *lois de l'induction* (par l'étude d'un dispositif de lévitation magnétique).

De nombreuses questions du sujet testaient, sans forcément le présenter de manière explicite, des *résultats exigibles du programme* ; il appartenait bien sûr au candidat de les repérer avant de montrer sa capacité à les retrouver. Comme il est naturel en Physique, la recherche d'*ordres de grandeur numériques* était proposée à plusieurs reprises ; en l'absence d'appareils de calcul électronique le jury n'a pas été exigeant avec la précision des calculs mais seulement, comme l'indiquait d'ailleurs l'énoncé, avec les *ordres de grandeur* et bien sûr les *unités*. Certaines copies ont exhibé ici et là des résultats « surprenantissimes » ; sans les reproduire ici, le jury souhaite rappeler que, dans un cas manifestement anormal, le candidat doit rechercher la cause de son erreur au lieu de la laisser figurer explicitement sur sa copie en poursuivant comme si de rien n'était.

Une analyse détaillée des questions est présentée dans [l'annexe L](#).

### 2.7.2 Commentaires généraux

La présence de parties indépendantes et une prise en compte détaillée et graduée des réponses des candidats ont permis un bon étalement des notes, contribuant à un classement pertinent des candidats au concours. Certaines copies, en petit nombre bien sûr, étaient réellement d'excellent niveau, montrant à la fois la parfaite maîtrise des éléments exigibles du programme et la capacité à les contextualiser. En fonction des difficultés rencontrées dans le sujet, les autres candidats se sont bien répartis sur toute l'étendue de l'échelle des notes, jusqu'à un nombre malheureusement significatif de copies faibles ou très faibles montrant des manques importants de connaissances et de méthodes. En particulier le jury a sanctionné l'emploi de « formules » non justifiées, les fautes d'homogénéité manifestes non corrigées, les raisonnements incohérents ou contradictoires.

Sur le seul plan de la forme, la plupart des copies sont correctement rédigées et bien lisibles, même si les schémas gagneraient parfois à être plus explicites et mieux légendés. Le manque de soin n'est pas sanctionné au barème *per se* mais il conduit inévitablement à des pertes de chance pour le candidat : à l'impossible nul n'est tenu et le jury ne lit pas l'illisible.

Enfin, le sujet était certes d'un niveau robuste mais présentait des points d'entrée accessibles, en particulier des questions de cours explicitement posées comme telles, et ceci dans les trois parties (par exemple les questions **1**, **14** et **22**). Les correcteurs ont constaté qu'un certain nombre de copies (un peu plus de 4% du total) n'ont obtenu *aucun des points prévus au barème* pour ces trois questions. Le jury veut croire qu'il s'agit de simples accidents.

### 2.7.3 Conclusion et conseils aux futurs candidats

Il est inutile de chercher à *balayer tout le sujet* si cela consiste à apporter des bribes de réponses, des formules toutes faites ou des affirmations gratuites : cela conduit à cumuler beaucoup de questions sans points, et être bien déçu de la note finale.

Après avoir répondu à une question, tout candidat doit s'imposer cette règle : *relire* avec soin ce qu'il a rédigé et le comparer à la question posée. Si le *raisonnement* est limpide et convainquant, si la réponse est *complète*, et explicitée en fonction des *bons paramètres*, si l'ensemble du calcul est *homogène*, alors il faut *encadrer* le résultat obtenu et passer à la suite.

Si l'énoncé demande une valeur *numérique*, il faut impérativement comparer le résultat obtenu à la fois aux connaissances générales du candidat mais aussi au cadre de l'étude et aux données fournies par le sujet. Les calculs numériques sans machines sont peut-être un peu rébarbatifs mais un peu d'entraînement les rend faciles et l'analyse des ordres de grandeur est au centre du raisonnement du physicien. Aussi le barème valorise toujours ces calculs.

Pour conclure et sans aucune peur de ne pas être original, ces conseils élémentaires ne seront jamais assez répétés : *apprenez le cours* ; remplacez chaque question dans le *contexte* du sujet (il est rarement pertinent d'essayer de le traiter dans le désordre). Pour répondre, *faites des schémas légendés* puis, après avoir proposé une solution, *relisez-vous* d'un œil critique. Vous produirez ainsi une bonne copie, pour le plaisir du correcteur et à l'avantage de votre classement !

## 2.8 Physique 2 - filière PSI

### 2.8.1 Généralités et présentation du sujet

La première partie s'intéresse à la mécanique de la planche à voile et montre notamment les conditions à réunir pour optimiser l'orientation de la voile par rapport au vent. C'est donc naturellement que sont abordées ici des notions de mécanique des fluides pour obtenir l'expression des forces de portance et traînée. S'en suit une discussion basée sur un bilan d'actions mécaniques pour déterminer l'orientation à donner à la planche à voile pour optimiser la propulsion par le vent.

La deuxième partie est très largement indépendante de la première et s'intéresse aux aspects ondulatoires de la physique des vagues. Plus précisément, les premières questions s'attachent à la construction de la théorie linéaire des vagues en utilisant des outils locaux de la mécanique des fluides, avant de décrire l'impact de la profondeur sur la propagation.

La totalité du sujet était accessible, de longueur raisonnable, et chaque question a été traitée. Le jury remarque toutefois que de nombreux candidats ont délaissé (ou presque) toute une partie du sujet, le plus souvent la première.

Une analyse détaillée des questions est présentée dans [l'annexe M](#).

### 2.8.2 Remarques d'ensemble et suggestions aux candidats

Le jury note que les raisonnements des candidats sont dans l'ensemble corrects, mais qu'ils sont trop souvent mal rédigés. Trop de copies sont aussi illisibles ou mal soignées. Plus précisément, la rédaction est particulièrement dégradée : absence d'introduction, de conclusion, explications distordues et très longues, dysorthographe, écriture parfois illisible, schémas absents, lourds, confus et incompréhensibles.

Le jury note que les raisonnements des candidats sont dans l'ensemble corrects, mais qu'ils sont trop souvent mal rédigés. S'ajoute à cela des conclusions souvent manquantes, laissant ainsi au correcteur la charge d'interpréter ce qui est écrit et de compléter les éléments manquants. On rappelle que des résultats bruts sans justification, des résultats numériques sans unité ou accompagnés d'une unité erronée ne peuvent pas se voir accorder des points. Le jury rappelle également l'importance de la vérification de l'homogénéité des résultats, qui permet de corriger efficacement bon nombre d'erreurs.

Concernant encore la rédaction, les explications sont parfois trop longues ou absentes, souvent confuses et contradictoires. Il est regrettable de constater une dégradation de l'écriture et, plus important, la

## L Physique 1 PSI

### La circulation capillaire

Au vu de l'extrait ci-après des capacités exigibles du programme officiel de la classe PSI, cette première partie était assez largement une question de cours ; elle a donc logiquement été abordée et convenablement traitée dans beaucoup de copies.

Interpréter le nombre de Reynolds comme le rapport d'un temps caractéristique de diffusion de quantité de mouvement sur un temps caractéristique de convection.

Évaluer le nombre de Reynolds et l'utiliser pour caractériser le régime d'écoulement.

Dans le cas d'un écoulement à bas nombre de Reynolds, établir la loi de Hagen–Poiseuille et en déduire la résistance hydraulique.

**Q1** - L'immense majorité des candidats ont bien proposé une expression licite du nombre de Reynolds en fonction des paramètres de l'écoulement. L'interprétation physique a aussi souvent été donnée, le jury acceptant à cet égard aussi bien un commentaire *a priori* (comparaison des flux de quantité de mouvement, ou des durées caractéristiques comme le prévoit le programme) ou bien *a posteriori* (nature de l'écoulement pour des valeurs extrêmes du nombre de Reynolds). Les affirmations vagues (« ce nombre permet de classer les écoulements ») n'ont pas été valorisées bien sûr.

**Q2** - À cette question le jury a reconnu plusieurs approches, en fonction de leur cohérence physique. Recopier la valeur affirmée dans l'énoncé quatre lignes plus bas n'est pas considéré comme une approche physiquement cohérente ; il n'était toutefois pas interdit de s'en servir pour valider (ou invalider) les raisonnements proposés !

**Q3** - La confusion entre débit global et débit dans un capillaire unique a été très fréquente. Elle conduisait naturellement à des valeurs aberrantes du nombre de Reynolds, incompatibles avec toute la suite du problème, ce qui n'a hélas pas gêné les trop nombreux candidats qui ont fait cette erreur.

**Q4** - Questions en général bien traitées. Le jury a bien sûr accepté aussi bien les méthodes basées sur des équations locales et celles basées sur des bilans macroscopiques.

**Q5** - Questions assez bien traitées par la plupart des copies qui les abordent. Le jury a accepté des réponses inexactes mais cohérentes avec ce qui précède. Pourtant quelques copies affirment des relations « semi-intégrées » comme  $D_m = \pi R^2 v(r)$  et trouvent donc une résistance hydraulique fonction de  $r$  (en même infinie sur les bords) !

**Q6** - Questions logiquement bien traitées par ceux, assez nombreux, qui y sont parvenus.

**Q7** - Si une formulation littérale de la réponse a été souvent lue par le jury, les valeurs numériques finissent par largement diverger en cette fin de partie (sur un échantillon significatif de copies les réponses fournies par les candidats s'étalent sur plus de trente ordres de grandeur de part et d'autre de la valeur attendue).

### Le magnétron

Cette partie faisait référence à plusieurs parties des programmes de première année (ici cités dans leur rédaction en PCSI) :

Exploiter les propriétés de symétrie et d'invariance des sources pour prévoir des propriétés du champ (magnétique) créé.

Théorème du moment cinétique en un point fixe dans un référentiel galiléen.

Force de Lorentz exercée sur une charge ponctuelle. Puissance de la force de Lorentz.

et de seconde année :

Exprimer une différence de potentiel comme une circulation du champ électrique.

Établir l'équation de Poisson (...).

Établir le champ électrique et le potentiel créés par (...) une distribution de charge à symétrie cylindrique.

Établir l'expression du champ magnétique créé par un (...) solénoïde infini (...)

mais elle a pourtant été très mal traitée : le jury a attribué *moins du quart* des points de barème prévus à toutes les questions sauf la première.

**Q8** - Bien traité, en particulier par ceux qui ont fait l'effort de proposer un schéma.

**Q9** - Cette question a donné lieu à de nombreuses réponses incorrectes, en général du fait de suppositions implicites inexactes (champ ou potentiel uniforme, présence d'une charge ponctuelle, densité uniforme de charges dans l'appareil, laplacien identifié à  $d^2V/dr^2$ ...). Le jury a donc valorisé les tentatives de résolution pertinentes, même inachevées (beaucoup de ces solutions tournent hélas court lorsque le candidat affirme que  $-1/r^2$  est une *primitive* de  $1/r$ ).

**Q10** - Certains candidats ont cru reconnaître un classique « moment cinétique conservé  $\mapsto$  mouvement plan », malgré l'intitulé de la question suivante. Il leur a fallu beaucoup de mauvaise foi pour faire disparaître tous les termes gênants de l'équation jusqu'à « démontrer » la conservation de ce moment cinétique ! De manière plus générale, rappelons ici qu'il est *impossible de démontrer* qu'un mouvement est plan si on part de l'hypothèse... qu'il est justement plan, par exemple en ne conservant que deux composantes du vecteur vitesse !

**Q11** - La question a été très mal traitée bien que de nombreuses copies l'aient abordée : lorsqu'il est demandé d'*énoncer* un théorème du cours, tous les termes cités doivent être définis. Une relation du type  $J\vec{\theta} = M$  n'est pas universelle et ne s'applique d'ailleurs pas ici. Ne parlons pas des copies qui mélangent moment cinétique et énergie cinétique...

**Q12** - Le jury a ici exigé un peu plus qu'une simple identification non justifiée ( $\dot{\theta} \sim \omega_c$ ) pour valider les réponses proposées.

**Q13** - À la question « le mouvement est-il conservatif », la réponse ne peut pas être un simple « oui ». Il fallait ici ou bien une démonstration ou bien au moins citer l'expression de l'énergie potentielle électrique. La pleine réussite à ces deux questions n'a concerné qu'un nombre anecdotique de copies.

**Q14** - Bon nombre de candidats bloqués aux questions précédentes ont repris ici l'étude du sujet, y compris certains qui avaient oublié le champ électrique jusque là ! Dommage que cela ne les aie pas incité à se relire de manière critique. Un mouvement circulaire, même uniforme, *est accéléré* et le calcul de cette accélération n'est hélas manifestement pas un acquis de tous les candidats.

**Q15** - Une réponse (« oui » ou « non ») non argumentée est bien sûr sans valeur ici.

### Lévitiation magnétique

Ici aussi l'extrait du programme officiel de la classe PSI permet de parler de questions proches du cours dans cette partie ; elle a comme espéré été abordée et bien traitée dans beaucoup de copies.

Définir le vecteur excitation magnétique. Écrire l'équation de Maxwell–Ampère dans un milieu magnétique.

Modéliser un milieu doux par une relation constitutive linéaire. Définir la perméabilité relative.

Établir l'expression de l'inductance propre de la bobine à noyau.

**Q16** - Questions très proches du cours, en général abordées et assez bien traitées dans toutes les copies. L'emploi du théorème d'Ampère suppose la définition d'un contour *fermé* et le choix de son

*orientation* ; celui-ci doit impérativement être clairement représenté pour que la question soit considérée comme traitée.

**Q17** - Encore une question proche du cours, souvent abordée et en général plutôt bien traitée. Signalons cependant un nombre non négligeable de copies pour lesquelles les inductances  $L_1$ ,  $L_2$  et  $M_0$  dépendent des courants  $I_1$  et  $I_2$  !

**Q18** - Cette question n'est plus abordée que par un gros tiers des candidats et avec un taux de bonnes réponses assez faible. C'est à la fois regrettable et un peu surprenant car il s'agissait d'un cas somme toute assez banal de couplage inductif à deux mailles.

**Q19** - Très peu de copies traitent cette question et avec un taux de succès faible. L'expression de la force de Laplace semble souvent ignorée ou (pire ?) remplacée par une expression en  $q\vec{v} \wedge \vec{B}$  ?

**Q20** - Question hélas peu et mal traitée ; il s'agissait pourtant seulement de justifier le titre de la partie **III**.

[!\[\]\(5a132f13505a6571904d622757b7a8f0\_img.jpg\) RETOUR](#)