

**Q12** - Question classique sur les oscillateurs harmoniques, que l'on a vue traitée en analyse dimensionnelle, ou même comme un mouvement uniformément accéléré.

**Q13** - Question classique sur le pendule simple, trop souvent traitée en coordonnées cartésiennes. La cinématique du mouvement circulaire n'est pas assez bien connue, peu de candidats parviennent à exprimer les variations de la tension du fil avec l'angle du pendule. L'approximation des petits angles n'est pas valable quand  $\theta(0) = \pi/2$ .

**Q14** - La réponse  $k_{eq} = Nk$  est souvent donnée sans même quelques mots de justification : il faut maintenir l'effort dans la rédaction (qui peut être concise) tout au long de l'épreuve. Le calcul numérique d'ordre de grandeur n'aboutit pas souvent. Le nombre de brins dans un câble cylindrique est en raison du carré de son rayon.

**Q15** - Deux questions. La première porte sur la géométrie d'un tronçon élémentaire de corde. L'homogénéité est souvent malmenée. La deuxième porte sur la projection horizontale de la relation fondamentale de la dynamique. Des confusions entre la composante  $T_x$  et la norme  $T$  de la tension. Nous rappelons que  $T_x = T \cos \alpha$ , mais pas  $T_x \cos \alpha$ .

**Q16** - Question généralement bien traitée quand la question **Q15** l'a été. La relation  $c = \sqrt{\frac{T}{\mu}}$ , vue avec l'étude expérimentale de la corde de Melde, est assez bien connue. En revanche, des interprétations parfois fantaisistes en sont données : vitesse de la corde, voir célérité de la lumière...

**Q17** - On lit fréquemment  $\partial f(x-ct)/\partial t = -c \partial f(x-ct)/\partial t$ , ce qui est un non sens (à moins de supposer la dérivée partielle nulle !), et même  $\partial f(x-ct)/\partial t = -c \partial f(x-ct)$  ( $f$  n'étant pas nécessairement une exponentielle). Nous recommandons de poser clairement le changement de variable  $u = x - ct$ .

**Q18** - Question convenablement traitée même si certaines copies ont évoqué une particule quantique.

**Q19** - Rarement traitée. Encore beaucoup d'échecs dans l'application numérique (pourtant simple), même en ayant l'expression littérale correcte.

**Q20** - La relation de dispersion est retrouvée, parfois avec des erreurs de signe.

### 2.3.4 Conclusions

Les compétences acquises au long cours, de savoir-faire (appropriation de l'énoncé), mais aussi de physique (mécanique du système, du point), sont fragiles. Le sujet, exigeant, a valorisé la pugnacité des candidats. Les questions présentant une suite d'exercices indépendants leur ont permis de rebondir dans une variété de savoir-faire techniques. Ainsi, l'épreuve permet, comme attendu, de classer les candidats.

## 2.4 Physique 1 - filière PC

### 2.4.1 Présentation du sujet

Le sujet abordait deux systèmes physiques quantifiés par méthode optique interférentielle. Le sujet, divisé en quatre parties largement indépendantes, portait sur des éléments distincts du programme de

physique de PCSI et de PC : mécanique céleste, mécanique quantique, optique géométrique, optique interférentielle.

La première partie s'intéressait à un système d'étoile binaire. Il s'agissait d'établir les forces et énergies qui autorisent deux étoiles à former un système lié et de trouver les paramètres caractéristiques du système.

Dans un deuxième temps il fallait mettre en place la méthode optique permettant de mesurer la distance angulaire entre deux étoiles d'un système double.

La deuxième partie s'intéressait à la raie rouge de l'atome d'hydrogène. Il fallait établir le modèle de Bohr associée à la raie d'émission de l'atome d'hydrogène à 656nm ainsi que la correction relativiste qui conceptualise la constante de structure fine expliquant le dédoublement de raies d'émission. Puis, il s'agissait de mettre en place la méthode optique permettant de mesurer la constante de structure fine.

### 2.4.2 Commentaires généraux

Le sujet proposé, découpé en parties largement indépendantes, devait permettre aux candidats d'aborder un grand nombre de questions. Comme souvent, si la plupart des questions sont en effet traitées trop peu l'ont été correctement, alors même que le nombre limité de ces questions laissait du temps pour le faire.

Il est à intégrer que les correcteurs ont eu sous les yeux un certain nombre de copies qu'il serait possible de qualifier de brouillon. Il est rappelé à nouveau aux candidats qu'au-delà d'une certaine limite, cet aspect de leur copie rejaillira sur la note finale.

Les applications numériques ont fait perdre, cette année encore, un nombre de points considérables aux candidats ne traitant pas ces éléments de questions.

De manière générale, les questions nécessitant de faire des démonstrations de formules appliquées au cas spécifique du sujet (**Q1, Q2, Q6, Q16, Q17**) ont perturbé les candidats (sauf évidemment les meilleurs). La prise d'initiative est nécessaire dans ce genre de questions, et doit être faite posément : des réponses où les signes ne sont pas physiquement acceptables ou les préfacteurs faux sont insuffisantes.

Rappelons que l'analyse dimensionnelle ne permet que la vérification d'une expression ou l'obtention d'une grandeur caractéristique. Elle ne remplace pas la détermination exacte. Néanmoins les correcteurs peuvent prendre en compte un résultat obtenu de cette manière si le candidat n'en abuse pas.

Cette année encore, les candidats ayant une bonne maîtrise du cours de physique et des outils mathématiques liés, ont pu réussir cette épreuve. La capacité d'analyse des phénomènes physiques était également valorisée par certaines questions (**Q7, Q13, Q20, Q22**).

Si certains candidats ont bien réussi telle ou telle partie du sujet, trop peu ont satisfait à l'ensemble des parties.

### 2.4.3 Analyse détaillée des questions

#### Structure gravitationnelle d'une étoile binaire

Cette partie a souvent été abordée par les candidats. Les meilleurs candidats ont su appliquer les formules du cours au système spécifiquement étudié et ont donc trouvé les bons préfacteurs dans les formules et également de bonnes applications numériques.

**Q1** - Nombre de candidats n'ont pas appliqué la formule des forces gravitationnelles au cas spécifique du sujet. Les préfacteurs étaient donc faux. La détermination de l'énergie potentielle totale du système a également posé beaucoup de problèmes (notamment sur le signe).

**Q2** - Dans cette question une démonstration était requise. On ne pouvait appliquer la loi de Kepler directement.

**Q3** - Dans trop de copies, savoir que l'énergie mécanique est négative (constante nulle car énergie nulle à l'infinie) n'est pas associé à un état lié des deux astres.

**Q4** - La notion de référentiel galiléen n'est pas maîtrisée pour beaucoup de candidats. Il fallait « montrer » par une démonstration que le centre de gravité était en mouvement rectiligne uniforme en plus de la translation du référentiel.

**Q5** - Les meilleurs candidats connaissaient la définition du barycentre.

**Q6** - Question peu traitée.

**Q7** - Cette question était particulièrement intéressante, car elle permettait d'aborder les limites de la mesure via la considération de la diffraction. Intuiter le critère de Rayleigh a permis aux meilleurs candidats de récolter des points. Malheureusement, l'application numérique demandée dans une unité spécifique a bien souvent fait défaut.

**Q8** - Savoir calculer une différence de marche en configuration trous d'Young est une nécessité pour un futur ingénieur issu de la filière PC. Les candidats n'ont trop souvent pas exploité le schéma optique qui donnait un résultat classique.

**Q9** - Cette question a souvent été bien traitée.

**Q10** - Faire un schéma (juste) pour montrer le trajet optique est une obligation pour répondre à ce genre de question, car il évite de nombreuses erreurs. Le candidat qui connaît le critère de cohérence temporelle fait la démonstration d'un sens physique aiguisé.

**Q11** - Question qui permettait de récolter plusieurs points pour les meilleurs candidats habiles en calcul. Cependant, il ne faut pas perdre de vue les paramètres à expliciter qui sont demandés par la question pour obtenir tous les points.

**Q12** - Beaucoup de candidats n'ont pas su récolter les points de cette question qui était essentiellement de la dénomination de paramètres optiques du cours ainsi qu'une réflexion physique et qualitative sur le phénomène étudié.

**Q13** - Question très peu abordée.

### **La raie rouge de l'hydrogène**

Globalement les candidats se sont perdus dans le calcul des expressions. À noter les grandes difficultés à faire un développement limité correct.

**Q14** - Comme la question demande de « montrer », il fallait justifier rigoureusement la constance du moment cinétique et ne pas se contenter de parler de force centrale.

**Q15** - Les meilleurs candidats ont su trouver la bonne expression de l'énergie effective sans erreur de signe.

**Q16 - Q17** - De nombreuses erreurs de calcul.

**Q18** - Beaucoup de candidats ont su démarrer le calcul de dimensionnalité, mais ils n'ont pas su le mener à bien.

**Q19** - De très nombreux développements limités non corrects. Par ailleurs l'énergie au repos ( $E = mc^2$ ) est rarement identifiée.

**Q20** - Question peu abordée.

**Q21** - Les candidats qui savaient faire un schéma correct des trajets optiques dans un interféromètre de Michelson ont été grandement avantagés par cette question.

**Q22** - Ne pas savoir répondre à cette question correctement est un problème pour la réussite du candidat.

**Q23** - Il y a eu de nombreuses erreurs dans le préfacteur pour le calcul de la différence de marche en configuration lame d'air.

**Q24** - Cette question de calcul pouvait être traitée directement en partie grâce aux données de l'énoncé. Dommage que beaucoup de candidats n'aient pas su prendre ces points.

**Q25** - Question peu abordée.

#### 2.4.4 Conclusion

Les conclusions du rapport précédent sont toujours aussi pertinentes et d'actualité.

Par ailleurs, être agile dans le calcul formel et le calcul numérique en ordre de grandeur est un prérequis à toute personne souhaitant devenir ingénieur. Le jury apporte donc une grande importance à ces capacités qui nécessitent un entraînement minutieux.

Certains candidats amélioreront leurs résultats en se concentrant sur un nombre plus réduit de questions et en les traitant de manière plus complète.

La rédaction de ces questions doit être faite de manière claire et concise comme le précise le programme.

Pour ces raisons, le jury recommande aux candidats l'utilisation d'un brouillon qui permettra de poser leur raisonnement, de clarifier leur rédaction et de corriger les erreurs liées à une réponse impulsive.