

## 2.2 - Epreuves écrites

### 2.2. A - PHYSIQUE I - Filière MP

#### I) REMARQUES GENERALES

Le sujet abordait la gravitation et ses évolutions dans la formulation. Le sujet est composé de 32 questions réparties en 3 parties.

Chaque partie peut être traitée de façon indépendante.

La première partie propose une étude sur le principe d'équivalence aspect fondamental de la gravitation. Ce principe est mis en lumière à travers l'expérience d'Eötvös. Pour traiter convenablement cette partie, le candidat doit développer des outils de mécanique classique, principalement abordés en première année de formation préparatoire.

Une grande majorité des candidats a abordé cette partie, mais le succès reste très variable. La rigueur dans l'élaboration des réponses est souvent gage de réussite.

La deuxième partie a pour but de mettre en lumière le concept de matière noire et donc de proposer une correction de la gravitation. Un parallèle est proposé avec l'électromagnétisme pour mettre les candidats sur la piste de la solution. Malgré la similitude avec des concepts vus durant l'année, certains candidats ont lâché prise. La fin de cette partie a pour but de fournir une modification de la gravité en lien avec cette matière noire. Une maîtrise de l'analyse vectorielle fournit les éléments de réussite.

La dernière partie repose sur l'étude expérimentale GBAR, ou comment peser la matière noire mise en exergue à la partie deux. La partie relative au piégeage fait appel à des concepts et techniques de mécanique. L'étude de la trappe de Penning se base sur l'étude des équations du mouvement obtenues. Cette sous-partie fait appel pour beaucoup au sens physique du candidat. Pour terminer le sujet, les cinq dernières questions reposent sur la mesure de l'impact de la gravité sur l'antimatière.

Il est à noter que cette partie a souvent été peu traitée, malgré sa très grande indépendance et une attente calculatoire plus faible que les parties précédentes.

La gravitation, la mécanique, les forces électromagnétiques sont censées faire partie du bagage du physicien donc un regard critique sur les réponses est attendu.

Les consignes données par le sujet doivent être suivies : unité, expression et plus simplement ne pas oublier une partie de la réponse.

#### I) REMARQUES PARTICULIERES

Partie 1 :

Q.1 : L'énoncé du principe d'inertie est trop souvent erroné ou incomplet. Des confusions ont lieu

constante d'intégration souvent oubliée), l'énergie cinétique puis l'énergie mécanique. Les notations sont imposées par la consigne. Par exemple l'énergie cinétique ne se limite pas à  $E_k = \frac{1}{2}mv^2$ .

Q4. Le théorème de la puissance mécanique est souvent mal employé, ce dernier met en lien dérivée temporelle de l'énergie mécanique et les puissances de force. Bon nombre de tentatives vaines du calcul du travail de la force de frottement ont été constatées.

Q5. Là encore cette question faisait référence à des méthodes de première année. La qualification d'oscillateur pseudo-périodique s'obtient avec l'étude du discriminant de l'équation caractéristique de l'équation différentielle. Ce dernier se doit d'être négatif, c'est ainsi que la condition émerge. La mise en forme de la solution n'a semblé pas posé de problème mais la solution particulière est souvent omise ce qui fausse l'expression des constantes. L'expression de la pseudo-période faisant appel à un développement limité n'est pas assez exploitée pour obtenir la valeur de l'erreur relative.

Q6. Question trop souvent mal rédigée et mal justifiée. Une régression linéaire, correctement exposée, ou la constance du rapport des carrés ET de la différence des carrés, permettent de conclure. Pour l'application numérique, il est important d'avoir un regard critique sur les ordres de grandeur mis en place et l'unité est attendue, son **absence est donc sanctionnée**.

Q7. Cette question a souvent été confuse, soit les calculs posés n'aboutissent pas, soit ils sont erronés très rapidement. Il est à souligner que l'usage et donc le report sur la copie d'un schéma bien renseigné permet de poser les bases d'un calcul juste. Un calcul long, qui de surcroît avec des produits vectoriels, nécessite de la clarté et de la rigueur. Fractionner le calcul en plusieurs étapes peut s'avérer judicieux.

Q8. Pour aborder cette question il fallait avoir abouti à la Q7 (ce qui renforce l'importance d'un calcul méthodique). Là encore le produit vectoriel a posé des difficultés à plusieurs candidats. L'usage des relations trigonométriques peut être surprenant dans certains cas.

Q9. La combinaison des résultats de Q8 et Q6 permet de trouver facilement l'expression attendue. Il est regrettable que les applications numériques ne fassent pas l'objet systématique sur l'ordre de grandeur mis en œuvre. Là encore l'unité est souvent oubliée ayant le même effet que précédemment.

Q10. Cette question doit être traitée en regard de l'ensemble de la partie 1. Bon nombre de candidats ont proposé une réponse sans avoir une bribe de justification issue des questions précédentes.

Partie 2 :

Q11. Question bien traitée dans l'ensemble.

Q12. L'expression de la force n'a pas posé de problème. La démonstration de la planéité du mouvement est malheureusement souvent faite avec légèreté et liberté. La constante des aires est

Q16. Question assez technique, où beaucoup d'erreurs de calcul ont été relevées. La valeur de  $C$  obtenue n'est souvent pas exprimée dans les unités attendues.

Q17. La méthode d'obtention de la masse a échappé à nombre de candidats. Pour les valeurs proposées la mise en regard de la masse visible de la Voie Lactée est souvent pertinente.

Q18. Question traitée correctement dans l'ensemble.

Q19. Il est à regretter que les réponses sont souvent un calcul d'analyse vectorielle sans introduction des objets manipulés.

Q20. Question bien traitée par identification. Certaines copies ont fait appel à une analyse dimensionnelle, il est à rappeler qu'une analyse dimensionnelle a des règles d'écriture.

Q21. Question traitée sans trop de difficulté. Une discussion rapide de l'ordre de grandeur est bienvenue.

### Partie 3

Q22. De façon surprenante, certaines copies ne répondaient pas complètement en oubliant un des paramètres demandés. Le jeu d'équation permettant d'obtenir  $\alpha$  et  $\beta$  est souvent obtenu difficilement.

Q23. Question rarement faite correctement, malgré une difficulté modérée. Les rares propositions ne sont pas justifiées. Il est bon de rappeler, encore, que les graphiques doivent bénéficier d'un soin particulier.

Q24. L'équilibre de la position n'a pas posé de problème. Mais l'étude de la stabilité a souvent été omise même si cette étude fait appel à des techniques vues en première et seconde années.

Q25. Pour avancer dans cette question il fallait poser l'expression de la force subie par la particule dans un champ électromagnétique. La projection sur les trois axes et le changement de variable suggéré permettent d'aboutir sans difficulté. Il est à regretter, une nouvelle fois, que la maîtrise calculatoire a fait défaut à un certain nombre de candidats ayant abordé cette partie. La condition de piégeage est rarement obtenue ainsi que la valeur du champ.

Q26. Question rarement traitée. Si les calculs des pulsations ont pu être faits, l'exploitation pour en déduire la nature du mouvement est souvent absente.

Q27. Question souvent non traitée.

Q28. Cette question pouvait être traitée de façon indépendante des autres et était très abordable. Elle a souvent été oubliée même dans des copies peu fournies.

## CONCLUSION

L'ensemble de l'épreuve nous pousse à rappeler les conseils élémentaires aux futurs candidats :

Une épreuve est faite de plusieurs parties qui peuvent être de difficulté variable. Donc une lecture attentive de l'ensemble du sujet et ce dès le début de l'épreuve est judicieux.

Même si le sujet doit être traité de façon graduelle, le candidat peut ainsi « entrer » de nouveau dans le sujet en cas de blocage.

Au sein d'une même partie, les questions forment un ensemble qui a un but précis. Une connaissance de ce but permet de construire, sur plusieurs questions, son raisonnement.

Sur le plan technique, les calculs doivent être posés avec méthode et clarté, les outils mathématiques maîtrisés, les outils physiques énoncés précisément (hypothèses ...). Le résultat obtenu doit retenir l'attention quant à son ordre de grandeur, sa dimension, son unité, ceci peut mettre en lumière une erreur fortuite.

La qualité de la présentation est essentielle : des schémas clairs, une présentation organisée permettent une formulation plus aisée par le candidat. La force d'un schéma est souvent supérieure à un discours flou et éthéré.

Les réponses farfelues/non adaptées et les commentaires doivent être proscrits : ils nuisent à la qualité de la production.

Il est à regretter un certain nombre de copies dont la présentation rend l'œuvre de correction difficile au détriment du contenu parfois illisible. Une relecture attentive, même rapide, peut éviter des situations délicates.