

PHYSIQUE A

Durée : 4 heures

PRESENTATION DU SUJET

Le problème de Physique A de cette année, 2021, portait sur la thématique "Temps-Fréquence". Il s'agissait d'étudier différents systèmes permettant de mesurer le temps allant du calendrier lunaire, donc basé sur le repérage des phases de la lune vues depuis la Terre jusqu'à des oscillateurs électriques en passant par un oscillateur de relaxation hydraulique. Plusieurs parties du programme des deux années étaient donc abordées, mécanique, mécanique des fluides et électronique, avec même une petite excursion vers les mesures en travaux pratique. On comptait donc 6 parties indépendantes : ébauche de calendrier lunaire, pendule simple, pendule en rotation, oscillateur hydraulique, oscillateur de relaxation électronique et oscillateur quasi sinusoïdal.

Devant l'aggravation de la qualité de présentation des copies, il faut signaler aux futurs candidats que le manque de soin, et le traitement désordonné des questions seront sanctionnés.

Même si l'on peut regretter globalement des résultats inégaux et malheureusement assez souvent très insuffisants il faut quand même remarquer que quelques candidats ont pu traiter la presque totalité du sujet avec des notes excellentes. Il y a malheureusement un nombre trop important de copies indigentes. Une remarque générale concerne les schémas : les candidats n'en font pas systématiquement, et même ils en font peu, alors qu'ils sont essentiels pour bien savoir de quoi on parle et qu'ils sont une partie du raisonnement. En faisant le schéma relatif au texte, le cerveau assimile mieux ce que l'on étudie et exprime ce que l'on a compris du problème à étudier. C'est de toute façon une habitude essentielle pour la suite de leurs études, ce n'est pas que pour un concours.

Les figures doivent être complètes, avec toutes les grandeurs mises en jeu dans la question, les vecteurs unitaires, les angles, les intensités des courants orientés ou encore les tensions orientés ...

On retrouve encore trop souvent des égalités du type "vecteur = scalaire", en particulier pour la partie concernant la gravitation.

Il est important de bien vérifier l'homogénéité dans les formules (cas des calculs en complexe en électronique par exemple).

Première partie - Ébauche de calendrier lunaire.

On est surpris ici du très grand nombre de candidats qui ne connaissent pas la loi de gravitation !

Comme déjà indiqué ils ne font pas de schéma ni ne décrivent correctement le repère de travail. Travail très approximatif pour ce qui est de la mise en équation. Le référentiel géocentrique a rarement été donné et/ou bien défini.

Attention quand même aux ordres de grandeur : la période de rotation de la Lune autour de la Terre

$T_L = 10^{-13}$ s, le Soleil fait le tour de la Terre en 1 jour !

L'étude des symétries/invariances du champ gravitationnel a été bien traitée par la plupart des candidats. Soulignons qu'un moment cinétique constant n'implique pas forcément une vitesse constante, et il ne faut pas aussi confondre module constant avec vecteur vitesse constant.

Deuxième partie – Le pendule pesant

A la question Q7 le schéma est donc très souvent absent et beaucoup de candidats oublient de prendre en compte la force exercée par la tige sur la masse m . Par suite d'erreurs de projection des équations de la mécanique, un nombre quand même non négligeable de candidats arrivent à l'équation différentielle

$\frac{g}{l} \theta = 0$ et en déduisent sans sourciller que $\theta = \theta_0 \cos(\omega t)$!

On a trouvé pas mal de variantes pour le pendule de Foucault : de Newton, d'Euler, de Richter, de Huyghens, d'Helmholtz, de Galilée, de Coriolis, de Toulouse, d'Athènes, de Michelson, du Panthéon, pendule quantique ... parfois des choses très farfelues.

Troisième partie – Pendule en rotation

On note ici des confusions entre le théorème de l'énergie cinétique et le théorème du moment cinétique. On retrouve le même type d'erreur pour l'équation différentielle du mouvement, qui est obtenue avec erreur de signe mais qui conduit comme par miracle à la bonne solution.

Assez souvent les candidats donnent l'expression du moment d'inertie $J = Mr^2$ alors qu'aucune hypothèse n'est faite dans le texte qui puisse les inciter à le faire. Et d'ailleurs, sur la Figure F2 la structure du balancier ne va pas du tout dans ce sens ; il était pourtant si simple de donner un nom au moment d'inertie.

Quatrième partie – Oscillateur hydraulique

Il manque souvent une ou plusieurs conditions d'application de la relation de Bernoulli, et quelques relations de Bernoulli sont de formes surprenantes.

Un certain nombre de candidats ont appliqué cette relation au cas de la phase de remplissage, alors que des schémas bien fait leur aurait montré que le système traité dans cette question n'avait aucun rapport avec ce qui peut être modélisé par la relation en question. Il y a eu des raisonnements un peu fantaisistes pour expliquer que l'eau ne montait pas dans le tube !

La partie sur la phase de vidange a été bien traitée par un assez grand nombre de candidats contrastant avec des raisonnements surprenants pour d'autres.

Cinquième partie – oscillateur de relaxation en électronique

Bien que les questions concernant les caractéristiques des amplificateurs linéaires intégrés ait été posée assez souvent ces dernières années il y a toujours beaucoup d'erreurs sur les impédances d'entrée et de sortie avec une confusion récurrente entre l'impédance d'entrée de l'ALI qui est infinie, et celle de sortie qui est nulle.

On trouve parfois que l'amplificateur idéal a une tension infinie à l'entrée et une tension nulle en sortie, ou bien un courant infini à la sortie.

Des notions de base sur les quadripôles sont indispensables. Pour certains les tensions d'alimentation +15V/-15V font partie des caractéristiques de l'amplificateur idéal.

On note aussi cette année une sorte de "fixation" sur les tensions de saturation souvent données en lien avec les caractéristiques de l'amplificateur idéal (mais aussi réel).

Les ordres de grandeurs sont très mal connus.

Beaucoup parlent du slew-rate mais pas du comportement fréquentiel (type premier ordre au minimum) dont on devait parler à la question sur les caractéristiques de l'amplificateur réel mais aussi l'évoquer à la question Q43. Et l'effet du slew-rate était cette fois quand même bien visible sur la figure F8.

Pour l'amplificateur opérationnel réel, on trouve assez souvent une description du comportement en fréquence par une équation différentielle du premier ordre (sans ordre de grandeur) : l'intérêt est limité, ce n'est qu'avec beaucoup de pratique que cette correspondante est vraiment évidente pour l'esprit. Ce passage d'une forme à l'autre est souvent pour les candidats plus une technique de calcul vide de sens qu'une connaissance maîtrisée. Parfois cela leur complique leur démonstration. Il faut éviter les actions "automatiques" dans les calculs, et travailler avec du bon sens.

La partie sur le cycle d'hystérésis a en général été assez mal traitée, avec soit il n'y a aucun raisonnement soit c'est un raisonnement compliqué partant de l'état final de l'amplificateur pour revenir à ce qu'il s'était passé. Il était très simple d'utiliser simplement la question telle qu'elle était posée : la tension d'entrée croît à partir de $-15V$. À partir de là on indique ce que cela entraîne pour l'état du comparateur, pourquoi la sortie peut changer d'état et on arrive à la tension de basculement sans aucune difficulté et en plus avec le bon sens de parcours sur le cycle. Le raisonnement consistant à partir de la sortie

(hypothèse $V_s = -15V$ par exemple) pour trouver quelle doit être la tension d'entrée conduit trop souvent à des erreurs.

L'oscillateur de relaxation n'a dans l'ensemble pas été bien étudié. La figure F8, un enregistrement expérimental donc, a été mal exploitée, les candidats se contentant souvent d'accoler les résultats des questions précédentes sans faire les mesures de période, de tension de basculement, de tension de saturation, sans observer les pentes du signal de sortie ...

Cinquième partie – oscillateur quasi sinusoïdal

Au lieu d'appliquer le théorème de Millman il est très simple d'appliquer la loi des nœuds tout simplement. On a trop l'habitude de raisonner sur les tensions alors que faire des calculs en utilisant les courants est souvent bien avantageux.

A la question Q45, le calcul de la fonction de transfert du filtre est assez souvent bien mené en utilisant à bon escient les admittances puis impédances, c'est là une surprise agréable.

Dans la question Q48 l'établissement de la fonction de transfert de l'amplificateur non-inverseur, et celui inverseur, a été bien traité par presque tous les candidats (mais ça reste quand même du cours de base), mais certains candidats ont quand même eu du mal à la faire correctement.

En revanche pour la question Q49 il y eu très peu de bonnes réponses, celles fournies étant souvent fantaisistes (surtout pour le cas 2), parfois même avec des impédances sans dimensions. Là encore rappelons qu'avoir des notions de base sur les quadripôles est indispensable. Il y a beaucoup d'expressions inhomogènes pour les impédances d'entrée car souvent confondues avec le gain.

A la question Q55 il fallait aussi mentionner le produit gain-bande qui peut limiter la fréquence d'oscillation.

La formule donnant l'expression de la résistance d'un conducteur n'est globalement pas bien connue.

Mentionnons quelques études bien faites sur la capacité parasite d'une inductance allant jusqu'au bon schéma équivalent où elle est placée en parallèle sur l'inductance et sa résistance série. Cependant les capacités parasites de spires adjacentes ont été très souvent vues comme placées en parallèle au lieu d'en série.

Un petit nombre de candidats sont allés jusqu'à la fin du problème abordant les questions relatives à la stabilité de l'oscillateur et les traitant correctement jusqu'au bout (question Q63 à Q68). Ce fut là aussi une bonne surprise.

En conclusion, avec peu d'originalité, nous dirons qu'il faut travailler avec soin, répondre en réfléchissant et bien connaître les notions de base du cours. Le minimum de sens physique permet de ne pas faire de trop grosses erreurs.