

PHYSIQUE A

Durée : 4 heures

PRESENTATION DU SUJET

L'épreuve PHYS A 2020 étudiait certains aspects théoriques et pratiques de la détection des ondes gravitationnelles telle que celle réalisée par VIRGO en 2014-2015. Elle était constituée de 3 parties largement indépendantes.

La première partie proposait un modèle dynamique simple pour deux corps massifs en interaction gravitationnelle qui, par leur mouvement relatif, émettent des ondes gravitationnelles. La deuxième partie portait sur le détecteur dont le principe est celui d'un interféromètre de Michelson amélioré par un montage Fabry-Perot (pour lequel aucun prérequis n'était nécessaire). La troisième partie s'intéressait à une limitation amenée par le caractère non parfait des miroirs constituant l'interféromètre.

Les parties du programme questionnées dans l'épreuve étaient respectivement : la mécanique de première année, l'analogie gravitation-électrostatique, l'optique ondulatoire et divers chapitres du cours d'électromagnétisme.

REMARQUES GENERALES

Le sujet a posé de grosses difficultés à une large majorité de candidats.

Les très bonnes copies se sont faites rares et a contrario des copies de niveau très faible ont été beaucoup plus nombreuses que lors des années passées.

Si on peut comprendre que certaines questions aient pu déstabiliser des étudiants, le sujet comportait beaucoup de questions proches du cours (voir de cours). Force est de constater que de nombreux points basiques de cours ne sont pas maîtrisés à des niveaux divers :

- La force d'interaction coulombienne n'est pas connue (et souvent aussi la force d'interaction gravitationnelle)
- La cinématique du point s'avère souvent fantaisiste (définition d'un mouvement uniforme liée à la nullité de l'accélération, obtention erronée d'un vecteur vitesse ou accélération dans un système de coordonnées choisi)
- Les vecteurs sont par ailleurs des êtres mathématiques mal connus à qui l'on fait dire n'importe quoi (leur dérivée temporelle a amené souvent des calculs grossièrement faux)
- Le principe d'un interféromètre de Michelson n'est pas maîtrisé
- Les différences de marche et les différences de phase se confondent trop souvent (voir se mélangent)
- La formule de Fresnel est rarement sue
- Les différences entre une onde stationnaire et une onde progressive sont inconnues
- Les comparaisons entre grandeurs n'ayant pas la même dimension ont abondé
- Les unités de grandeurs physiques de base sont rarement sues (champ électrique en particulier)

ANALYSE PAR PARTIE

Partie I

Cette partie a été largement abordée par les candidats mais rarement menée intégralement avec succès. Malgré une approche très guidée pour amener au théorème de Gauss gravitationnel, le début fut très inégalement réussi.

La suite relevait de la mécanique en présence d'un champ de forces centrales. Malheureusement le formalisme mathématique propre à la mécanique a fait défaut à une très large majorité. Aussi la plupart des considérations cinématiques ont amené des calculs et des raisonnements aberrants. Les résultats essentiels sur un mouvement circulaire en présence d'une force gravitationnelle n'étaient pas connus avec suffisamment de précision par trop de candidats.

Le théorème de l'énergie mécanique n'est pas assez connu et peu de candidats ont fait le lien avec la puissance perdue par émission d'ondes gravitationnelles pour obtenir l'équation différentielle demandée sur la fréquence.

Partie II

Le début de l'épreuve relevait de questions de cours sur l'interféromètre de Michelson. Le jury a été désagréablement surpris par la faible maîtrise de la connaissance cet instrument étudié en cours et en TP. On peut citer le rôle de la compensatrice qui est un mystère pour une majorité d'étudiants dont un nombre non négligeable pense qu'elle forme avec la séparatrice la fameuse « lame d'air » du Michelson. Les confusions ont abondé dans les calculs de différence de marche et rares sont les étudiants connaissant la formule de Fresnel. De fait la partie B fut de loin la plus mal réussie.

La partie D étudiait une cavité électromagnétique unidimensionnelle et pouvait être considérée dans une très large mesure comme une application très directe du cours. Elle fut en fait une source de difficultés pour beaucoup d'étudiants la définition d'une onde stationnaire est mal sue, la définition d'un conducteur parfait se résume à la nullité de la densité volumique de charge, la notion de mode propre est généralement inconnue.

Partie III

Là encore les premières questions relevaient de questions de cours sur l'OPPH. Malheureusement les relations liant champ électrique et magnétique ou la définition du vecteur de Poynting sont souvent fantaisistes, les unités d'un champ électrique sont inconnues, la distinction entre représentation complexe et grandeur réelle est inexistant dans l'esprit d'une majorité de candidats (ce qui entraîne des calculs exotiques lors de manipulations de grandeurs énergétiques). Bien que très abordable, cette partie a été plutôt très mal réussie par les candidats qui l'ont abordé.

Le jury ne peut que rappeler combien un apprentissage rigoureux du cours et une maîtrise minimale des outils mathématiques sont des attendus incontournables à ce niveau d'étude et dans la perspective d'un concours d'entrée dans une grande école d'ingénieurs.

PHYSIQUE B

Durée : 4 heures

Sujet de Chimie : durée : 2 heures

PRÉSENTATION DU SUJET

En 2020, le thème du sujet de chimie concernait l'azote, traité en 5 grandes parties.

Les conseils et les remarques qui suivent viennent compléter les recommandations formulées les années précédentes, et visent à aider les futurs candidats pour améliorer la qualité de leurs prestations écrites. Les candidats doivent être conscients que seule une réponse justifiée et argumentée est récompensée par l'intégralité des points associés à la question. Ils doivent également être conscients qu'une valeur numérique sans unité n'a pas de sens et ne peut pas être créditée.

De manière générale, les candidats ont bien suivi les consignes concernant la présentation et ont accordé plutôt un grand soin à la rédaction. Il est toutefois à noter qu'un grand nombre de fautes d'orthographe et de syntaxe existent dans les réponses nécessitant une rédaction. Il est donc recommandé aux futurs candidats de faire preuve de rigueur aussi bien au niveau scientifique que rédactionnel et de prêter une attention toute particulière aux calculs d'ordre de grandeur.

La première partie concernait la thermodynamique chimique associée à la synthèse de l'ammoniac par un procédé industriel. Cet exercice a été globalement bien traité par les candidats. Certains candidats, peu attentifs, n'ont pas respecté la consigne d'écrire la réaction chimique pour une mole de diazote, ce qui a en conséquence impacté les réponses suivantes. De plus, l'écriture des représentations de Lewis reste assez fantaisiste, même pour une molécule ne posant aucune difficulté particulière.

La deuxième partie consistait à établir le diagramme potentiel-pH de l'azote en solution aqueuse. La notion d'acide fort et son implication pour les valeurs de pKa est peu connue des candidats. Les écritures des équations d'oxydo-réduction sont globalement maîtrisées. Beaucoup de candidats ont bien identifié la réaction de dismutation. Si la réaction d'oxydation du cuivre par les ions nitrates est assez bien traitée, peu de candidats ont réussi à calculer la quantité de matière des produits de la réaction et à identifier le gaz dégagé.

La troisième partie traitait de la cristallographie du nitrure de titane. La description des mailles est connue mais celle des sites octaédriques est souvent mal effectuée. Les candidats confondent également les notions de compacité et de coordinence. Le calcul de la masse volumique a été peu réussi, et une évaluation qualitative critique des résultats obtenus a été rarement produite. Relativement peu de candidats ont déduit des informations cristallographiques une taille correcte pour les sites octaédriques de la maille, et la possibilité pour les atomes d'azote de les occuper.

La quatrième partie traitait du dosage acido-basique d'un acide faible par une base forte. Cet exercice, quoique se référant à des notions appréhendées dans l'enseignement secondaire, a été généralement traité de façon peu rigoureuse. En particulier, l'écriture du dosage acido-basique n'est pas maîtrisée : ces notions de base doivent faire partie du bagage du futur ingénieur.

La dernière partie, qui portait sur le dosage indirect par oxydo-réduction des nitrates contenus dans l'eau est une partie qui a été moins traitée par les candidats, probablement par manque de temps. Les candidats qui ont répondu aux questions l'ont fait de façon correcte.

Le jury a eu le plaisir à nouveau cette année de lire quelques excellentes copies. Il félicite vivement ces candidats pour la précision et la rigueur de leur analyse.

Sujet de Thermodynamique
(Durée : 2 heures)

PRESENTATION DE L'ÉPREUVE

L'épreuve est longue mais balaye une grande partie du programme. Les candidats ont ainsi pu montrer leurs connaissances. Les candidats n'ont pas le droit à la calculatrice. Le problème porte sur l'étude d'un réseau urbain de chaleur et est séparé en 4 parties dont le barème est donné dans l'énoncé. La première partie porte sur la production et sur le cycle d'une machine à vapeur, la deuxième sur l'amélioration de ce cycle. La troisième partie porte sur la consommation d'énergie et de la biomasse, la quatrième sur la distribution avec un échangeur. La première partie est la partie la mieux traitée, néanmoins certains candidats n'ont pas pu tracer le cycle et ont des notes faibles. La troisième partie est la partie la moins bien comprise. Certains candidats peu nombreux ont traité l'ensemble des questions du sujet.

REMARQUES ET RECOMMANDATIONS

Sur la forme, l'utilisation d'une encre trop claire, souvent d'un bleu délavé, est encore trop fréquente. Les candidats perdent bêtement les points de présentation. Concernant la rédaction, elle est trop souvent télégraphique, l'utilisation d'abréviations et d'acronymes trop systématiques.

Les questions avec application numérique sont trop souvent expédiées: les candidats considèrent trop souvent que seul le résultat compte. Les calculs ont des précisions aléatoires (les deux chiffres demandés trop peu souvent respectés). Les calculs intermédiaires sont souvent absents. Si le correcteur souhaite contrôler la réponse, il doit prendre la calculatrice. Le résultat est parfois parachuté sans démonstration (exemple: $\eta = 0,24$ comme seule réponse). Certains, heureusement rares, rédigent leur composition en n'utilisant que des valeurs numériques, sans, à aucun moment, identifier les nombres engagés. Un résultat numérique appelle parfois à être commenté. Sans unité, le résultat n'apporte aucun point.

Beaucoup d'expressions s'écrivent avec des variables sans signification (q , w , etc.). Il y a des étapes dans le cycle, pourquoi ne pas utiliser des indices : q_{BE} , $w_{i,AB}$, etc. ?

Q1. Souvent bien traitée. Certains ne connaissent pas les identités thermodynamiques ou confondent avec le 1^{er} principe. Ces expressions sont faciles à retrouver. Incompressible n'implique pas $dP=0$! Certains utilisent l'équation d'État du gaz parfait (GP) ou la loi de Laplace alors que la phase est condensée.

Q2. Souvent bien traitée. Attention, certains ne remarquent pas la graduation logarithmique. Les tracés sont parfois peu soignés (partie turbines) et les relevés incertains.

Q3. On utilise les lois de Joule du GP et l'expression du travail lié aux forces pressantes $\delta W_{press} = -P_{ext} dV$ sans réfléchir. Beaucoup d'erreurs dans les puissances de 10. Beaucoup de confusions : $v\Delta p$ est trop peu souvent utilisé et l'imprécision sur Δh pas remarquée. L'utilisation de la loi énergétique sur les systèmes ouverts est souvent escamotée ou incomplète. Il faut préciser les hypothèses pour la simplifier.

Q4. Souvent correcte. Dans cette épreuve réservée aux machines, il ne faut pas oublier la loi énergétique sur les systèmes ouverts. Traiter le problème en n'utilisant que la thermodynamique des systèmes fermés conduit rapidement dans l'impasse. Il faut utiliser les enthalpies. Étourderie malheureuse souvent rencontrée: $Q = c \times \Delta T$ alors qu'il se produit un changement d'état.

- Q5. Trop de candidats restent généraux et ne rentrent pas dans la détermination du rendement. Quelques résultats fantaisistes (trop petits ou supérieurs à 1) non relevés par leurs auteurs. Pas de précision pour Q_c avec des lettres. Une phrase sur le fait de négliger le travail de compression W_{AB} était attendue (travail fourni). On ne demandait pas une démonstration pour le rendement maximal de Carnot. On apprend parfois qu'il n'y a pas de partie mobile dans la turbine.
- Q6. Globalement bien traitée.
- Q7. On n'attendait pas un rapport de longueurs en cm. On retrouve des résultats aberrants non contrôlés (exemple: un titre molaire $x = 350$). Trop peu complet.
- Q8. Souvent extrêmement mal traitée. Trop de température en °C, pas de raisonnement complet, beaucoup d'oubli dans la démonstration pour les parties isentropiques du cycle.
- Q9. Globalement bien traitée quand la question est abordée.
- Q10. Certains ne prennent en compte ni le travail dans la partie basse pression ni le nouveau chauffage. Une comparaison par rapport au rendement précédent était attendu. Des rendements négatifs sont parfois retrouvés.
- Q11. Trop de paraphrases, il faut expliciter le risque. Utilisation par certains d'un vocabulaire et d'une orthographe inadaptés: érosion, obage, compresseur, condenseur, cavitation.
- Q12. Question souvent mal comprise et donc mal traitée. Beaucoup ne convertissent pas les tonnes par heure en kg par minute. On retrouve des étourderies dues au manque de concentration: $1h=60$ s.
- Q13. Plusieurs réponses possibles selon les valeurs prises. Beaucoup de raisonnements faux ou incompréhensibles. Beaucoup d'erreurs dans les puissances de 10. Trop de candidats concluent sur la qualité de l'isolation des logements sans remarquer qu'ils peuvent être occupés par plus d'un habitant (manque de bon sens).
- Q14. Plusieurs réponses possibles selon les valeurs prises. Beaucoup de raisonnements faux ou incompréhensibles. La combustion de bois est émettrice de CO_2 : trop peu de candidats le mentionnent. Pour avoir une économie de CO_2 effective, il faut replanter c'est à dire prendre du bois issu d'une forêt en gestion durable: la déforestation est trop souvent indiquée comme inconvénient. Les calculs de rejet souvent corrects ne donnent pas assez lieu à une conclusion pertinente.
- Q15. Beaucoup d'erreurs de calculs. Étourderie malheureuse souvent rencontrée: $Q = c \times \Delta T$ alors qu'il se produit un changement d'état. Beaucoup confondent débit massique et débit volumique et oublient de multiplier leurs résultats par la masse volumique.
- Q16. Souvent correcte. Des expressions malheureuses apparaissent: « le fluide chaud perd sa température »
- Q17. Beaucoup n'utilisent pas les indications de l'énoncé et ne remarquent pas que $T_f(0) > T_c(D)$. On apprend que, dans les échangeurs à co-courant, la chaleur finit par diffuser du froid vers le chaud (au mépris du second principe) ou que le fluide s'arrête de s'écouler ou que les fluides se mélangent.
- Q18. On retrouve le bon, la bête et le truand, et au mieux des démonstrations sibyllines basées sur le résultat fourni. Manque de rigueur pour arriver à la bonne réponse en ne faisant parfois qu'un seul bilan local sans préciser le système sur lequel il est appliqué. Les expressions différentielles ne sont

pas toujours homogènes, les erreurs de signe presque systématiques pour le fluide froid qui reçoit un transfert thermique positif entre $x+dx$ et x et non pas entre x et $x+dx$.

Q19. Beaucoup d'heureuses erreurs de signe pour arriver à la bonne réponse en ne faisant parfois qu'un seul bilan global sans préciser le système sur lequel il est appliqué.

Q20. Trop peu de développement pratique sur le cas étudié: le signe réel de α n'est que trop peu déterminé explicitement alors que les températures extrémales sont données.

Q21. Globalement bien traitée. Quelques heureuses erreurs de signe pour arriver au bon résultat...

Q22. Beaucoup aboutissent à un résultat erroné ou sans la bonne unité, d'autres ne le commentent pas. Calculs souvent imprécis, peu posés sur les copies.