

2 – PHYSIQUE

2.1 – Epreuves orales

2.1.B – PHYSIQUE - Filière PC

I) Remarques générales

Les impressions qui se dégagent à l'occasion de cette session du Concours Commun Mines-Ponts prolongent les constatations faites depuis la mise en place de la Réforme des Classes Préparatoires aux Grandes Ecoles. Toutefois, la prestation des candidats a pu parfois être jugée décevante au regard des attentes.

"L'esprit PC" est certes désormais une réalité dont on peut se réjouir : les questions relatives aux ordres de grandeur, l'analyse dimensionnelle, les applications pratiques, les discussions de protocoles expérimentaux trouvent un écho plutôt favorable. Il n'est pas rare que les Travaux Pratiques de l'année, voire une culture acquise à l'occasion des T.I.P.E. soient mis à profit, notamment pour étayer une éventuelle question de cours : cela étant, des progrès peuvent encore être accomplis pour réaliser une authentique et nécessaire fusion de ces approches.

Cependant, il faut que les candidats soient bien persuadés de la nécessité d'une aisance technique minimale, absente parfois de façon inquiétante : outre son caractère structurant, elle est nécessairement sollicitée à l'occasion d'une analyse quantitative, conduisant à un résultat chiffré dont la cohérence et l'adéquation avec l'expérience devront être argumentés. La phase de mise en équations reste un élément d'appréciation fondamental de la prestation : le manque de rigueur dans l'écriture d'un bilan (application des principes de la thermodynamique, du principe fondamental de la dynamique...) ne peut entraîner la confiance indispensable à l'égard d'un candidat qui aspire au métier d'ingénieur ou de chercheur et qui, à ce titre, devra apporter la preuve de sa fiabilité.

Cela étant, avant toute exposition quantitative du sujet, le Jury attend une analyse physique du sujet, le choix argumenté d'une méthode précédant une résolution adaptée au problème posé. A cet égard, rappelons qu'une bonne note peut être obtenue sans qu'il soit systématiquement attendu un résultat définitif et encadré au tableau : ce peut être le cas d'un exercice "ouvert" ou recelant des difficultés techniques qui n'empêchent nullement une discussion avec l'examineur, étayée le cas échéant par des analogies ou des ordres de grandeurs pertinents.

II) Remarques particulières

Thermodynamique et diffusion

On note toujours des lacunes dans les calculs de variation d'entropie et dans l'évaluation de S_{irr} , en particulier lors des changements d'état.

Il subsiste encore la confusion entre, d'une part, l'application des principes de la thermodynamique et, d'autre part, l'identité thermodynamique fondamentale (I.T.F.) dont la fonction principale est, en introduisant les coefficients adaptés aux variables choisies, d'obtenir les fonctions d'état à l'équilibre pour un fluide donné : celles-ci n'équivalent à l'I.T.F. que dans leurs variables naturelles (fonctions caractéristiques).

Les machines thermiques réelles sont souvent mieux connues : on sort enfin de cycles parfaits et conceptuels pour se rapprocher de la réalité quotidienne.

Des progrès sont encore à faire : il faut savoir pourquoi une machine frigorifique doit être "branchée" au secteur pour fonctionner !

L'étude du corps pur sous 2 phases est encore assez mal comprise : en particulier, il est utile de se souvenir que la chaleur latente de vaporisation $L_v(T) = h_v[T, P_v(T)] - h_l[T, P_v(T)]$ est définie par une variation d'enthalpie (à la température T et à la pression de vapeur saturante $P_v(T)$) entre le liquide saturé et la vapeur saturée.

Des ordres de grandeur sur la chaleur latente de vaporisation de l'eau et la capacité calorifique de l'eau liquide et vapeur sont attendus : on note à cet égard que ces grandeurs sont mieux connues.

Electronique, électrocinétique

L'étude de montages à A.O., ou pouvant comporter des diodes, avec une application concrète au bout, peut être soumise aux candidats.

On attend également que la culture acquise en travaux pratiques pour réaliser des fonctionnalités simples puisse être utilisée, lors de la discussion de protocoles expérimentaux. Par exemple, les fonctions de redressement, de filtrage ou la possibilité de réaliser des oscillateurs sont précieuses.

Là encore, les difficultés concrètes éventuelles à l'occasion de l'utilisation de ces montages, sont un élément de discussion.

Optique

Les candidats doivent être conscients que les éléments d'optique géométrique du programme sont indispensables à l'élaboration de montages réels d'optique interférentielle : les problèmes de mise au point, rencontrés en Travaux Pratiques, peuvent faire l'objet d'une discussion avec l'examineur.

Ainsi, la présence d'une lentille de projection avec observation dans le plan focal image de celle-ci dérouté quelques candidats qui ne savent alors plus évaluer la différence de marche entre les rayons au point d'observation. L'interféromètre de Michelson n'est pas souvent compris comme un outil performant de spectrométrie interférentielle : là aussi, les problèmes concrets de l'utilisation de l'interférogramme et de son traitement élémentaire sont susceptibles de faire l'objet de questions. La comparaison chiffrée des performances de plusieurs dispositifs " spectrométriques " (i.e. destinés à la mesure de longueurs d'onde) peut également être sollicitée : à cet égard, les candidats ne perçoivent pas toujours que l'un des intérêts majeurs de l'interféromètre de Michelson est de pouvoir observer des interférences en source spatialement étendue (sans limitation si l'interféromètre est réglé en " anneaux "), le prix à payer résidant dans le fait que les franges sont alors localisées.

Pour ce qui concerne la diffraction en source ponctuelle monochromatique, les candidats n'ont pas toujours assimilé que le principe d'Huygens-Fresnel ramène le calcul de l'amplitude complexe $\underline{s}(P, t) = \underline{A}(P)e^{j\omega t}$ au point d'observation P à un problème d'interférences dont la formule mathématique (en diffraction de Fraunhöffer, éclairé par une onde plane, $\underline{A}(P)$ est proportionnelle à la transformée de Fourier de la transmittance complexe $\tau(M)$) n'en est que la traduction formelle, résultant de la sommation continue des amplitudes complexes $\{\underline{A}_M(P)\}_{M \in Oxy}$ émises par les sources secondaires pavant la pupille.

A cet égard, la largeur angulaire caractéristique $\delta i_x \approx \frac{\lambda}{a}$, en diffraction de Fraunhöffer pour un objet de dimension caractéristique a selon Ox éclairé par une onde plane monochromatique, est un résultat clef du cours. Cela n'empêche pas une discussion plus quantitative qui pourra soutenir une analyse qualitative préalable : ainsi, certains candidats découvrent-ils qu'un miroir " parabolique " (plutôt que sphérique) de diamètre d'ouverture D se comporte en réflexion, quand on observe dans son plan focal image, comme un trou de même diamètre en transmission, quand on observe dans le plan focal d'une lentille mince convergente.

Enfin, une argumentation qualitative relative à l'influence de la turbulence atmosphérique sur les observations astronomiques est souhaitable.

Electromagnétisme

L'obtention de la permittivité diélectrique complexe dans le modèle de l'électron élastiquement lié est parfois l'objet de contresens, quand ce n'est pas la question elle-même qui n'est pas comprise. Indiquons que des ordres de grandeur caractéristiques sont attendus à cette occasion.

Le dipôle rayonnant est mieux compris, surtout l'idée que son domaine de validité est disjoint, dans la zone de rayonnement, de celui du dipôle électrostatique : mais peu de candidats font un lien structuré entre la formule de Larmor et la modélisation du rayonnement par une force visqueuse sur l'électron.

En complément d'une interprétation ondulatoire dans le cadre strict du programme, les candidats peuvent se diriger vers une interprétation corpusculaire souvent précieuse : le cas échéant, celle-ci peut être sollicitée par le Jury, qui rappellera à cette occasion l'énergie $E = h\nu$ et la quantité de mouvement $\frac{h\nu}{c}$ associées à chacun des photons formant une onde plane progressive monochromatique de fréquence ν , résultat qui s'avère d'ailleurs souvent un élément de culture générale des candidats.

En induction, rappelons que la loi de Lenz est un outil précieux d'analyse qualitative préalable. Par ailleurs, les interprétations énergétiques sont souvent mal conduites : rappelons qu'il est toujours possible de les construire par un bilan "ad hoc" à partir des équations électriques et mécaniques.

Mécanique du point et gravitation

Les forces d'inertie sont souvent fausses, faute de la rigueur nécessaire : en la matière, des lacunes ou des hésitations sur le calcul de forces d'inertie d'entraînement associées à un point matériel, dans un référentiel non galiléen en translation ou en rotation uniforme dans un référentiel galiléen, sont très mal perçues.

Les mouvements à force centrale sont souvent insuffisamment dominés, en particulier en ce qui concerne la réduction au point matériel fictif du système isolé à 2 corps.

Le rayon du soleil devrait pouvoir être approché. Quant à celui de la lune, l'événement très médiatisé de l'éclipse solaire du 11 août 1999 devrait permettre des progrès sensibles sur l'obtention de son ordre de grandeur...

Le "terme de marée" est parfois livré en pâture à l'examineur sans que ses différents termes soient clairement interprétés : la généralité du phénomène de marée est rarement comprise (à l'occasion du problème de la désintégration d'un satellite par exemple).

Des progrès ont été notés concernant les ordres de grandeur typiques relatifs aux particules élémentaires : répétons que le cours d'atomistique de chimie peut se révéler une excellente référence. Ainsi, l'ordre de grandeur du moment cinétique pourrait-il être rattaché directement à la constante de Planck réduite : mais qu'au moins les lois de la mécanique classique sur une trajectoire circulaire de l'ordre de $10^{-10} m$, appliquées à l'électron en orbite autour du noyau d'un atome d'hydrogène, permettent de retrouver son ordre de grandeur, ainsi que celui du moment magnétique orbital.

Mécanique du solide

Rappelons qu'une phase essentielle est le choix d'une méthode.

De la même manière, l'absence de glissement des fils sur des poulies ne conduit pas spontanément à une méthode énergétique.

Comme chaque année, rappelons que la tension du fil exercée au niveau d'une poulie par un fil sans masse relié à une masselotte en translation verticale ne se réduit pas au seul poids de celle-ci, en raison de son accélération : cette faute est considérée comme grave. Il en est de même lorsque les tensions de part et d'autre d'une poulie en rotation, de masse non nulle, sont considérées à tort comme égales.

Signalons que les candidats bâclant des schémas, ne représentant pas les forces et donnant des théorèmes incomplets, perdent toute chance d'aboutir dans un exercice de mécanique du solide, quel qu'il soit.

Statique et dynamique des fluides

Alors que l'équation d'Euler est plutôt bien maîtrisée, l'application de l'équation de Bernoulli vient souvent spontanément à l'esprit des candidats mais ils en oublient parfois le domaine de validité : la stationnarité et l'incompressibilité notamment.

Les effets de viscosité sont souvent bien perçus mais ils ne s'accompagnent d'aucun ordre de grandeur, pour l'eau par exemple dans les conditions normales ou même pour un gaz (le coefficient de viscosité cinématique s'identifie alors au coefficient d'autodiffusion, accessible dans le modèle des sphères dures).

En revanche, les ordres de grandeur de diffusivités ou de conductivité thermiques sont presque toujours absents.

Les bilans de grandeurs extensives sont parfois bien conduits, en suivant un système fermé, lorsque les candidats ne se réfugient pas dans un formalisme qu'ils ne maîtrisent pas : mais cela prend souvent beaucoup trop de temps.

Enfin, la condition d'annulation de la vitesse du fluide dans R sur une paroi fixe dans R (en tenant compte des effets de viscosité) n'est pas interprétée physiquement.

Physique des ondes

Le préambule du programme, relatif à la Physique des ondes, indique que son enseignement "permet une approche synthétique : les concepts unificateurs sont introduits sur un exemple et utilisés ensuite dans d'autres

cas". Ainsi, la très fructueuse notion d'impédance caractéristique, introduite dans le cadre des ondes sonores, pourrait-elle être généralisée avec profit (par analogie), notamment lors de la propagation d'ondes électromagnétiques planes progressives dans le vide ou dans un milieu homogène d'indice n , ainsi que dans de nombreux autres problèmes.

Les ondes sonores sont parfois par ailleurs l'occasion de justifications maladroites, alors que la linéarisation des équations de l'hydrodynamique au voisinage de l'équilibre permet parfois de gagner beaucoup de temps : la validité de l'approximation acoustique gagnerait à être mieux cernée, le coefficient χ_s étant généralement introduit à cette occasion sans commentaire.

Les interprétations énergétiques sont mal comprises, alors qu'elles pourraient être conduites avec profit et rapidité par analogie, ou parfois encore par un bilan "ad hoc" à partir des équations couplées liant les grandeurs vibrantes.

III) Conclusion

Le programme est rédigé, on s'en réjouit, pour valoriser toute la palette des qualités attendues d'un futur Ingénieur ou Physicien : riche sur le plan théorique et sur la signification microscopique des concepts introduits, il demande tout à la fois rigueur, capacités de formalisation mais aussi une pratique expérimentale approfondie et des ordres de grandeur bien en place.

La multiplicité de ces approches rend parfois la problématique plus difficile, mais plus stimulante et passionnante aussi, car elle donne de fait ses chances au plus grand nombre : les candidats sont invités à relever à nouveau ce défi et le Jury leur adresse bien volontiers tous ses encouragements.