

Rapport sur l'épreuve de Physique A — Session 2026

Présentation du sujet

Le sujet de l'épreuve de Physique A 2026 portait sur l'étude d'un système automatique d'irrigation maraîchère. Il était composé de trois grandes parties largement indépendantes :

- la première partie, la plus longue, intitulée « Arroser juste quand il faut », s'intéressait successivement à la caractérisation d'un sol par décantation fractionnée (mécanique du point), à la mesure de la teneur en eau d'un sol (électrostatique, conduction électrique) et au pilotage électronique de l'électrovanne (amplificateur linéaire intégré en régime saturé, comparateur à hystérésis, diode) ;
- la deuxième partie, « Arroser juste où il faut », étudiait l'écoulement bas Reynolds à travers les trous d'un tuyau d'irrigation poreux au moyen d'un modèle de Poiseuille (mécanique des fluides en régime laminaire) ;
- la troisième partie traitait du dimensionnement du système de pompage (relation de Bernoulli généralisée, choix de la pompe, vase d'expansion).

Le sujet faisait ainsi appel à de nombreux pans des programmes de PTSI et PT : mécanique du point, électrostatique, électronique, mécanique des fluides et thermodynamique du gaz parfait. De nombreux résultats intermédiaires étaient fournis afin d'offrir aux candidats plusieurs points d'entrée.

Remarques générales

Le sujet a permis un classement satisfaisant des candidats, avec une dispersion convenable des notes et un nombre encourageant d'excellentes copies. Le jury constate néanmoins, par rapport à la session précédente, une rédaction globalement un peu moins soignée et, plus inquiétant, un manque récurrent d'honnêteté scientifique : de nombreux théorèmes sont invoqués sans que leurs hypothèses d'application soient précisées, et trop de résultats sont affirmés sans la moindre justification, comme s'il suffisait d'écrire la conclusion attendue pour qu'elle soit acquise. Cette dérive est lourdement sanctionnée et ne saurait tromper la vigilance des correcteurs. L'application d'un théorème ou d'une relation suppose impérativement de définir préalablement le système étudié, le référentiel et les hypothèses validant la formule employée. Ces préalables sont trop souvent escamotés.

La présentation et le soin apporté à la copie pourraient s'améliorer dans un nombre important de copies, y compris parmi les meilleures sur le plan scientifique (ratures multiples proches de gribouillages, écriture illisible malgré les efforts des correcteurs...). Les résultats et les valeurs numériques encadrés ou soulignés restent appréciés des correcteurs. Le jury rappelle ainsi aux candidats aspirants ingénieurs qu'une communication peu rigoureuse, peu soignée et inadaptée au contexte ne saurait être effacée par l'excellence scientifique, en cela qu'elles constituent deux facettes indissociables des métiers scientifiques.

Le jury rappelle qu'une réponse non justifiée, ou un résultat numérique sans unité, ne peut être récompensé. Le contrôle de l'homogénéité des expressions littérales devrait constituer un réflexe : trop de candidats laissent encore subsister des inhomogénéités flagrantes — voire des égalités entre un vecteur et un scalaire — sans s'en émouvoir. De même, les ordres de grandeur méritent une vigilance accrue, en particulier la valeur de la masse volumique de l'eau, qui vaut $1\,000\text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ en unités SI, ce qui ne semble pas évident pour tous.

Analyse par partie

Partie I — Arroser juste quand il faut

I.1 — Connaître son sol par décantation fractionnée.

Cette sous-partie a été plutôt bien traitée dans l'ensemble. Le bilan des forces (questions 1-2) est en général correctement mené, même si le poids n'est pas toujours nommé avec rigueur (on lit parfois « pesanteur » ou « gravité »). Le jury déplore cependant un nombre important de copies dans lesquelles le principe fondamental de la dynamique est appliqué sans que le système ni le référentiel aient été explicitement définis : ces préalables sont indispensables. La résolution de l'équation différentielle et l'obtention de la vitesse limite v_ℓ et du temps caractéristique τ_c sont globalement bien réussies, mais les constantes d'intégration sont fréquemment laissées sans détermination, ou justifiées de façon hâtive sans que les conditions initiales soient explicitement écrites. Certains candidats perdent également des points en n'exprimant pas ces grandeurs en fonction des paramètres demandés par l'énoncé.

Les réponses aux questions 6 et 7 font apparaître chez de trop nombreux candidats un manque de maîtrise de l'échelle logarithmique. En particulier, observer une droite en échelle log-log ne permet pas de confirmer l'approximation $f(x)=x$ à x grand.

La question 9, qui demandait une analyse comparative des temps de sédimentation, était la plus discriminante ; elle exigeait du recul afin de faire des approximations raisonnables. A défaut, les candidats se sont perdus dans leurs calculs. Enfin, plusieurs erreurs de lecture sur la figure 3 ont été constatées : il convient de manipuler les axes logarithmiques avec soin.

I.2 — Teneur en eau d'un sol. Cette partie a été plus difficile et a donné lieu à un peu plus de déceptions. L'erreur la plus fréquente a consisté à traiter le dispositif comme un condensateur (avec un diélectrique dans l'espace inter-électrode), alors que l'énoncé évoquait explicitement la conductivité du sol et orientait clairement vers le raisonnement sur une résistance. Pour justifier la négligeabilité des effets de bord (question 12), on a vu fleurir des conditions non homogènes ($ab \gg c$ ou encore $1 \gg c$), peu rigoureuses (c est petit et a et b sont grands) ou même farfelues ($a = b = c$).

Concernant les plans de symétrie, ceux-ci doivent passer par le point d'observation M et non par le point O , erreur très fréquente. La formule de Poisson n'est pas toujours bien connue : on la voit apparaître avec un champ E à la place de la densité volumique de charge ρ , voire avec des objets vectoriels là où le laplacien agit sur un scalaire. Plus généralement, la manipulation des objets de l'électrostatique manque de rigueur : le potentiel V est parfois traité comme un vecteur, la relation $E = -\text{grad}(V)$ est écrite avec une flèche sur V plutôt que sur le gradient et certains candidats n'hésitent pas à poser des égalités entre des vecteurs et des scalaires.

À la question 14, un nombre significatif de candidats a appliqué le théorème de Gauss pour obtenir le champ, alors qu'il suffisait d'utiliser la relation $E = -\text{grad}(V)$ à partir du potentiel établi à la question précédente. L'usage du théorème de Gauss n'a bien évidemment pas été sanctionné s'il conduisait à un résultat juste et correctement démontré, ce qui fut le cas très rarement.

La question 20 appelait un recul certain. Le jury a fait preuve de bienveillance sur sa notation lorsque la proposition de réponse du candidat faisait scientifiquement sens.

I.3 — Signal de commande de l'électrovanne. Cette sous-partie a été plutôt bien réussie. Les calculs des tensions seuils V_b et V_h (questions 27 et 28) sont en général bien menés. Le jury déplore néanmoins un

manque de justifications appuyées sur les propriétés des ALI. A titre d'exemple, il n'est pas rare de rencontrer à la question 21 que R et R3 sont en série car l'ALI est linéaire. Si les étudiants connaissent les termes idéal, linéaire ou saturé, ils les utilisent parfois à mauvais escient. Le terme « suiveur » (question 22) est généralement connu, mais l'effet réellement décrit par les candidats ne correspond pas toujours à son rôle d'adaptateur d'impédance : on lit parfois qu'il « amplifie » (alors que le bloc 1 réalise une division de la tension).

La question 24 a donné lieu à quelques flottements : des candidats ont raisonné avec des égalités au lieu d'inégalités, ou ont « ajusté » les signes pour faire coller le résultat aux questions suivantes. Le tracé du cycle d'hystérésis (question 25) reste un point faible : beaucoup de candidats produisent ce qui ressemble à un chronogramme (tout en étiquetant l'axe des abscisses V_b), ou un cycle dont le sens de parcours est incorrect ou omis, ou encore un cycle centré sur l'axe des ordonnées. Dans l'ensemble, cette partie révèle un plaquage aveugle du cours sans que les concepts mobilisés soient réellement dominés.

La question 28 présentait une erreur d'énoncé. R_1 étant fourni, c'est le calcul de R_2 qui était attendu. Fort heureusement, le problème était circonscrit à cette seule sous-question. Le jury a accepté comme correcte toute réponse adaptée.

Partie II — Arroser juste où il faut

Cette partie, consacrée à l'écoulement laminaire dans les micro-trous d'un tuyau poreux, a été diversement traitée par les candidats qui s'y sont engagés. Le calcul du nombre de Reynolds (question 32) reste cependant source d'erreurs fréquentes et étonnantes : expression écrite à l'envers, unité farfelue, valeur de la masse volumique de l'eau prise à 1 ou $10^{-3} \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ au lieu de $10^3 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$, ou choix d'une vitesse d'écoulement franchement baroque. Le jury déplore par ailleurs des affirmations infondées du type « l'écoulement est laminaire » sans calcul préalable du nombre de Reynolds : cette absence d'honnêteté scientifique est sanctionnée.

La question 34 a été très mal traitée, beaucoup de candidats considérant que, le champ eulérien des vitesses étant indépendant du temps, il est trivial que la vitesse de la particule le soit également. Presque aucun candidat ne semble être familier du concept de grandeur eulérienne, pourtant explicitement au programme de PT.

À la question 36, on constate fréquemment une confusion entre le théorème de la résultante cinétique d'une part, et le théorème de l'énergie cinétique ou le théorème du moment cinétique d'autre part.

La question 37, qui demandait de justifier l'expression de la force visqueuse — en particulier le signe associé au terme dv/dr — a été mal traitée. Plusieurs candidats invoquent à tort, afin de justifier le signe de l'expression, une force qui s'opposerait au mouvement du cylindre (K), alors qu'il s'agit en réalité de s'opposer au cisaillement local entre les couches de fluide ; cette nuance est essentielle, les forces de cisaillement pouvant être motrices. Le terme dv/dr est par ailleurs parfois assimilé à une accélération, probablement par « ressemblance » avec dv/dt .

L'intégration de l'équation différentielle pour obtenir le profil de vitesse (question 38) donne lieu à plusieurs erreurs : oubli ou détermination erronée de la constante d'intégration, souvent conséquence d'un choix d'une condition aux limites incorrecte — la vitesse est nulle sur la paroi (condition d'adhérence) et non au centre du tuyau, comme l'écrivent certains. Le passage en coordonnées cylindriques pour le calcul intégral

du débit (question 39) mérite également davantage de soin : l'élément de surface en coordonnées polaires est $r \, dr \, d\theta$ et non simplement $dr \, d\theta$. Les meilleures copies, qui ont soigné ces étapes, aboutissent ensuite naturellement au débit linéique attendu. Le sujet présentait volontairement peu de développements calculatoires afin de laisser plus de place à la physique. Dans ce contexte, le jury avait à cœur que les calculs demandés soient particulièrement soignés.

Partie III — Dimensionnement du système de pompage

III.1 — Choix de la pompe. Cette sous-partie a été globalement mal traitée. La relation de Bernoulli est en général connue, mais les conditions d'application ne sont jamais rappelées. Si les candidats ont pensé à utiliser Bernoulli pour la question 42, leur conclusion n'est que rarement pertinente. Indépendamment de la démonstration, la limite classique de fonctionnement d'une pompe émergée ne semble pas connue, pas plus que le nom de celui à qui on l'attribue. Le jury a en effet pu lire Bernoulli (qui rappelons-le n'est pas italien), De Vinci, Venturi, Galilée et même un certain « Mr Ferrari », qui, semble-t-il, a donc eu une première carrière de physicien.

A la question 43, il fallait également comparer numériquement les variations d'énergie cinétique et potentielle massiques : conclure à la négligeabilité du terme cinétique sur les seules formules littérales n'est pas acceptable et révèle à nouveau un manque d'honnêteté scientifique de candidats désireux de confirmer à peu de frais ce que demande l'énoncé.

Les dernières questions de cette partie ont ensuite été plutôt bien menées par les rares copies (souvent celles des meilleurs candidats) qui les ont réalisées.

III.2 — Vase d'expansion. Cette dernière sous-partie a été peu abordée, peut-être parce que située en fin d'épreuve. A la question 47, on note une confusion persistante entre transformation isotherme et monotherme, ainsi que, plus généralement, entre les qualificatifs en « iso- » et « mono- » (la transformation est ici lente, donc quasi-isotherme à la température extérieure ; ce raisonnement est rarement clairement formulé). Les questions 48 à 50 ont par ailleurs souffert d'une confusion entre les différents volumes en jeu : volume total du vase, volume de gaz, volume d'eau... Une figure simple aurait permis à de nombreux candidats d'éviter ces erreurs. Enfin, la dernière question invitait à une vérification chiffrée des préconisations du constructeur : se contenter d'affirmer « les préconisations sont respectées » sans calcul dessert le candidat.

Conclusion

L'épreuve a permis à certains candidats de montrer l'étendue de leur maîtrise en physique et de produire de très bonnes copies, ce que le jury tient à saluer. Ce dernier invite cependant les futurs candidats à corriger une dérive observée cette année : trop de réponses sont affirmées sans justification, trop d'hypothèses d'application des théorèmes sont passées sous silence. Les points à travailler en priorité sont la maîtrise des objets vectoriels et des opérateurs différentiels (gradient, divergence, laplacien), la rigueur dans les bilans (mécanique, électrique, hydraulique) avec définition systématique du système et du référentiel, l'analyse dimensionnelle des expressions littérales et la vérification numérique des ordres de grandeur. Lecture attentive de l'énoncé, soin apporté à la rédaction, rigueur intellectuelle et honnêteté scientifique demeurent les meilleurs gages de réussite à cette épreuve comme au concours. Rappelons enfin qu'il est attendu une maîtrise et une compréhension réelles et profondes des concepts. Aussi, si la maîtrise du cours est un

préalable nécessaire, elle ne saurait suffire à la réussite au concours qui demande du recul et de l'autonomie dans la manipulation des notions.