

Rapport du jury Épreuve spécifique E3a PSI
Physique - Chimie 2026

L'énergie hydraulique, première énergie renouvelable en région PACA

Durée de la composition : 4 heures

Le sujet proposé cette année est composé de trois parties principales. Ce dernier évoque dans ses grandes lignes quelques aspects de la conversion d'énergie hydraulique en énergie électrique. Des considérations de thermodynamique et cinétique de corrosion sont abordées en fin de problème.

- Une question préliminaire demande l'ordre de grandeur de la puissance électrique moyenne produite par les centrales hydroélectriques françaises par client électricité en 2022.
- La partie I est consacrée au stockage de l'eau à l'aide de barrages. Il est vérifié que le champ de pesanteur terrestre, assimilé au champ de gravitation, peut raisonnablement être considéré comme uniforme à l'échelle d'un barrage comme celui d'Isola avant d'aborder l'estimation de la résultante des forces pressantes exercées par l'eau sur ce barrage. L'eau accumulée est ensuite relarguée pour être stockée dans des bassins de rétention dont le contrôle du niveau de remplissage est réalisé par mesure du temps de vol de paquets d'ondes acoustiques avant d'être turbinée par des turbines Francis.
- La partie II aborde dans un premier temps et de manière très classique le fonctionnement d'un convertisseur statique : le transformateur monophasé. Dans un second temps, on procède à l'étude d'un protocole permettant de visualiser le cycle d'hystérésis d'un matériau ferromagnétique doux. Enfin, des considérations générales sur le couplage de la centrale hydroélectrique avec le réseau EDF sont évoquées.
- La thermodynamique des réactions de corrosion des aciers assimilés à du fer métallique ainsi que celle des réactions chimiques intervenant dans l'élaboration des conduites forcées sont ensuite proposées. Le sujet conclut par une protection possible de telles conduites par anode sacrificielle.

Le problème proposé aborde de nombreuses thématiques des programmes de première année (induction, champ de pression et résultante de forces pressantes) et seconde année (conversion de puissance, électronique, bilans sur des systèmes ouverts, physique des ondes, thermodynamique et cinétique des réactions électrochimiques). Alternant entre questions de cours, questions d'ordre expérimental et proposant une question ouverte, ce problème permettait aux étudiants ayant composé de mettre en application différentes capacités acquises tout au long des deux années de CPGE.

Remarques générales

Le sujet proposé était cette année sans calculatrice. Ce sujet a volontairement été conçu pour être très proche du cours. Une sous-partie demandant une initiative et une technicité plus marquées des candidat(e)s permettaient aux meilleur(e)s d'entre eux (elles) de se démarquer.

Toutes les parties du sujet ont été abordées significativement par les meilleur(e)s candidat(e)s.

L'épreuve a été marquée par une très grande hétérogénéité de la qualité de rédaction de la solution proposée au problème posé. Le jury souligne les nombreuses confusions entre grandeurs scalaires et grandeurs vectorielles. Ces confusions sont à l'origine d'erreurs graves. Les abréviations dans une copie sont à proscrire, les noms des lois et théorèmes doivent être correctement orthographiés et les fautes d'orthographe doivent être évitées !

Le jury tient également à rappeler qu'une application numérique sans unité est sans valeur et que les ordres de grandeurs de certaines grandeurs physiques doivent être connus ! Les étudiant(e)s doivent également s'interroger sur la pertinence des valeurs numériques obtenues.

Rapport détaillé

1 Convertir l'énergie hydraulique en énergie électrique

2. à 4. L'analogie électromagnétisme $\longleftrightarrow$ gravitationnel afin d'énoncer le théorème de Gauss gravitationnel est connue. L'application du théorème a été correctement réalisée par les meilleurs étudiants après avoir justifié le caractère radial de $\vec{G}$.

7. à 16. Le jury a sévèrement sanctionné toute malhonnêteté intellectuelle dans l'établissement de l'équation de d'Alembert satisfaite par la surpression acoustique. En particulier, la linéarisation des différentes équations de couplage n'est pas toujours rigoureuse. L'obtention de l'expression de la célérité des ondes acoustiques en fonction de la température a posé un certain nombre de difficultés. Un certain nombre d'étudiants ne connaissent pas la composition de l'air.

17. à 22. Cette sous-partie technique n'a été abordée que par un petit nombre d'étudiants et permettait de valoriser les compétences acquises par les meilleurs d'entre eux. La construction du sur-système fermé en lien avec le système ouvert n'est pas systématique. Raisonner dans le référentiel lié à la roue Francis permettait de considérer l'écoulement stationnaire.

2 Transport de l'énergie électrique

23. à 27. Ces questions de cours relatives au transformateur monophasé ont été bien traitées par les étudiants maîtrisant leur cours.

28. à 31. L'étude du protocole de tracé du cycle d'hystérésis a posé un certain nombre de difficultés. En particulier, la notion d'impédance d'entrée d'un quadripôle est mal maîtrisée pour un nombre d'étudiants conséquent. L'intérêt de l'utilisation du montage à ALi dans son domaine intégrateur n'a pas été compris. Enfin, l'insertion d'une résistance de faible valeur dans une branche permet d'obtenir une tension image de l'intensité du courant électrique parcourant cette branche sans trop perturber le montage global.

32. et 33. La justification de l'ARQS a été souvent mal réalisée ; l'ordre de grandeur de la célérité des ondes électrocinétiques parcourant une ligne bifilaire tout comme celui de la valeur efficace de la tension aux bornes d'une prise électrique standard ne sont pas connus par certains étudiants.

3 L'acier des conduites forcées

34. à 36. Ces questions n'ont posé aucune difficulté aux étudiants ayant compris le principe de la protection d'une pièce métallique par anode sacrificielle.

37 à 41. La description des système chimiques hétérogènes n'est pas maîtrisée pour une majorité d'étudiants. En particulier, le choix des paramètres intensifs de description des phases du système est problématique (concentration d'une espèce chimique solide seule dans sa phase ...). La possibilité de rupture d'équilibre est très souvent non identifiée. Le jury rappelle qu'évoquer uniquement les lois de Le Châtelier pour l'étude des déplacements d'équilibre ne constitue pas une justification en soi.

En conclusion

Le jury tient à préciser qu'une bonne maîtrise des notions du cours est une condition préalable à toute réussite d'une épreuve de physique-chimie. La conduite des calculs et le tracé des graphes doivent être réalisés avec un minimum de rigueur mathématique. Les schémas doivent être soignés et légendés. Les fautes d'homogénéité sont souvent rédhibitoires et peuvent être facilement détectées. Enfin, toute application numérique appelle un commentaire.