

---

Rapport du jury Épreuve spécifique E3a polytech PSI  
Physique - Chimie 2023

---

## Quelques aspects de l'industrie nucléaire

Durée de la composition : 4 heures

Ce sujet est composé d'une partie préliminaire et de trois parties principales. Le sujet évoque dans ses grandes lignes quelques aspects de l'industrie nucléaire, de l'extraction du minerai au traitement des déchets nucléaires. Le fonctionnement global d'une centrale nucléaire est également étudié.

- La partie préliminaire mentionne deux protocoles de mesure de grandeurs relatives à une machine à courant continu (M.C.C). Des rappels de cours sont d'abord exigés puis sont abordées respectivement la mesure de la résistance électrique  $R_e$  du bobinage inducteur ainsi que la constante de couplage électromécanique  $\phi$  de la machine en exploitant les résultats d'une régression linéaire.
- La partie I est consacrée à l'extraction du minerai d'uranium. Ce minerai est acheminé à l'entrée d'un concasseur à l'aide d'un tapis entraîné par le rotor d'une machine à courant continu. Un bilan de quantité de mouvement en régime stationnaire permet dans un premier temps de déterminer la force nécessaire afin d'entraîner ce tapis. L'application du théorème scalaire du moment cinétique au rotor du moteur aboutit à l'expression de la vitesse angulaire de rotation  $\Omega_p$  de ce dernier en fonction du débit de minerai  $D_m$  et des constantes du moteur. Le contrôle de la valeur de  $\Omega_p$  est effectué à l'aide de la mesure de l'intensité du courant d'induit dont l'énoncé étudie un protocole de mesure. Enfin, le dioxyde d'uranium contenu dans le minerai ne peut être utilisé tel quel dans un réacteur. La thermodynamique de la réaction d'hydrofluoruration du dioxyde d'uranium est abordée, puis l'étude cinétique d'une réaction de fission nucléaire permet de déterminer la masse d'uranium  $^{235}$  nécessaire au fonctionnement d'un mini-réacteur.
- La partie II aborde dans un premier temps et de manière très classique le fonctionnement global d'une centrale nucléaire. Dans un second temps, on procède à l'évaluation de la puissance d'une pompe du circuit secondaire moyennant quelques hypothèses simplificatrices.
- Le stockage des déchets nucléaires sur le site de Bure est évoqué dans la partie III avec une estimation de la surface du site. Le sujet conclut par une analyse d'un schéma numérique étudiant la diffusion thermique à travers la couche d'argile située entre le site de stockage enfoui et le sol.

Le problème proposé aborde de nombreuses thématiques des programmes de première année (induction, thermodynamique et cinétique) et seconde année (conversion de puissance, électronique, diffusion thermique, bilans sur des systèmes ouverts). Alternant entre questions de cours, résolutions de problèmes, questions d'ordre expérimental et proposant une capacité numérique, 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 a volontairement été conçu pour être très proche du cours. Des questions demandant une initiative plus marquée des candidat(e)s permettaient aux meilleur(e)s d'entre eux (elles) de se démarquer.

Dans la grande majorité des cas, toutes les parties du sujet ont été abordées.

L'épreuve a été marquée par une très grande hétérogénéité de la qualité de rédaction de la solution proposée au problème posé. Le jury souhaite néanmoins souligner une amélioration de la présentation des copies. Il est possible de barrer tout un paragraphe ou quelques mots mais les traits doivent être tirés à la règle. Les abréviations dans une copie sont à proscrire et les fautes d'orthographe à éviter !

De graves lacunes sur l'utilisation de chiffres significatifs dans les applications numériques apparaissent très fréquemment. Le jury tient à cette occasion à rappeler qu'une application numérique sans unité est sans valeur ! Les étudiant(e)s doivent également s'interroger sur la pertinence des valeurs numériques obtenues.

## Rapport détaillé

### 1 Préliminaires - Étude d'une machine à courant continu en travaux pratiques

**1. à 3.** Ces questions de cours ont révélé une mauvaise maîtrise du fonctionnement d'une machine à courant continu par la majorité des étudiants. Certains schémas présentés n'ont pas été légendés rendant difficile leur compréhension. Les relations de fonctionnement de tels systèmes ne sont pas ou mal connues. Le caractère réversible n'est pas toujours maîtrisé.

**4. et 5.** Les déterminations respectives de la résistance électrique du bobinage inducteur  $R_e$  et de la constante électromécanique de couplage  $\phi$  ne posaient aucune difficulté aux étudiants dominant les capacités exigibles du programme.

### 2 Le minerai d'uranium

#### 2.1 Extraction

##### 2.1.1 Acheminement du minerai

**6.** Cette question d'application numérique n'a posé aucune difficulté.

**7.** Le bilan de quantité de mouvement en système ouvert reste délicat bien que le volume de contrôle ait été défini par l'énoncé.

#### 2.2 Vitesse de rotation du moteur

**8. à 10.** Ces questions ont souvent reçu une réponse erronée voire fausse. L'interprétation de l'influence du débit des roches sur la vitesse du tapis a parfois posé problème.

##### 2.2.1 Mesure de l'intensité du courant de l'induit du moteur à courant continu

**11.** La nature des convertisseurs AC/DC puis DC/DC n'est pas toujours connue. La présence du convertisseur DC/DC dans la chaîne d'alimentation de l'induit n'a été que très rarement justifiée.

**12. à 16.** Ces questions d'électronique ont été globalement bien traitées.

**17. et 18.** Ces deux questions plus techniques ont bien souvent posé problème. Avoir des ordres de grandeurs des intensités des courants d'induit pour de telles machines en tête permettait de simplifier la rédaction des réponses à ces questions.

#### 2.3 Traitement

##### 2.3.1 Thermodynamique d'une réaction clé

**19. à 21.** Ces questions de thermochimie très classiques ont été globalement bien traitées.

**22. et 23.** Les réponses fournies n'ont pas été satisfaisantes globalement. L'utilisation de la loi de Le Châtelier ne constituait pas ici une justification recevable. Les bilans de matière en phase gazeuse et l'utilisation de la loi de Guldberg et Waage pour déterminer les fractions molaires à l'équilibre restent problématiques.

##### 2.3.2 La radioactivité

**24. et 25.** Ces questions de cours n'ont posé aucune difficulté pour les étudiants sachant de quoi il retournait.

**26.** Cette première résolution de problème a conduit à des réponses plus ou moins satisfaisantes. Tout résultat numérique appelle un commentaire. Les étudiants devraient préciser le raisonnement suivi afin de faciliter la compréhension de la réponse rédigée.

### 3 Centrale nucléaire

#### 3.1 Fonctionnement global

**27. et 28.** Ces questions de cours de première année n'ont posé aucune difficulté aux étudiants maîtrisant le cours de thermodynamique.

**29.** Définir le système permet d'éviter certaines erreurs ! Le résultat numérique obtenu appelle un commentaire.

#### 3.2 Puissance de la pompe du circuit secondaire

**30.** Si le premier principe industriel est connu, son exploitation a posé problème dans nombre de copies, en particulier l'expression de la variation de l'enthalpie massique  $h$ . La valeur obtenue doit interpeller !

**31. et 32.** Ces questions ont été dans l'ensemble bien traitées.

### 4 Stockage des déchets radioactifs

**33.** Les unités des grandeurs physiques intervenant dans la loi de Fourier ne sont parfois pas connues.

**34.** Cette question de cours très classique a globalement bien été traitée. Le jury regrette néanmoins l'absence de définition du système étudié dans bon nombre de copies.

**35.** L'interprétation de la seconde condition aux limites a posé des problèmes.

**36. à 38.** Questions bien traitées dans l'ensemble.

**39. à 44.** Ces questions exploitant une capacité numérique au programme n'ont posé aucune difficulté aux étudiants les ayant traitées.

### 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.