

PSI
Physique · Modélisation · Chimie
2023

Sous la coordination de

Julien DUMONT
professeur en CPGE
ancien élève de l'École Normale Supérieure (Paris-Saclay)

Alexandre HERAULT
professeur en CPGE
ancien élève de l'École Normale Supérieure (Paris-Saclay)

Par

Arthur ALEXANDRE
ENS Paris-Saclay

Nicolas COURRIER
professeur en CPGE

Gaëlle DUMAS
professeur agrégé

Thomas DUPIC
ENS Ulm

Alexandre HERAULT
professeur en CPGE

Henri LASTAKOWSKI
ENS de Lyon

Tom MOREL
professeur en CPGE

Sommaire

		Énoncé	Corrigé
	E3A		
Physique et Chimie	Quelques aspects de l'industrie nucléaire. <i>conversion de puissance, électronique, thermodynamique, diffusion thermique, thermochimie, cinétique chimique</i>	13	27

CONCOURS COMMUN INP

Physique et Chimie	Cyclisme. <i>effet Doppler, électronique, mécanique, conversion électro-magnéto-mécanique, diffusion thermique, solutions aqueuses, oxydoréduction, diagrammes E-pH</i>	45	61
Modélisation et Ingénierie numérique	Modélisation d'une pompe d'assistance cardiaque. <i>informatique pour tous, thermodynamique, électrocinétique, induction, asservissement</i>	77	105

CENTRALE-SUPÉLEC

Physique et Chimie 1	Utilisation des batteries Li-ion. <i>diffusion thermique, thermodynamique, mécanique des fluides, électronique de puissance, cinétique chimique, oxydoréduction, courbes courant-potentiel</i>	125	135
Physique et Chimie 2	Applications des propriétés magnétiques et électriques de matériaux. <i>magnétisme, électrocinétique, ondes mécaniques</i>	151	159

MINES-PONTS

Physique 1	Physique en géométrie cylindrique. <i>mécanique des fluides, électrostatique, mouvement des particules chargées, milieux magnétiques, induction</i>	175	181
Physique 2	Planche à voile et vagues. <i>mécanique des fluides, mécanique, ondes mécaniques</i>	199	209
Chimie	Étude du complexe de chrome CrO_5 . <i>cinétique chimique, oxydoréduction, thermodynamique</i>	223	229

POLYTECHNIQUE-ENS

Physique	Autour des thermogénérateurs magnétiques. <i>thermodynamique, milieux magnétiques, diffusion thermique</i>	237	251
Physique et Modélisation	Modélisation d'un éco-bâtiment. <i>bases de données, langage SQL, électrocinétique, asservissement, stabilité, hacheur, schéma numérique, méthode d'Euler, machine learning</i>	271	301

FORMULAIRES

Constantes chimiques	328
Constantes physiques	331
Formulaire d'analyse vectorielle	332
Classification périodique	336

SESSION 2023



PSI9PC

ÉPREUVE SPÉCIFIQUE - FILIÈRE PSI

PHYSIQUE-CHIMIE

Durée : 4 heures

N.B. : le candidat attachera la plus grande importance à la clarté, à la précision et à la concision de la rédaction. Si un candidat est amené à repérer ce qui peut lui sembler être une erreur d'énoncé, il le signalera sur sa copie et devra poursuivre sa composition en expliquant les raisons des initiatives qu'il a été amené à prendre.

RAPPEL DES CONSIGNES

- Utiliser uniquement un stylo noir ou bleu foncé non effaçable pour la rédaction de votre composition ; d'autres couleurs, excepté le vert, peuvent être utilisées, mais exclusivement pour les schémas et la mise en évidence des résultats.
 - Ne pas utiliser de correcteur.
 - Écrire le mot FIN à la fin de votre composition.
-

Les calculatrices sont autorisées

Le sujet est constitué d'une partie préliminaire ainsi que de trois parties indépendantes.

- Tout résultat donné dans l'énoncé peut être admis et utilisé par la suite, même s'il n'a pas été démontré par le ou la candidat(e).
- Les explications des phénomènes étudiés interviennent dans l'évaluation au même titre que les développements analytiques et les applications numériques.
- Les questions comportant le verbe calculer demandent une application numérique. Les résultats exprimés sans unité ou avec une unité fausse ne sont pas comptés.
- Les questions libellées par une astérisque (*) demandent de l'initiative de la part des candidates et candidats.
- Les données utiles sont fournies en pages 13 et 14.

e3a Physique et Chimie PSI 2023 — Corrigé

Ce corrigé est proposé par Jérôme Back (professeur en CPGE) et Alexandre Herault (professeur en CPGE) ; il a été relu par Olivier Frantz (professeur agrégé en école d'ingénieurs), Julien Dumont (professeur en CPGE) et Stéphane Ravier (professeur en CPGE).

Ce sujet est composé d'une partie préliminaire et de trois parties principales, largement indépendantes. Il aborde quelques aspects de l'industrie nucléaire, de l'extraction du minerai jusqu'au traitement des déchets. Le fonctionnement d'une centrale nucléaire est également étudié.

- La partie préliminaire décrit 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 on étudie la mesure de la résistance électrique R_e du bobinage inducteur, et enfin on s'intéresse à la mesure de la constante de couplage électromécanique ϕ de la machine en exploitant les résultats d'une régression linéaire.
- La partie I est consacrée à l'extraction du minerai d'uranium. Celui-ci est acheminé à l'entrée d'un concasseur à l'aide d'un tapis entraîné par le rotor d'une machine à courant continu. Dans un premier temps, on détermine la force nécessaire afin d'entraîner ce tapis. Le contrôle de la vitesse angulaire de rotation est effectué à l'aide de l'intensité du courant de l'induit, dont l'énoncé propose un protocole de mesure. On étudie ensuite la thermodynamique d'une réaction de transformation de l'oxyde d'uranium présent dans le minerai, puis on s'intéresse à la cinétique de la radioactivité de l'uranium 235 pour ensuite relier la puissance d'un réacteur de fission nucléaire à la masse d'uranium 235 utilisée.
- La partie II aborde dans un premier temps, et de manière très classique, le fonctionnement 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 se termine par une analyse d'un schéma numérique étudiant la diffusion thermique à travers la couche d'argile située entre le site de stockage (enfou) et le sol.

Le problème aborde de nombreuses thématiques des programmes de première année (induction, thermodynamique et cinétique) et de 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, il servira utilement à préparer les épreuves écrites pendant les révisions de fin d'année ou à travailler un chapitre particulier pendant l'année si on se limite à une seule partie.

SESSION 2023



PSI2PC

ÉPREUVE SPÉCIFIQUE - FILIÈRE PSI**PHYSIQUE - CHIMIE****Durée : 4 heures**

N.B. : le candidat attachera la plus grande importance à la clarté, à la précision et à la concision de la rédaction. Si un candidat est amené à repérer ce qui peut lui sembler être une erreur d'énoncé, il le signalera sur sa copie et devra poursuivre sa composition en expliquant les raisons des initiatives qu'il a été amené à prendre.

RAPPEL DES CONSIGNES

- Utiliser uniquement un stylo noir ou bleu foncé non effaçable pour la rédaction de votre composition ; d'autres couleurs, excepté le vert, peuvent être utilisées, mais exclusivement pour les schémas et la mise en évidence des résultats.
- Ne pas utiliser de correcteur.
- Écrire le mot FIN à la fin de votre composition.

Les calculatrices sont interdites.

Le sujet est composé de quatre parties indépendantes.

Des données se trouvent en fin de sujet, page 16.

CCINP Physique et Chimie PSI 2023 — Corrigé

Ce corrigé est proposé par Alexandre Herault (professeur en CPGE) et Olivier Frantz (professeur agrégé en école d'ingénieurs); il a été relu par Stéphane Ravier (professeur en CPGE), Jérôme Back (professeur en CPGE) et Frédéric Barbosa (professeur agrégé).

Le sujet propose d'étudier plusieurs problèmes indépendants sur le thème du cyclisme.

- Dans la partie I, essentiellement consacrée à la chimie, on s'intéresse à l'hydratation du cycliste. On débute par une analogie thermique/électrique pour modéliser les transferts thermiques sur le cycliste dans le but d'évaluer le volume d'eau qu'il doit boire pour maintenir sa température corporelle constante. Dans la suite de cette partie, on étudie le glucose, qui est un sucre directement assimilable par l'organisme. On détermine la quantité nécessaire pour fournir de l'énergie au cycliste lors d'une sortie sportive, puis on réalise le dosage d'une boisson isotonique pour déterminer sa concentration en glucose. L'oxydoréduction en solution aqueuse est le thème central de cette étude chimique.
- Dans la partie II, on s'intéresse à la mesure de vitesse par effet Doppler. Il s'agit de redémontrer l'expression du décalage de fréquence puis d'étudier une chaîne électronique qui permet de le mesurer.
- La partie III ne comporte qu'une seule question, qui demande d'étudier et d'agrèger divers documents pour comparer les courses de deux cyclistes aux différentes morphologies. C'est un problème de mécanique. La prise d'initiative doit être importante pour une résolution efficace.
- Enfin, la partie IV, très proche du cours, étudie le moteur synchrone et la création d'un champ tournant pour établir l'expression du couple moteur et de la vitesse de synchronisme.

On trouve dans ce problème un équilibre entre des questions proches du cours et d'autres qui demandent plus de recul. C'est un bon entraînement pour la préparation de l'écrit ou de l'oral.

SESSION 2023



PSI3MO

ÉPREUVE SPÉCIFIQUE - FILIÈRE PSI**MODÉLISATION ET INGÉNIERIE NUMÉRIQUE****Durée : 4 heures**

N.B. : le candidat attachera la plus grande importance à la clarté, à la précision et à la concision de la rédaction. Si un candidat est amené à repérer ce qui peut lui sembler être une erreur d'énoncé, il le signalera sur sa copie et devra poursuivre sa composition en expliquant les raisons des initiatives qu'il a été amené à prendre.

RAPPEL DES CONSIGNES

- *Utiliser uniquement un stylo noir ou bleu foncé non effaçable pour la rédaction de votre composition ; d'autres couleurs, excepté le vert, peuvent être utilisées, mais exclusivement pour les schémas et la mise en évidence des résultats.*
- *Ne pas utiliser de correcteur.*
- *Écrire le mot FIN à la fin de votre composition.*

Les calculatrices sont interdites.**Le sujet est composé de trois parties indépendantes.**

CCINP Modélisation et Ingénierie numérique PSI 2023 Corrigé

Ce corrigé est proposé par Arthur Alexandre (ENS Paris Saclay) ; il a été relu par Nicolas Courrier (professeur en CPGE) et Julien Dumont (professeur en CPGE).

Ce sujet de modélisation et d'ingénierie numérique a pour objet l'étude d'une pompe d'assistance cardiaque de type VAD (*ventricular assist device*). Ce dispositif intégré au cœur permet de pallier les problèmes d'insuffisance cardiaque, notamment les cas d'hypertrophie myocardique. Les deux premières parties portent sur le programme de physique, la dernière sur celui de sciences de l'ingénieur.

- Dans la partie I, on étudie un modèle simple du cycle thermodynamique subi par le sang dans un cœur sain, puis dans le cœur d'un patient atteint d'hypertrophie myocardique. On détermine notamment la puissance hydraulique supplémentaire que doit fournir la pompe pour compenser les effets de ce type de pathologie.
- Dans la partie II, on s'intéresse à l'actionneur électromagnétique de la pompe VAD qui transmet un effort mécanique à la membrane vibrante, cette dernière convertissant elle-même la puissance mécanique reçue en puissance hydraulique. L'objectif est d'assurer une puissance hydraulique de compensation suffisante. L'actionneur est principalement constitué d'une couronne mobile ainsi que de deux bobines. Tout d'abord, on s'intéresse au débit que doit fournir la pompe. Puis on effectue une étude mécanique de la couronne magnétique et de la membrane pour déterminer la force d'induction nécessaire pour faire osciller l'ensemble. Enfin, on détermine l'intensité du courant nécessaire pour générer la force d'induction. Pour cela, on étudie le couplage entre le champ magnétique créé par la couronne magnétique et le moment magnétique des bobines.
- En partie III (sciences industrielles), on étudie un modèle électro-mécanique décrivant la réponse de la membrane et la transition entre les deux régimes de fonctionnement de la pompe de la partie II. On détermine la fonction de transfert du système bouclé dont on étudie les pôles. On vérifie ensuite si les critères de performance du système sont validés lorsque celui-ci alterne entre les deux régimes de fonctionnement. On justifie ensuite la nécessité de mettre en place un asservissement pour satisfaire le cahier des charges. Finalement, on vérifie que la pompe asservie peut produire la puissance hydraulique nécessaire pour compenser les insuffisances cardiaques.

Ce sujet de modélisation utilise plusieurs thèmes du programme de physique (électrocinétique, mécanique, magnétisme) et de sciences industrielles (asservissements). Le petit nombre de questions « à tiroir » rend le sujet très abordable dans son ensemble. Il incorpore enfin plusieurs questions sur des algorithmes, à rédiger en langage Python.



CONCOURS CENTRALE•SUPÉLEC

Physique-chimie 1

PSI

2023

4 heures

Calculatrice autorisée

Utilisation des batteries Li-ion

Ce sujet aborde quelques éléments liés à l'utilisation des batteries lithium-ion. À partir d'une première étude chimique et thermodynamique sur un accumulateur en fonctionnement, on s'intéresse à la diffusion thermique dans une batterie composée d'un ensemble d'accumulateurs. Enfin, une dernière partie aborde l'utilisation de panneaux solaires comme source d'énergie. Les trois parties sont largement indépendantes.

Certaines questions, peu ou pas guidées, demandent de l'initiative de la part du candidat. Leur énoncé est repéré par une barre en marge. Il est alors demandé d'explicitier clairement la démarche, les choix et de les illustrer, le cas échéant, par un schéma. Le barème valorise la prise d'initiative et tient compte du temps nécessaire à la résolution de ces questions.

Un formulaire et certaines valeurs numériques sont regroupés en fin d'énoncé.

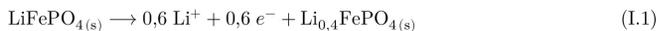
I Étude d'un accumulateur Li-ion



Figure 1 Accumulateur Li-ion de type 18650

I.A – Accumulateur lithium fer phosphate

Les batteries Li-ion LiFePO_4/C ont une densité d'énergie quatre fois supérieure à celle des batteries au plomb. Elles sont actuellement utilisées dans les voitures électriques et les smartphones. Un accumulateur est constitué d'une électrode en lithium fer phosphate (LiFePO_4) et d'une électrode de graphite (C). En fonctionnement, l'électrode LiFePO_4 ne peut pas être complètement dé-lithiée et la quantité de matière en ions Li^+ effectivement extraite est de seulement 0,6 mol. On considère que les deux demi-équations suivantes modélisent les réactions qui se déroulent aux électrodes :



- Q 1. Identifier, en justifiant, la réaction se déroulant à l'anode et celle à la cathode.
- Q 2. Écrire l'équation bilan de la pile en fonctionnement.
- Q 3. En utilisant une approche électrochimique, proposer une estimation de la masse d'un accumulateur 18650 de capacité spécifique 2600 mA·h.
- Q 4. La masse d'un tel accumulateur est mesurée à $m = 45,5 \text{ g}$. Proposer une explication de la différence avec la masse obtenue à la question précédente.

I.B – Courbe galvanostatique

Des courbes densité de courant-potential, comme celle simplifiée proposée en figure 2, permettent de mieux connaître les limites de l'électrode employée. Le solvant utilisé est l'éthyl-propyl-carbonate (EPC) dont le domaine d'inertie électrochimique est compris entre les potentiels $E_{\text{EPC},1} = -3,0 \text{ V}$ et $E_{\text{EPC},2} = 2,1 \text{ V}$. Par convention, l'abscisse des courbes densité de courant-potential utilisant le lithium est le potentiel évalué par rapport au potentiel standard du couple $\text{Li}^+/\text{Li}_{(s)}$.

- Q 5. Décrire le montage à trois électrodes permettant de tracer une courbe courant-potential.
- Q 6. Attribuer à la portion (a) de la courbe la demi-équation d'oxydoréduction susceptible de se produire en s'appuyant notamment sur les données numériques.
La diminution de courant sur la portion (b) est attribuée à un phénomène de passivation à la surface de l'électrode accompagné d'une transition de phase.
- Q 7. Proposer une explication de l'augmentation brutale de la densité de courant sur la portion (c) de la courbe.

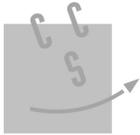
Centrale Physique et Chimie 1 PSI 2023 — Corrigé

Ce corrigé est proposé par Augustin Long (professeur en CPGE) et Olivier Frantz (professeur agrégé en école d'ingénieurs); il a été relu par Alexandre Herauld (professeur en CPGE), Henri Lastakowski (ENS de Lyon) et Frédéric Barbosa (professeur agrégé).

Ce sujet étudie les batteries lithium-ion. Il se compose d'une partie de chimie (qui représente la moitié du sujet) et de deux parties de physique.

- Dans la première partie, on aborde la description chimique d'un accumulateur lithium-ion. Une analyse du fonctionnement d'une pile est d'abord menée à partir des demi-équations aux électrodes et de courbes courant-potentiel. Ensuite, une étude de l'échauffement et de l'explosion de la batterie est abordée par des études thermodynamiques qui nécessitent d'établir de nombreux bilans, et qui sont complétées par une approche cinétique dans la dernière sous-partie.
- Pour que la batterie fonctionne correctement sans se dégrader, il est nécessaire de contrôler sa température. La partie II traite ainsi de diffusion thermique et du dimensionnement d'un ensemble d'accumulateurs, via un bilan d'énergie thermique puis thermodynamique.
- Dans la partie III, on étudie comment recharger la batterie avec des panneaux solaires. Une première question fait appel à la capacité de synthèse des candidats pour évaluer la vitesse maximale d'une voiture alimentée par des cellules solaires. Le reste des questions est consacré à la conversion de puissance nécessaire pour élever la tension de 72 à 350 V, grâce à un hacheur survolteur ou boost.

La partie de chimie comporte de nombreuses questions et applications directes du cours en oxydoréduction, thermodynamique et cinétique, avec des questions ouvertes nécessitant une prise d'initiative pour mener les calculs numériques. Bien que les difficultés ne soient pas nombreuses, cette partie nécessite d'être à l'aise en thermodynamique physique comme chimique et dans l'établissement de bilans thermiques. Les questions des parties II et III sont assez proches du cours, mais demandent parfois une capacité de synthèse entre différents domaines tels que la thermodynamique, la diffusion thermique et la mécanique des fluides. Ce sujet est en ce sens intéressant pour préparer les écrits, mais seulement après avoir abordé tous les chapitres relatifs à ces thèmes.



CONCOURS CENTRALE•SUPÉLEC

Physique-chimie 2

PSI

2023

4 heures

Calculatrice autorisée

Applications des propriétés magnétiques et électriques de matériaux

La synthèse de nouveaux matériaux a permis de réaliser des dispositifs possédant des propriétés intéressantes du point de vue de la miniaturisation ou de la sensibilité aux champs électromagnétiques.

Certaines questions, peu ou pas guidées, demandent de l'initiative de la part du candidat. Leur énoncé est repéré par une barre en marge. Il est alors demandé d'explicitier clairement la démarche, les choix et de les illustrer, le cas échéant, par un schéma. Le barème valorise la prise d'initiative et tient compte du temps nécessaire à la résolution de ces questions.

Cet énoncé est accompagné d'un document réponse à remettre avec la copie. Certaines données numériques utiles sont disponibles dans ce document réponse.

Notations

À toute grandeur, fonction sinusoïdale du temps, $g(t) = G \cos(\omega t + \varphi)$, on associe la grandeur $\underline{g}(t) = \underline{G} e^{j\omega t}$, où $j^2 = -1$ et $\underline{G} = Ge^{j\varphi}$ est appelée *amplitude complexe* de g .

I Le transformateur miniaturisé

Le besoin de transformateurs de plus en plus petits dans les systèmes électroniques embarqués a conduit à la conception de transformateurs miniaturisés. Les différents éléments (conducteurs, matériaux magnétiques, isolants) sont directement réalisés sur un circuit imprimé. La miniaturisation a été rendue possible grâce à l'utilisation de fréquences élevées et à l'aptitude des nouveaux matériaux à supporter de hautes températures.

Un transformateur est composé de différents matériaux :

- un matériau conducteur pour réaliser les enroulements (ou bobinages) ;
- un matériau magnétique ;
- un matériau isolant pour isoler les enroulements primaire et secondaire.

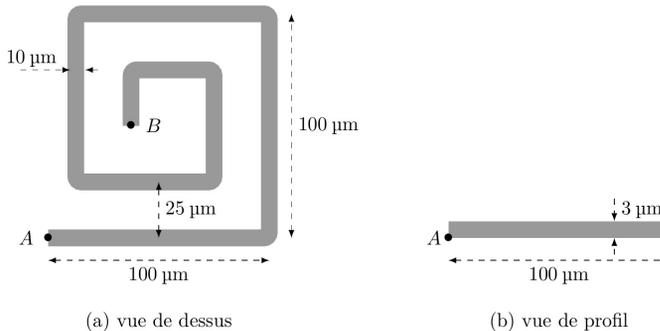


Figure 1 Schéma d'un enroulement en cuivre

I.A – Les enroulements

Q 1. Rappeler l'expression de la résistance électrique R d'un conducteur cylindrique de conductivité γ , de longueur L , de section S , parcouru uniformément par un courant parallèle à son axe.

Q 2. Pour l'enroulement de cuivre de la figure 1, le courant circule de A vers B . Évaluer sa résistance électrique R_e . Citer deux inconvénients que présente l'existence de cette résistance pour un transformateur.

L'inductance propre de l'enroulement peut être mesurée grâce à un impédancemètre dont le schéma est celui de la figure 2. On utilise le modèle de l'amplificateur linéaire intégré idéal de gain infini, alimenté en ± 15 V. La résistance $R_{\text{ref}} = 1000,0 \Omega$ est une résistance de référence, l'impédance à mesurer est $\underline{Z} = Z_r + jZ_i$, où Z_r et Z_i sont des nombres réels. Le générateur impose la tension harmonique $u_e(t) = U_0 \cos(\omega t)$.

Centrale Physique et Chimie 2 PSI 2023 — Corrigé

Ce corrigé est proposé par Henri Lastakowski (ENS de Lyon) ; il a été relu par Thomas Dupic (ENS Ulm) et Frédéric Barbosa (professeur agrégé).

Ce sujet est constitué de trois parties indépendantes, toutes liées aux propriétés électriques et magnétiques des matériaux.

- Dans la partie I, on s'intéresse à la conception d'un transformateur miniature. Le début de cette partie est dédié au bobinage en cuivre. On cherche à déterminer les caractéristiques électriques d'un enroulement de cuivre par des méthodes électrocinétiques classiques. Cet enroulement est alors associé à un enroulement jumeau afin de réaliser un transformateur dans lequel on étudie un effet de la miniaturisation modélisé par l'ajout d'une capacité parasite reliant circuits primaire et secondaire. Enfin, cette partie se conclut par l'étude du matériau magnétique, au sein duquel on cherche à évaluer les pertes énergétiques dues à l'hystérésis du cycle $B(H)$. Dans cette partie, il est nécessaire de bien maîtriser le cours d'électrocinétique ainsi que le magnétisme dans les milieux matériels.
- La partie II est quant à elle dédiée à un autre type de transformateur exploitant la piézoélectricité, c'est-à-dire le fait que, dans certains matériaux, il existe un couplage entre champ électrique et déformation mécanique. Ce couplage est mis à profit pour transformer un signal électrique en une onde de déformation qui se propage entre les enroulements primaire et secondaire. La propagation et la résonance de cette onde sont alors étudiées afin d'optimiser la transmission du signal électrique.
- Enfin, dans la dernière partie on étudie un capteur de champ magnétique de type Fluxgate, qui exploite la saturation d'un matériau ferromagnétique afin de mesurer un champ extérieur. Comme dans la partie I, une excellente maîtrise du magnétisme dans les milieux matériels est indispensable.

Il s'agit d'un sujet de révision très complet à propos du magnétisme dans la matière ; deux parties y sont consacrées, à la fois à un niveau fondamental et dans un cadre de physique appliquée. On y retrouve les ingrédients propres à cette discipline : saturation des matériaux ferromagnétiques et présence d'hystérésis. Cet aspect du sujet est habilement inséré dans des problèmes mêlant électrocinétique et physique des ondes afin d'étudier trois dispositifs liés à la transformation d'énergie électrique et à la mesure de champs magnétiques.

A2023 – PHYSIQUE I PSI



ÉCOLE DES PONTS PARISTECH,
ISAE-SUPAERO, ENSTA PARIS,
TÉLÉCOM PARIS, MINES PARIS,
MINES SAINT-ÉTIENNE, MINES NANCY,
IMT ATLANTIQUE, ENSAE PARIS,
CHIMIE PARISTECH - PSL.

Concours Mines-Télécom,
Concours Centrale-Supélec (Cycle International).

CONCOURS 2023

PREMIÈRE ÉPREUVE DE PHYSIQUE

Durée de l'épreuve : 3 heures

L'usage de la calculatrice ou de tout dispositif électronique est interdit.

*Les candidats sont priés de mentionner de façon apparente
sur la première page de la copie :*

PHYSIQUE I - PSI

L'énoncé de cette épreuve comporte 5 pages de texte.

Si, au cours de l'épreuve, un candidat repère ce qui lui semble être une erreur d'énoncé, il le signale sur sa copie et poursuit sa composition en expliquant les raisons des initiatives qu'il est amené à prendre.

Les sujets sont la propriété du GIP CCMP. Ils sont publiés sous les termes de la licence Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 3.0 France. Tout autre usage est soumis à une autorisation préalable du Concours commun Mines Ponts.



Mines Physique 1 PSI 2023 — Corrigé

Ce corrigé est proposé par Thomas Dupic (ENS Ulm) ; il a été relu par Arthur Alexandre (ENS Paris-Saclay) et Stéphane Ravier (professeur en CPGE).

Sous couvert d'une thématique très générale, la physique en géométrie cylindrique, le sujet est constitué de trois parties qui forment chacune un exercice indépendant.

- La partie I étudie un modèle de circulation sanguine dans les capillaires. Au-delà de la contextualisation biologique et de quelques questions d'ordre de grandeur, il s'agit d'un exercice classique de mécanique des fluides. On se ramène à l'écoulement d'un fluide visqueux dans une conduite cylindrique en régime laminaire. On termine par une estimation de la puissance que doit fournir le cœur pour alimenter les organes via les capillaires. C'est probablement la plus accessible des trois parties.
- La partie II porte sur l'étude d'un magnétron, qui est un type de générateur d'ondes radio. Cet exercice combine électrostatique et mouvement d'une particule chargée. Il demande de bien savoir utiliser les équations de Maxwell et d'employer autant que possible les symétries du système. Si le début reste assez guidé, les dernières questions sont plutôt difficiles.
- La partie III explore le phénomène d'induction mutuelle entre deux bobines et les forces qui en résultent. Ces dernières peuvent entraîner la lévitation magnétique. Si l'exercice est classique, l'approche choisie et les approximations faites sont relativement inhabituelles. Cela peut rendre le problème artificiellement compliqué, surtout si le cours sur l'induction n'est pas très bien assimilé.

Le sujet utilise uniquement le programme de deuxième année. Il n'est pas particulièrement difficile, mais certaines questions sont assez délicates et nécessitent une prise d'initiative, notamment dans les parties II et III.

A2023 – PHYSIQUE II PSI



ÉCOLE DES PONTS PARISTECH,
ISAE-SUPAERO, ENSTA PARIS,
TÉLÉCOM PARIS, MINES PARIS,
MINES SAINT-ÉTIENNE, MINES NANCY,
IMT ATLANTIQUE, ENSAE PARIS,
CHIMIE PARISTECH - PSL.

Concours Mines-Télécom,
Concours Centrale-Supélec (Cycle International).

CONCOURS 2023

DEUXIÈME ÉPREUVE DE PHYSIQUE

Durée de l'épreuve : 4 heures

L'usage de la calculatrice ou de tout dispositif électronique est interdit.

*Les candidats sont priés de mentionner de façon apparente
sur la première page de la copie :*

PHYSIQUE II - PSI

L'énoncé de cette épreuve comporte 9 pages de texte.

Si, au cours de l'épreuve, un candidat repère ce qui lui semble être une erreur d'énoncé, il le signale sur sa copie et poursuit sa composition en expliquant les raisons des initiatives qu'il est amené à prendre.

Les sujets sont la propriété du GIP CCMP. Ils sont publiés sous les termes de la licence Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 3.0 France. Tout autre usage est soumis à une autorisation préalable du Concours commun Mines Ponts.



Mines Physique 2 PSI 2023 — Corrigé

Ce corrigé est proposé par Gaëlle Dumas (professeur en CPGE) ; il a été relu par Jean-Christophe Tisserand (professeur en CPGE) et Julien Dumont (professeur en CPGE).

Ce sujet est consacré à la mer. On y parle de planche à voile, puis de vagues. Ses deux parties totalement indépendantes.

- La partie I est consacrée au mouvement d'une planche à voile, lorsqu'elle se dirige dans le même sens que le vent puis quand elle « remonte » celui-ci. Après avoir étudié la force propulsive exercée par le vent dans un cas simple, une étude plus complète est proposée, qui prend en compte les forces de portance et de traînée dues au vent et à l'eau.
- Dans la partie II, on étudie quelques éléments de la physique des vagues de surface. Dans un premier temps, on considère un modèle de vagues linéaires dans lequel on étudie le champ de vitesses du fluide. On s'intéresse ensuite à l'influence du changement de profondeur à mesure que les vagues se rapprochent du rivage.

La difficulté des questions est progressive. Certaines sont très calculatoires, même si les applications numériques sont peu nombreuses. Cette épreuve permet de réviser en profondeur la mécanique des fluides et la physique des ondes.

A2023 – CHIMIE PSI



ÉCOLE DES PONTS PARISTECH,
ISAE-SUPAERO, ENSTA PARIS,
TÉLÉCOM PARIS, MINES PARIS,
MINES SAINT-ÉTIENNE, MINES NANCY,
IMT ATLANTIQUE, ENSAE PARIS,
CHIMIE PARISTECH - PSL.

Concours Mines-Télécom,
Concours Centrale-Supélec (Cycle International).

CONCOURS 2023

ÉPREUVE DE CHIMIE

Durée de l'épreuve : 1 heure 30 minutes

L'usage de la calculatrice ou de tout dispositif électronique est interdit.

*Les candidats sont priés de mentionner de façon apparente
sur la première page de la copie :*

CHIMIE - PSI

L'énoncé de cette épreuve comporte 5 pages de texte.

Si, au cours de l'épreuve, un candidat repère ce qui lui semble être une erreur d'énoncé, il le signale sur sa copie et poursuit sa composition en expliquant les raisons des initiatives qu'il est amené à prendre.

Les sujets sont la propriété du GIP CCMP. Ils sont publiés sous les termes de la licence Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 3.0 France. Tout autre usage est soumis à une autorisation préalable du Concours commun Mines Ponts.



Mines Chimie PSI 2023 — Corrigé

Ce corrigé est proposé par Alexandre Herault (professeur en CPGE); il a été relu par Claire Besson (enseignant-chercheur à l'université) et Stéphane Ravier (professeur en CPGE).

Ce problème a pour thème le complexe de chrome CrO_5 . Il est composé de trois parties indépendantes.

- La première partie, la plus longue, comporte des études structurales de la molécule. On s'intéresse aux degrés d'oxydation possibles pour l'élément oxygène et plus particulièrement à la molécule de peroxyde d'hydrogène H_2O_2 qui, comme le complexe étudié, comporte des atomes d'oxygène au degré +I.
- La deuxième partie étudie la formation de CrO_5 . On écrit l'équation de réaction sans grande aide du sujet, puis une étude de l'absorbance de la solution est menée. La façon dont cette étude est conduite n'est pas classique. Elle utilise des grandeurs et des notations qui pouvaient dérouter les candidats. Les questions de cette partie sont souvent calculatoires et techniques.
- La troisième partie, la plus courte, traite de l'évolution cinétique des solutions aqueuses de CrO_5 . On écrit de nouveau une équation de réaction, puis on mène une étude cinétique.

Cette épreuve, qui dure 1h30 seulement, est un exercice spécifique auquel il faut se préparer. Ce sujet est assez long mais de nombreuses questions dans la première partie ne nécessitent qu'une réponse concise et précise qu'il convenait de donner rapidement. La difficulté de cette épreuve est assez élevée en raison, notamment, d'équations de réaction non évidentes et pour lesquelles on n'est pas beaucoup guidé. Il est également regrettable que l'étude de l'absorbance ne soit pas faite de manière plus classique.

**ECOLE NORMALES SUPERIEURES
ECOLE POLYTECHNIQUE**

CONCOURS D'ADMISSION 2023

**MERCREDI 19 AVRIL 2023
08h00 - 12h00**

FILIERE PSI

PHYSIQUE (XSR)

Durée : 4 heures

***L'utilisation des calculatrices n'est pas
autorisée pour cette épreuve***

X/ENS Physique PSI 2023 — Corrigé

Ce corrigé est proposé par Tom Morel (professeur en CPGE) ; il a été relu par Louis Salkin (professeur en CPGE) et Olivier Frantz (professeur agrégé en école d'ingénieurs).

Ce sujet, composé de huit parties relativement indépendantes, porte sur les thermogénérateurs magnétiques.

- Les première et deuxième parties traitent du cycle de Carnot. Après avoir déterminé les différents fonctionnements possibles d'une machine thermique diatherme à travers le diagramme de Raveau, on calcule le rendement associé à un moteur de Carnot. Ensuite, on décrit plus spécifiquement le cycle de Carnot afin de calculer les différents transferts thermiques et le travail de ce cycle. Ces parties reposent essentiellement sur des notions de thermodynamique de première année.
- Dans la troisième partie, on étudie un cycle endoréversible, qui repose sur le cycle de Carnot mais dont les températures minimale et maximale sont différentes des températures des thermostats. On cherche à calculer la puissance maximale délivrée par ce cycle et à optimiser son rendement.
- L'étude d'un matériau magnéto-calorique est abordée dans la quatrième partie : il s'agit d'un matériau dont l'aimantation est fortement corrélée à la température. On détermine la variation de température du matériau lorsque le champ magnétique varie. Cette partie fait appel à des notions hors programme telles que les outils associés à la différentielle d'une grandeur.
- Les deux parties suivantes s'intéressent à la mécanique du thermogénérateur. Tout d'abord, on détermine l'expression des forces magnétiques qui s'appliquent sur le matériau. Ensuite, à partir du principe fondamental de la dynamique, on trouve les conditions pour avoir un équilibre instable lors du déplacement du matériau entre les sources chaude et froide.
- La modélisation thermique du thermogénérateur est faite dans la septième partie. La source chaude est assimilée à une résistance chauffante alimentée par un hacheur. Après avoir déterminé le profil de température dans les différentes couches du thermogénérateur, on exprime un encadrement sur le rapport cyclique afin de faire fonctionner la machine thermique.
- Enfin, un capteur de position capacitif est traité dans la dernière partie. On détermine tout d'abord les intensités qui traversent deux condensateurs plans en série et alimentés par des générateurs, pour les relier à la position et à la vitesse du matériau magnéto-calorique à l'intérieur du thermogénérateur.

Ce sujet est particulièrement long. Il fait appel à des connaissances de sup et de spé, principalement la thermodynamique et les milieux magnétiques. Des questions calculatoires sont mélangées à des questions d'interprétation des systèmes et phénomènes étudiés. Comme la calculatrice n'est plus autorisée pour cette épreuve, il faut s'entraîner pendant l'année à faire les applications numériques à la main.

ÉCOLES NORMALES SUPÉRIEURES
ÉCOLE POLYTECHNIQUE

CONCOURS D'ADMISSION 2023

VENDREDI 21 AVRIL 2023

8H00 – 13H00

FILIERE PSI

MODELISATION EN SCIENCES PHYSIQUES ET SCIENCES DE
L'INGENIEUR

Durée : 5 heures

L'utilisation de calculatrices n'est pas autorisée pour cette épreuve.

X/ENS Modélisation PSI 2023 — Corrigé

Ce corrigé est proposé par Nicolas Courrier (professeur en CPGE) ; il a été relu par Julien Dumont (professeur en CPGE) et Louis Salkin (professeur en CPGE).

Le sujet étudie un éco-bâtiment, principalement ses aspects thermiques.

- La première partie explique ce qu'est un éco-bâtiment, du point de vue de sa conception et de l'optimisation de l'utilisation de l'énergie. La mesure de l'efficacité d'un *green building* nécessite la collecte d'informations issues de différents capteurs. Ici, l'objectif est récupérer des mesures enregistrées dans une base de données.
- La deuxième partie s'intéresse à la modélisation et au contrôle thermique du bâtiment. Cette étape est essentielle pour mettre en place des stratégies de contrôle optimales de l'énergie. La thermique du bâtiment se modélise par analogie avec les lois de l'électrocinétique.
- L'objet de la troisième partie est la réalisation du contrôle de puissance de panneaux photovoltaïques. Pour cela, on utilise un pré-actionneur qui est un hacheur CBTN. Son étude fait l'objet de la première moitié des questions. Dans la seconde moitié, on élabore une stratégie pour que le contrôle du rapport cyclique n'engendre pas une instabilité de la commande générale.
- La dernière partie s'intéresse à la régulation énergétique du bâtiment afin d'obtenir une température souhaitée. On utilise, dans un premier temps, une approche numérique s'appuyant notamment sur la méthode d'Euler. Dans les dernières questions, une méthode de *machine learning* permet de simplifier la commande et d'améliorer la qualité des prédictions induites.

Ce sujet est très long et constitué essentiellement d'asservissements. Les questions sont tantôt très calculatoires, tantôt purement qualitatives. Il est difficile de savoir quel niveau de précision était attendu par les correcteurs. C'est un sujet intéressant pour apprendre à gérer des énoncés touchant de nombreuses thématiques.