

MP
Physique · Modélisation · Chimie
2024

Sous la coordination de

Sébastien DESREUX
ancien élève de l'École Normale Supérieure (Ulm)

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

Par

Marie AUSSERESSE
professeur agrégé

Maxime BARREAU
professeur agrégé

Valentin CLARISSE
École Polytechnique

Nicolas COURRIER
professeur en CPGE

Frédéric DUMET
professeur agrégé

Olivier FRANTZ
professeur agrégé en école d'ingénieurs

Alexandre HERAULT
professeur en CPGE

Étienne MARTEL
ENS Paris-Saclay

Tom MOREL
professeur en CPGE

Vincent ROSSETTO
chercheur au CNRS

Jimmy ROUSSEL
professeur agrégé en école d'ingénieurs

Sommaire

E3A

		Énoncé	Corrigé
Physique et Chimie	Quelques aspects de l'interaction entre le champ électromagnétique et la matière. Étude cinétique et thermodynamique d'une réaction d'isomérisation. <i>électromagnétisme, mécanique, cinétique chimique, thermodynamique, langage Python</i>	11	19

CONCOURS COMMUN INP

Physique	Interférences et diffraction. <i>optique, électromagnétisme, mécanique quantique</i>	37	51
Physique et Chimie	Bienvenue dans les Landes ! Sa forêt, ses traditions, ses plages. <i>électrocinétique, électromagnétisme, mécanique du solide, diffusion, cristallographie, solutions aqueuses, thermodynamique</i>	73	92

CENTRALE-SUPÉLEC

Physique et Chimie 1	Quelques aspects du transport ferroviaire. <i>thermodynamique, mécanique, traitement du signal, électronique, cristallographie, thermochimie, pile</i>	111	121
Physique et Chimie 2	Structure de la matière : atome classique, atome quantique et mouvement brownien. <i>mécanique newtonienne, mécanique quantique, électromagnétisme</i>	139	147

MINES-PONTS

Physique 1	Des objets astronomiques, de Mars à Sirius. <i>mécanique du point, mécanique quantique, statique des fluides</i>	163	170
Physique 2	Thermodynamique du froid. <i>thermodynamique, diffusion thermique, physique statistique</i>	187	195
Chimie	Industrie de l'extraction de l'uranium. <i>cristallographie, diagrammes E-pH, oxydoréduction, thermodynamique</i>	205	212

POLYTECHNIQUE-ENS

Physique	Différents aspects du champ électromagnétique : du classique au quantique. <i>électromagnétisme, physique statistique, physique quantique</i>	219	233
Physique et Sciences de l'Ingénieur	Rebonds d'une balle sur une surface en mouvement périodique. Le Delthaptic, un dispositif haptique parallèle à six degrés de liberté actifs. <i>mécanique du point, fermeture géométrique, cinématique, dynamique, liaisons équivalentes</i>	254	271

FORMULAIRES

Constantes chimiques	292
Constantes physiques	295
Formulaire d'analyse vectorielle	296
Classification périodique	300

SESSION 2024



MP9PC

ÉPREUVE SPÉCIFIQUE - FILIÈRE MP**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, bleu clair ou turquoise, 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 composé de deux problèmes indépendants.

- Tout résultat fourni dans l'énoncé peut être admis et utilisé par la suite, même s'il n'a pas été démontré par le candidat ou la candidate.
- Les explications des phénomènes étudiés interviennent dans l'évaluation au même titre que les développements analytiques et les applications numériques.
- Les résultats numériques exprimés sans unité ne sont pas comptabilisés.

e3a Physique et Chimie MP 2024 — Corrigé

Ce corrigé est proposé par Marie Ausseresse (professeur agrégé) et Alexandre Hérault (professeur en CPGE) ; il a été relu par Jimmy Roussel (professeur agrégé en école d'ingénieurs), Julien Dumont (professeur en CPGE), Stéphane Ravier (professeur en CPGE) et Frédéric Barbosa (professeur agrégé).

Cette épreuve comporte deux problèmes, l'un de physique, l'autre de chimie.

Le problème de physique traite de l'interaction entre champ électromagnétique et matière. Les quatre parties qui le composent sont en grande majorité indépendantes. Il est cependant conseillé de les traiter dans l'ordre car les notations sont introduites au fur et à mesure du sujet.

- La partie I est consacrée aux ondes électromagnétiques dans le vide. On retrouve l'équation de d'Alembert, on exprime les champs électrique et magnétique puis on finit par une approche énergétique.
- La partie II aborde le modèle de Bohr, notamment les niveaux d'énergie de transitions électroniques d'un atome grâce aux forces centrales.
- Dans la partie III, on s'intéresse à la pression de radiation. Le sujet propose deux méthodes pour retrouver son expression : d'une part, une approche ondulatoire de la lumière utilisant les relations de passage du champ électromagnétique ; d'autre part, une étude corpusculaire s'appuyant sur la quantité de mouvement.
- La partie IV, plus originale que les précédentes, présente la notion de force pondéromotrice et en propose l'étude dans l'objectif d'accélérer un électron.
- Dans le problème de chimie, on étudie un équilibre d'isomérisation. On écrit les lois de vitesse d'ordre 1 des réactions directe et inverse, puis on réalise une étude de l'absorbance de la solution. On réalise une régression linéaire par une simulation de Monte Carlo, qu'il faut commenter, ce qui permet d'obtenir les coefficients de la régression avec leurs incertitudes. On écrit la relation d'équilibre puis on calcule sa constante à l'aide de l'enthalpie libre standard de réaction. On peut ainsi déterminer numériquement les constantes cinétiques des deux réactions impliquées.

Les trois premières parties permettent une révision efficace du cours et des résultats classiques sur les ondes électromagnétiques dans le vide, les forces centrales et les ondes à l'interface d'un conducteur parfait. La quatrième partie, qui demande plus de maîtrise, permet de se confronter à une notion nouvelle qu'il faut s'approprier et mettre en œuvre dans le temps de l'épreuve.

Le problème de chimie est très court (11 questions). Mis à part l'analyse d'un code python, les questions correspondent à une application immédiate du cours de cinétique ou du cours de thermodynamique des réactions chimiques.

SESSION 2024



MP5P

ÉPREUVE SPÉCIFIQUE - FILIÈRE MP**PHYSIQUE****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, bleu clair ou turquoise, 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.

CCINP Physique MP 2024 — Corrigé

Ce corrigé est proposé par Maxime Barreau (professeur agrégé) ; il a été relu par Étienne Martel (professeur agrégé) et Frédéric Barbosa (professeur agrégé).

Ce sujet aborde différents aspects des interférences et de la diffraction à plusieurs ondes, ainsi que les interférences d'onde de matière en mécanique quantique.

- Dans la partie I, on revient sur la dualité onde/corpuscule pour la lumière. Cette partie s'intéresse à la diffraction d'un faisceau de photons arrivant sur une fente, à l'aide de l'inégalité d'Heisenberg, puis aborde l'effet photoélectrique pour mettre en évidence l'aspect corpusculaire de la lumière. Enfin, on aborde l'expérience des fentes de Young avec une source de photons uniques afin de confirmer la dualité onde-particule.
- La partie II développe le calcul des interférences à deux ondes dans un dispositif de fentes de Young et questionne la notion de cohérence temporelle pour une source quasi monochromatique. Le cas des interférences à trois ondes est ensuite abordé dans un dispositif légèrement différent, avec l'utilisation de lentilles.
- La partie III est consacrée à la diffraction par un réseau de N fentes et à l'effet Talbot optique. Après avoir calculé l'intensité diffractée par le réseau, le sujet s'intéresse aux différents ordres de diffraction. On développe ensuite le calcul de l'intensité lorsqu'on ne néglige plus la taille des fentes diffractantes, ce qui mène à l'effet Talbot en optique et à son application dans le domaine médical.
- La partie IV revient sur la mécanique quantique en s'intéressant aux interférences d'ondes de matière. Cette partie évoque dans un premier temps la longueur d'onde de de Broglie afin d'expliquer pourquoi les microscopes électroniques ont une meilleure résolution que les microscopes optiques. La fin de la partie est consacrée aux interférences dans un dispositif de type fentes de Young avec des atomes d'Hélium puis avec des atomes de Néon ultra-froids.

Ce sujet est une étude extensive des interférences via des fentes de Young et de la diffraction par un réseau. De plus, les questions relatives à la mécanique quantique permettent de revoir plusieurs relations utiles ainsi que leur mise en œuvre, comme la relation de Planck-Einstein, le principe d'indétermination d'Heisenberg ou encore la relation de de Broglie.

SESSION 2024



MP2PC

ÉPREUVE SPÉCIFIQUE - FILIÈRE MP**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, bleu clair ou turquoise, 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.

CCINP Physique et Chimie MP 2024 — Corrigé

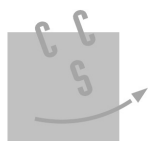
Ce corrigé est proposé par Frédéric Dumet (professeur agrégé) et Alexandre Herault (professeur en CPGE) ; il a été relu par Arthur Alexandre (ENS Paris-Saclay), Émilie Frémont (professeur en CPGE), Frédéric Barbosa (professeur agrégé) et Stéphane Ravier (professeur en CPGE).

Cette épreuve de physique-chimie comporte cinq parties indépendantes qui constituent une excursion scientifique en pays landais.

- La partie I s'intéresse aux besoins en eau d'un pin de la forêt landaise. Après quelques questions de thermochimie et d'analyse dimensionnelle, on fait le lien entre l'écoulement de l'eau dans le pin et le déplacement des charges dans un conducteur. La résolution de cette partie utilise des connaissances d'électromagnétisme.
- La partie II étudie la résine du pin. On s'intéresse d'abord à sa récupération par hydrodistillation ; les notions de fraction molaire, de pression partielle, ainsi que l'utilisation du diagramme (P,T) sont mobilisées. Les deux dernières questions montrent une application de la méthode de détermination de la température de flamme. La réaction étudiée intervient dans l'utilisation d'un antiseptique vétérinaire fabriqué à partir de térébenthine et de diiode.
- Dans la partie III, on explore les bénéfices de la marche avec des échasses. Le sujet traite des différentes phases de la marche et de l'influence du port des échasses sur celles-ci. Dans cette partie assez calculatoire, le marcheur sera modélisé par un solide. Des connaissances variées de mécanique sont sollicitées notamment le théorème du moment cinétique et les théorèmes énergétiques.
- Dans la partie IV, on s'intéresse, via la chimie des solutions, à la fabrication du pastis landais, qui est une pâtisserie briochée traditionnelle. On utilise notamment un diagramme de distribution d'espèces acido-basiques.
- Dans la partie V, ce sont les thèmes du bronzage et de la protection solaire qui sont abordés. On étudie d'abord la pénétration des ondes dans l'épiderme via sa modélisation par un milieu conducteur, ce qui nécessite des connaissances en électromagnétisme et en diffusion. Les questions de chimie portent sur la cristallographie et le titrage iodométrique.

Ce sujet ludique aborde, en physique, un spectre large des thèmes de première et seconde années (mécanique, thermochimie, cristallographie, électromagnétisme et électrocinétique). Les questions sont globalement classiques et les raisonnements sont proches de ceux faits en cours. La lourdeur des notations, qui a cependant le mérite d'éviter des ambiguïtés, pouvait rendre la rédaction de certaines réponses laborieuse voire difficile.

Les questions de chimie sont généralement très dirigées et il convenait de simplement se laisser guider par l'énoncé. Les thèmes abordés sont variés et intéressants mais de nombreuses questions se limitent à des calculs de masses molaires, de masses ou de quantités de matière, ce qui est décevant, à l'exception des questions 17 (température de flamme) et 38 à 42 (titrage iodométrique).



CONCOURS CENTRALE-SUPÉLEC

4 heures

Calculatrice autorisée

Physique-chimie 1

MP

2024

Quelques aspects du transport ferroviaire

La première locomotive à vapeur date de 1804, elle a été conçue par un ingénieur des mines anglais Richard Trevithick, comme une application de la machine à vapeur. Depuis, le transport ferroviaire a connu une évolution rapide ; il apparaît aujourd'hui comme une solution écologique au désir et au besoin de mobilité d'une population mondiale qui ne cesse de croître.



Figure 1 Gauche : La locomotive de Trevithick. Droite : train fonctionnant avec une pile à hydrogène

I La motorisation des trains

Le Coradia iLint est le premier train à hydrogène au monde, propulsé par une pile à combustible. Il est basé sur le Coradia Lint 54, un modèle de locomotive diesel produit par Alstom. Ce type de machines thermiques, dédié aux voies non électrifiées, est très largement répandu sur les lignes régionales en Allemagne mais aussi en France.

L'objectif de cette partie est d'étudier un moteur diesel puis une pile à combustible à hydrogène utilisée à bord du Coradia iLint.

I.A – Le moteur Diesel

Le moteur des locomotives diesel fut inventé en 1892 par l'ingénieur allemand Rudolf Diesel. Les premières locomotives « Diesel-mécanique » où la puissance est transmise par l'intermédiaire d'une boîte de vitesse à pignons furent rapidement remplacées par des locomotives « Diesel-électrique » où le moteur diesel, en tournant, entraîne un alternateur. Ce dernier fournit de l'énergie à plusieurs moteurs électriques de traction.

On modélise le fonctionnement d'un moteur Diesel en considérant un système fermé, constitué de n moles de gaz parfait diatomique, décrivant le cycle réversible dont les caractéristiques sont décrites ci-dessous.

- *Admission A_0A* : la soupape d'arrivée de l'air est ouverte, celles d'arrivée de gasoil et celle d'échappement des gaz sont fermées. La pression est $P_{\text{atm}} = 1,00 \times 10^5 \text{ Pa}$ et la température $T_{\text{atm}} = 300 \text{ K}$. Le volume passe de V_{min} à V_{max} de façon isobare.
- *Compression AB* : les soupapes sont fermées. Le volume de l'air admis passe de V_{max} à V_{min} de manière adiabatique et réversible.
- *Injection et combustion BC* : les soupapes sont fermées, sauf celle d'injection du gasoil. Une petite quantité de gasoil est injectée et la combustion se produit. Le volume augmente jusqu'à V_C . On modélise cette phase par une évolution isobare.
- *Détente CD* : les soupapes sont toutes fermées. L'injection cesse en C et le mélange subit une détente adiabatique et réversible jusqu'à atteindre un volume V_{max} .
- *Refroidissement DA* : la soupape d'échappement est ouverte. La pression diminue brutalement jusqu'à P_{atm} , le volume restant constant.
- *Ejection AA_0* : la soupape d'échappement est ouverte, les autres fermées. Le volume passe de V_{max} à V_{min} de façon isobare.

Q 1. Représenter le cycle Diesel $A_0 - A - B - C - D - A - A_0$ dans le diagramme de Watt (P, V).

Q 2. On définit le rapport volumétrique de compression $x = V_{\text{max}}/V_{\text{min}}$, ainsi que le rapport volumétrique de détente $y = V_{\text{max}}/V_C$. Exprimer les pressions P_B et P_D en fonction de P_{atm} , x , y et du rapport $\gamma = C_{pm}/C_{vm}$, des capacités thermiques molaires à pression et à volume constant du gaz considéré.

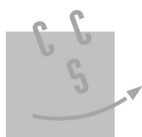
Centrale Physique et Chimie 1 MP 2024 — Corrigé

Ce corrigé est proposé par Vincent Rossetto (chercheur au CNRS) et Alexandre Herault (professeur en CPGE) ; il a été relu par Valentin Clarisse (École polytechnique), Émilie Frémont (professeur en CPGE), Stéphane Ravier (professeur en CPGE) et Frédéric Barbosa (professeur agrégé).

Ce sujet a pour thème le transport ferroviaire. Il fait appel à de vastes parties des programmes de physique et de chimie. Il comporte trois parties indépendantes dont les deux premières sont elles-mêmes constituées de deux exercices indépendants. La dernière partie, quant à elle, est composée de trois exercices à traiter dans l'ordre.

- On s'intéresse d'abord à la motorisation des trains selon deux méthodes : le moteur Diesel et la pile à combustible. Dans un premier temps, on mène une étude physique du moteur Diesel, modélisé par un cycle thermodynamique. Puis, dans un second temps, on conduit une étude chimique autour d'une pile à combustible, qui donne lieu à des questions sur la thermodynamique des piles et sur la cristallographie.
- La deuxième partie traite de la mécanique du transport ferroviaire. Le premier exercice s'intéresse à la mise en mouvement d'un train. Le second se concentre sur les forces inertielles qui agissent sur le train en mouvement.
- La dernière partie est dédiée à l'étude d'un dispositif de communication sans fil, le LiFi, analogue au WiFi mais qui exploite la lumière visible pour transmettre l'information. L'émission et de la réception sont décrites par des circuits électroniques. L'étude utilise également des notions de traitement du signal qui permettent de déterminer le débit maximal du dispositif.

Cette épreuve rassemble en réalité plusieurs exercices très classiques, sans surprise ou difficulté. Répondre à toutes les questions dans le temps imparti nécessitait d'être efficace et d'aller à l'essentiel. L'ensemble constitue un entraînement intéressant pour le concours Centrale-Supélec.



CONCOURS CENTRALE•SUPÉLEC

4 heures

Calculatrice autorisée

Physique-Chimie 2

MP

2024

Ce problème aborde quelques aspects historiques de la description de la structure de la matière telle qu'elle a été élaborée au XX^{ème} siècle.

Il comprend trois parties largement indépendantes entre elles. La première partie porte sur le modèle classique de l'atome et analyse quelques étapes de sa construction, ainsi qu'une de ses faiblesses principales. La deuxième partie porte sur une analyse quantique élémentaire de l'atome d'hydrogène et présente une expérience illustrant la dualité onde-corpuscule. La troisième partie, enfin, présente une preuve macroscopique de l'« hypothèse atomique » au travers de l'étude du mouvement Brownien.

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.

Partie A – L'atome classique : réussites et difficultés

I Le modèle « *plum pudding* » de J. J. Thomson

Dans la foulée de sa « découverte » de l'électron, J.J Thomson proposa en 1904 un modèle d'atome appelé communément modèle du *plum-pudding*. Dans ce modèle, l'atome est assimilé à une sphère de rayon a_0 contenant les électrons, particules ponctuelles de charge $-q_e$ et de masse m . Ceux-ci se déplacent au sein d'une répartition volumique de charge positive ρ supposée uniforme dans le volume de l'atome et dont la présence assure l'électronéutralité de l'atome.

Dans la suite nous nous limiterons à un modèle d'atome d'hydrogène pour simplifier.

I.A – Champ électrique de la distribution de charge positive.

Commençons par déterminer le champ électrique engendré par la distribution volumique de charge positive.

Q 1. Justifier par des considérations de symétrie que ce champ électrique est radial (on se placera en coordonnées sphériques).

Q 2. Utiliser les invariances pour montrer que la distance radiale r est le seul paramètre pertinent pour caractériser le champ électrique.

Q 3. Rappeler tout d'abord le théorème de Gauss en vous appuyant sur un schéma permettant d'illustrer les notations. Appliquer ce théorème en exploitant les considérations de symétrie et d'invariance au cas de la distribution de charges considérée, dont la charge totale est notée $Q = +q_e$. En déduire que le champ électrique à l'intérieur de l'atome s'écrit $\vec{E} = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 a_0^3} \vec{r}$ où $\vec{r} = r \vec{u}_r$ est le vecteur radial et $\vec{u}_r$ le vecteur radial unitaire.

I.B – Étude mécanique.

On cherche à présent à décrire le mouvement d'un électron par rapport à un référentiel relativement auquel la distribution de charge positive étudiée précédemment est au repos. On supposera ce référentiel galiléen.

À un instant pris comme origine, l'électron est placé dans l'atome à une distance initiale $r_0 < a_0$ avec une vitesse $\vec{v}_0$ telle qu'il reste toujours à l'intérieur de l'atome. On prend comme valeur numérique pour le rayon atomique $a_0 = 1,0 \cdot 10^{-10}$ m.

Q 4. Justifier que le poids de l'électron est négligeable par rapport à la force électrique qu'il subit.

Q 5. Montrer que le mouvement est plan.

Q 6. En prenant un repère cartésien Oxy de ce plan dont l'origine coïncide avec le centre de l'atome, montrer que les coordonnées de l'électron obéissent au système d'équations suivant :

$$\begin{cases} \ddot{x} + \omega_0^2 x = 0 \\ \ddot{y} + \omega_0^2 y = 0 \end{cases}$$

où ω_0 est une pulsation que l'on exprimera en fonction de la charge élémentaire q_e , de la masse de l'électron m , du rayon atomique a_0 et de la constante diélectrique du vide ϵ_0 .

Q 7. Si on suppose la vitesse initiale dirigée perpendiculairement au rayon vecteur, caractériser la trajectoire de l'électron dans l'atome.

Centrale Physique et Chimie 2 MP 2024 — Corrigé

Ce corrigé est proposé par Valentin Clarisse (École polytechnique) ; il a été relu par Tom Morel (professeur en CPGE), Olivier Frantz (professeur agrégé en école d'ingénieurs) et Frédéric Barbosa (professeur agrégé).

Le sujet porte sur la description de la structure de la matière à l'échelle atomique, en présentant divers modèles élaborés au cours du XX^e siècle. Il se compose de trois parties indépendantes. Chacune aborde un thème du programme différent : mécanique classique (mouvement à force centrale) et électromagnétisme (rayonnement dipolaire) dans la partie I, mécanique quantique (instabilité de l'atome d'hydrogène) dans la partie II et diffusion (mouvement brownien) dans la partie III.

- Dans la partie I, on s'intéresse à une modélisation classique de l'atome. On commence par étudier le modèle du « plum pudding » de Thomson, puis l'expérience de Rutherford montrant l'existence du noyau et on termine par l'instabilité de l'atome d'hydrogène classique.
- La partie suivante porte sur une modélisation quantique de l'atome. Elle mobilise l'inégalité de Heisenberg pour établir la stabilité de l'atome d'hydrogène quantique et présente une expérience de diffusion électronique mettant en valeur la dualité onde-corpuscule.
- La dernière partie aborde le mouvement brownien, en étudiant l'expérience de Brillouin et Perrin.

De difficulté modérée, ce sujet est un bon outil pour balayer un grand nombre de notions au programme, en apportant une perspective historique et expérimentale intéressante. Il permet également de s'entraîner à la rapidité, tout en vérifiant que des notions essentielles du programme sont acquises. Il est à noter que la chimie est absente de ce sujet.



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 2024

PREMIÈRE ÉPREUVE DE PHYSIQUE

Durée de l'épreuve : 3 heures

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

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

PHYSIQUE I - MP

L'énoncé de cette épreuve comporte 6 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 MP-MPI 2024 — Corrigé

Ce corrigé est proposé par Étienne Martel (professeur agrégé) ; il a été relu par Steve Arnefaux (professeur en CPGE), Louis Salkin (professeur en CPGE) et Frédéric Barbosa (professeur agrégé).

Ce sujet est consacré à l'astrophysique. Ses deux parties sont indépendantes.

- La première partie est consacrée aux planètes. Elle commence par l'étude classique du mouvement d'une planète dans un champ de force centrale. L'analogie entre gravitation et électromagnétisme fournit le champ de gravité de l'étoile. Les principales caractéristiques du mouvement sont établies. Ensuite, l'énoncé demande d'écrire un code en Python servant à tracer une courbe. Pour finir, on estime la distance entre la Terre et le Soleil en s'inspirant d'une méthode utilisée par l'astronome Cassini.
- La seconde partie s'intéresse à la stabilité des étoiles : comme elles ne sont pas solides, qu'est-ce qui empêche leur effondrement sous l'effet de la gravitation ? On définit d'abord l'énergie gravitationnelle de l'étoile (sous-partie II.A). On apporte ensuite une réponse, valable pour les étoiles standard, en examinant les effets de l'agitation thermique via la statique de fluides (II.B). Une autre réponse résulte du principe d'incertitude (II.C), qui s'avère prépondérant dans le cas des naines blanches (II.D). La sous-partie II.C, moins guidée que les autres, demande une bonne maîtrise du cours sur l'équation de Schrödinger.

Les questions permettent de réviser les cours sur les forces centrales, la statique des fluides, l'analogie entre champ électrostatique et champ gravitationnel, et la mécanique quantique de deuxième année. La difficulté et la longueur de ce sujet commun MP/MPI sont modérées.

A2024 – PHYSIQUE II MP



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 2024

DEUXIÈME ÉPREUVE DE PHYSIQUE

Durée de l'épreuve : 3 heures

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

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

PHYSIQUE II - MP

L'énoncé de cette épreuve comporte 7 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 MP 2024 — Corrigé

Ce corrigé est proposé par Tom Morel (professeur en CPGE) ; il a été relu par Frédéric Dumet (professeur agrégé), Steve Arnefaux (professeur en CPGE) et Frédéric Barbosa (professeur agrégé).

Ce sujet, composé de deux parties indépendantes de longueurs inégales, porte sur le refroidissement des supraconducteurs.

- La première partie s'intéresse au système de refroidissement. On commence par déterminer les propriétés du champ de température à l'intérieur du supraconducteur. On obtient ensuite le profil de température du liquide de refroidissement à l'extérieur du supraconducteur puis on détermine le temps caractéristique de refroidissement. Dans une seconde sous-partie, indépendante, on obtient la température maximale à l'intérieur du supraconducteur. Cette partie utilise essentiellement la diffusion thermique.
- L'étude du réfrigérateur à détente de gaz est réalisée dans la seconde partie. Une première sous-partie fait appel à la thermodynamique des gaz parfaits et des gaz de van der Waals. La seconde analyse la détente adiabatique et isenthalpique d'un gaz de van der Waals. Seuls des outils de thermodynamique et de physique statistique sont nécessaires pour traiter ces questions. Notons que la question 16 était infaisable en n'utilisant que le programme de prépa.

Cette épreuve de longueur raisonnable alterne questions de cours et raisonnements plus difficiles. Peu de résultats intermédiaires sont donnés ; toutefois, le sujet comporte suffisamment de passages indépendants pour qu'il soit toujours possible de progresser. Signalons enfin que ce sujet est assez mal formulé ; notamment, certaines grandeurs ne sont pas définies par l'énoncé.

A2024 – CHIMIE MP



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 2024

Durée de l'épreuve : 1 heure 30 minutes

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

ÉPREUVE DE CHIMIE

Durée de l'épreuve : 1 heure 30 minutes

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

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

CHIMIE - MP

L'énoncé de cette épreuve comporte 6 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 MP 2024 — Corrigé

Ce corrigé est proposé par Alexandre Herault (professeur en CPGE) ; il a été relu par Augustin Long (professeur en CPGE) et Stéphane Ravier (professeur en CPGE).

Ce sujet a pour thème l'extraction de l'uranium. Il comporte quatre courtes parties constituées pour l'essentiel d'applications immédiates du cours.

- La première partie est une étude cristallographique de l'uraninite UO_2 . On représente la maille cubique, puis on mène les calculs classiques pour déterminer le paramètre de maille, la population, la compacité et la masse volumique.
- La deuxième partie, qui est la plus longue, traite du diagramme potentiel-pH de l'uranium. Il convient, comme d'habitude, de placer les différentes espèces dans les domaines. On utilise ensuite la relation de Nernst et les équilibres de précipitation pour déterminer numériquement quelques caractéristiques des droites frontières. Finalement, on établit l'équation de réaction d'un titrage par l'ion permanganate et on calcule sa constante d'équilibre grâce aux potentiels standard.
- La troisième partie, assez courte, est une étude thermodynamique de la réaction de réduction de UO_3 en UO_2 par l'ammoniac. On calcule les grandeurs standard de réaction et la constante d'équilibre, ainsi que la variation de cette dernière avec la température, à l'aide des lois classiques du cours.
- La dernière partie ne comporte qu'une seule question, dans laquelle on doit utiliser la relation à l'équilibre pour trouver numériquement une constante d'équilibre en manipulant des pressions.

Cette épreuve, qui dure 1h30 seulement, est un exercice spécifique auquel il faut se préparer. Ce sujet est court et il était possible de le traiter intégralement en maîtrisant les principes fondamentaux du cours en cristallographie, oxydoréduction et thermodynamique, ce qui en fait un très bon entraînement pour les sessions futures.

**ECOLE POLYTECHNIQUE
ECOLES NORMALES SUPERIEURES**

CONCOURS D'ADMISSION 2024

**MERCREDI 17 AVRIL 2024
08h00 - 12h00**

FILIERE MP - Epreuve n° 5

PHYSIQUE (XULSR)

Durée : 4 heures

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

X/ENS Physique MP 2024 — Corrigé

Ce corrigé est proposé par Jimmy Roussel (professeur agrégé en école d'ingénieurs) ; il a été relu par Vincent Rossetto (chercheur au CNRS), Jacques Ding (École Polytechnique) et Frédéric Barbosa (professeur agrégé).

Ce sujet propose l'étude de différents aspects associés au champ électromagnétique, certains relevant d'une description classique, d'autres d'une approche quantique. Les trois parties sont indépendantes.

- La première partie se place dans le cadre de la théorie de Maxwell. On montre que l'on peut associer une quantité de mouvement et un moment cinétique à tout champ électromagnétique. L'étude de l'action d'un solénoïde sur une charge électrique illustre comment un champ électromagnétique transfère sa quantité de mouvement à une particule.
- Ensuite, c'est le rayonnement du corps noir et l'énigme de la « catastrophe ultraviolette » qui fait l'objet de la seconde partie. Il s'agit essentiellement de déterminer la répartition spectrale de l'énergie électromagnétique confinée dans une enceinte cubique maintenue à une température fixe. L'approche de Rayleigh-Jeans est abordée, puis vient l'hypothèse de Planck qui résout la « catastrophe ultraviolette » et signe la naissance de la mécanique quantique.
- La dernière partie, la plus longue, se concentre sur le concept de photon. On débute par l'étude de l'effet photoélectrique, puis on s'intéresse à la statistique d'émission des photons pour deux types de sources : le laser et le rayonnement thermique. Enfin, l'étude du photomultiplicateur en tant que capteur permettant la détection de photons uniques termine l'épreuve.

Ce sujet intéressant, mais particulièrement long, constitue un bon moyen de s'entraîner sur le programme de spé puisqu'il couvre l'électromagnétisme, la physique statistique, les phénomènes ondulatoires et la physique quantique.

À noter que la calculatrice était interdite, comme c'est l'usage à cette épreuve, et que le jury déplore régulièrement le faible intérêt des candidats pour les calculs numériques. Dommage, car ce sont des points facilement gagnés, sans compter qu'une application numérique permet d'évaluer la vraisemblance d'une formule.

ÉCOLE POLYTECHNIQUE**CONCOURS D'ADMISSION 2024****MARDI 16 AVRIL 2024****14h00 – 18h00****FILIÈRE MP – Épreuve n° 4****PHYSIQUE ET SCIENCES
DE L'INGÉNIEUR (X)****Durée : 4 heures**

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

Cette composition ne concerne qu'une partie des candidats de la filière MP, les autres candidats effectuant parallèlement la composition d'informatique A.

Pour la filière MP, il y a donc deux enveloppes de sujets, pour cette séance.

X Physique et Sciences de l'ingénieur MP 2024

Corrigé

Ce corrigé est proposé par Olivier Frantz (professeur agrégé en école d'ingénieurs) et Nicolas Courrier (professeur en CPGE) ; il a été relu par Tom Morel (professeur en CPGE), Jacques Ding (École Polytechnique), Julien Dumont (professeur en CPGE) et Frédéric Barbosa (professeur agrégé).

Ce sujet est composé de deux problèmes disjoints, l'un de Physique, l'autre de Sciences de l'ingénieur. La partie Physique traite des rebonds d'une balle sur une surface oscillante et des conditions pour que ces rebonds soient stables et synchronisés avec le mouvement de la surface.

- La première partie, indépendante des suivantes, modélise la déformation visco-élastique de la balle pour établir une relation entre les vitesses avant et après rebond. On évalue ainsi le coefficient de restitution de la balle.
- Dans la partie 2.1, on étudie les conditions de synchronisation du mouvement d'une balle qui rebondit sur un plateau qui oscille sinusoidalement.
- La partie 2.2 établit des critères de stabilité de rebonds synchronisés, à l'aide de développements asymptotiques des perturbations par rapport à l'équilibre.

La première partie est très proche du cours de mécanique. La deuxième, plus originale, fait appel aux capacités de raisonnement, d'initiative et de synthèse ; elle demande plus d'habileté en mathématiques qu'en physique et n'évalue pas la connaissance de points particuliers du cours.

La partie Sciences de l'ingénieur étudie un robot haptique, c'est-à-dire destiné à restituer la sensation du toucher et du déplacement dans l'espace. Il peut notamment interagir avec un objet virtuel ou un autre robot, pilotant alors ce dernier. Ce type de dispositif peut notamment être utilisé dans le domaine chirurgical pour effectuer une opération sur un patient à plusieurs milliers de kilomètres ; ou encore permettre à un utilisateur d'effectuer des entraînements virtuels dans divers domaines (médecine, opération de soudage, etc.).

Le dispositif étudié est le robot Delthaptic, qui est un robot à 6 degrés de liberté : les 3 translations et les 3 rotations dans l'espace. Sa structure s'appuie sur deux robots, appelés Delta, disposés en parallèle. L'opérateur agit sur une poignée pour piloter les 6 degrés de liberté.

- La première partie présente le dispositif et ne donne lieu à aucune question.
- La deuxième partie analyse structurellement un robot Delta et étudie des mouvements particuliers. Il s'agit principalement d'une étude géométrique et cinématique ; une étude dynamique est également menée pour déterminer les couples moteur utiles au bon fonctionnement du robot.
- L'objet de la troisième partie est le fonctionnement de la poignée et des liaisons de celle-ci avec les plateformes des deux robots Delta. Là encore, il s'agit principalement de deux études, l'une cinématique et la seconde dynamique.

Ce sujet porte sur les principaux aspects des études mécaniques que l'on peut rencontrer au programme de prépa. Il est un peu répétitif dans son approche, ce qui permet de bien s'approprier les méthodes associées.