

MP  
Physique · Modélisation · Chimie  
2025

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

Hector ABEL  
ENS Paris-Saclay

Arthur ALEXANDRE  
ENS Paris-Saclay

Jérôme BACK  
professeur en CPGE

Maxime BARREAU  
professeur agrégé

Claire BESSON  
enseignant-chercheur à l'université

Nathan CHAPELLE  
professeur agrégé

Nicolas COURRIER  
professeur en CPGE

Julien DUMONT  
professeur en CPGE

Alexandre HERAULT  
professeur en CPGE

Étienne MARTEL  
ENS Paris-Saclay

Jimmy ROUSSEL  
professeur agrégé en école d'ingénieurs

Jean-Christophe TISSERAND  
professeur en CPGE

---

# Sommaire

---

		Énoncé	Corrigé
	<b>E3A</b>		
Physique et Chimie	Suivi médical d'un spationaute. <i>mécanique du point, magnétostatique, induction, thermochimie, chimie des solutions acidobasiques, titrage, cinétique chimique, simulation numérique, électromagnétisme, ondes, électrostatique</i>	11	24

## CONCOURS COMMUN INP

Physique	La planète Terre. <i>mécanique du point, ondes électromagnétiques, électromagnétisme, Python</i>	41	60
Physique et Chimie	Le synchrotron SOLEIL. La batterie au plomb. <i>électromagnétisme, optique, cristallographie, solutions aqueuses, oxydoréduction, courbes courant-potentiel</i>	85	97

## CENTRALE-SUPÉLEC

Physique et Chimie 1	Observation et protection côtières. <i>électromagnétisme, optique ondulatoire, électronique, solutions aqueuses, oxydoréduction, courbes courant-potentiel, cristallographie</i>	115	126
Physique et Chimie 2	Faire l'image d'une exoplanète. <i>optique, mécanique du point, Python</i>	149	163

### MINES-PONTS

Physique 1	Impulsion mécanique et mesures optiques. <i>mécanique du point, relativité restreinte, optique ondulatoire, interféromètre de Michelson, mécanique quantique</i>	183	191
Physique 2	Mesure et caractérisation du champ de pesanteur. <i>mécanique du point, mécanique quantique</i>	209	216
Chimie	Chimie et céramiques. <i>cristallographie, oxydoréduction, diagrammes E-pH, thermodynamique</i>	234	239

### POLYTECHNIQUE-ENS

Physique	La lévitation électrique. <i>électrostatique, mécanique du point, mécanique des solides, oscillateur harmonique, théorie cinétique des gaz, transferts thermiques</i>	246	255
Physique et Sciences de l'Ingénieur	Exosquelette actif. Instabilité d'ondulation d'une couche de cristal liquide. <i>mécanique du point, théorème de l'énergie cinétique, asservissements (structure et correction)</i>	274	290

### FORMULAIRES

Constantes chimiques	316
Constantes physiques	319
Formulaire d'analyse vectorielle	320
Classification périodique	324

SESSION 2025



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.**

- 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 résultats numériques exprimés sans unité ou avec une unité fautive ne sont pas comptabilisés.

## e3a Physique et Chimie MP 2025 — Corrigé

Ce corrigé est proposé par Julien Dumont (professeur en CPGE) ; il a été relu par Jérôme Back (professeur en CPGE) et Frédéric Barbosa (professeur agrégé).

---

Le sujet porte sur le suivi médical d'un spationaute. Ses quatre parties sont indépendantes et de longueurs et difficultés comparables.

- Dans la partie I, portant sur la mécanique de première année, on s'interroge sur la définition du poids en impesanteur, puis on estime l'impact de celle-ci sur la mesure du poids d'un être humain. Les spationautes peuvent en effet perdre de la masse musculaire, voire de la masse osseuse, lors d'un séjour dans une station spatiale.
- La deuxième partie étudie un système évitant l'atrophie des muscles, sous la forme d'un vélo spécial nommé CEVIS. Il s'agit tout d'abord, à partir d'induction et de magnétostatique, de concevoir le vélo lui-même. Dans un second temps, on étudie les métabolismes aérobie et anaérobie du sportif ainsi que l'évolution de la concentration d'acide lactique dans le sang. C'est l'occasion d'aborder les réactions acido-basiques, le titrage pH-métrique et un peu de cinétique chimique, à l'aide de quelques lignes de code en Python.
- La partie suivante porte sur l'ostéodensitométrie, méthode permettant de surveiller la déminéralisation des os en impesanteur. Pour cela, on tire profit des profondeurs de propagation des champs magnétique et électrique à travers les os.
- La dernière partie définit ce qu'est un électrocardiogramme, modélise un neurone humain grâce à l'électrostatique, puis montre comment l'analyse des différences de potentiels électriques relevés lors d'examen permet de remonter à la présence ou l'absence de défauts cardiaques.

Ce sujet très original et agréable aborde de nombreux thèmes du programme. C'est un très joli sujet de révision. Il nécessite de connaître son cours des deux années de préparation, d'avoir un peu de recul sur les phénomènes abordés et de sens physique, et permet de s'entraîner au fil du sujet aux applications numériques, qui sont ramenées à des considérations pratiques et concrètes dans ce sujet.

SESSION 2025



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 interdites.**

**Le sujet est composé de trois parties, toutes indépendantes.**

ensuite

## CCINP Physique MP 2025 — Corrigé

Ce corrigé est proposé par Jean-Christophe Tisserand (professeur en CPGE); il a été relu par Étienne Martel (ENS Paris-Saclay) et Louis Salkin (professeur en CPGE).

---

Cette épreuve aborde plusieurs aspects des satellites en orbite autour de la Terre. Ses trois parties sont indépendantes.

- La première partie étudie le mouvement d'un satellite à l'aide de la mécanique du point, en montrant notamment les différentes trajectoires qu'il est possible d'obtenir et comment passer de l'une à l'autre.
- La deuxième s'intéresse à la mesure du niveau des océans grâce à un radar à impulsions dont la fréquence peut être modulée. On s'attache ensuite aux corrections à apporter à la mesure en raison des changements d'indice dans l'ionosphère.
- La dernière partie présente un moyen de faire voyager des engins spatiaux : la voile solaire. Une fois la pression de radiation présentée, on étudie le code d'une méthode numérique visant à orienter la voile pour que le vaisseau puisse quitter l'attraction terrestre. La voile solaire faisait aussi l'objet de la troisième partie du sujet Centrale Physique 2 MP 2025.

Ce sujet est long mais aussi intéressant et varié. C'est une excellente occasion de réviser des parties importantes du programme des deux années de prépa : mécanique du point, électromagnétisme et ondes électromagnétiques. Il inclut également quelques questions de programmation en Python.

SESSION 2025



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 interdites.**

**Le sujet est composé de deux problèmes indépendants.**

## CCINP Physique et Chimie MP 2025 — Corrigé

Ce corrigé est proposé par Nathan Chapelle (professeur agrégé); il a été relu par Jean-Christophe Tisserand (professeur en CPGE), Frédéric Barbosa (professeur agrégé) et Stéphane Ravier (professeur en CPGE).

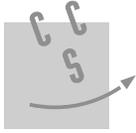
---

Cette épreuve comporte deux problèmes, l'un de physique, l'autre de chimie. Le problème de physique traite de l'accélérateur de particules synchrotron SOLEIL situé en France sur le plateau de Saclay. Il comporte cinq parties indépendantes.

- La partie I porte sur des généralités concernant les électrons accélérés dans le synchrotron et permet d'estimer quelques ordres de grandeur à leur sujet. Cette partie nécessite très peu de connaissances et est accessible dès la première année.
- La partie II aborde le fonctionnement d'un quadrupôle dont l'objectif est de focaliser le faisceau d'électrons dans l'anneau de stockage. Après avoir estimé l'amplitude du champ magnétique nécessaire pour confiner les électrons sur une trajectoire circulaire, une étude des propriétés de symétrie du champ résultant des quatre bobines permet de déduire la force magnétique agissant sur les électrons au voisinage du centre du dispositif.
- Dans la partie III, on s'intéresse au rayonnement émis par les électrons accélérés dans le synchrotron. Cette partie reprend le modèle très classique du rayonnement d'un dipôle oscillant avant de le comparer au cas du rayonnement émis par un électron relativiste.
- La partie IV, très brève, permet de comprendre qualitativement le caractère directif du rayonnement synchrotron. Pour ce faire, on considère une émission isotrope de particules dans le référentiel de l'électron et on discute le rayonnement associé dans le référentiel du laboratoire.
- La partie V présente une utilisation possible du rayonnement synchrotron en spectrométrie. Cette partie reprend les éléments classiques du cours concernant l'interféromètre de Michelson et vise à estimer la largeur spectrale de la source de rayonnement synchrotron.

La partie II permet de réviser le cours sur les particules chargées dans un champ magnétique ainsi que les propriétés de symétrie de ce champ. La partie III offre un moyen de révision efficace du cours sur le rayonnement dipolaire électrique. La partie V permet de retravailler rapidement la configuration lame d'air de l'interféromètre de Michelson. De plus, ce sujet comporte un grand nombre d'applications numériques, en particulier dans la partie I, à faire sans calculatrice, ce qui permet de se préparer efficacement à cet exercice.

Le problème de chimie, plus court que celui de physique, est une étude de l'accumulateur au plomb, constituant principal des batteries de voiture. Après quelques questions d'atomistique, de cristallographie et de solutions aqueuses, le sujet se porte sur l'oxydoréduction. On écrit les couples du plomb en milieu sulfurique, puis on utilise des courbes courant-potentiel. Ces courbes sont utilisées en regard des caractéristiques techniques d'une batterie, comme sa tension et sa capacité. Les questions restent proches du cours.



CONCOURS CENTRALE•SUPÉLEC

# Physique-chimie 1

MP

4 heures

Calculatrice autorisée

2025

## Observation et protection côtières

Lorsqu'ils circulent au voisinage des côtes, les courants marins de surface exercent une influence sur les activités humaines se déroulant en mer, près du rivage. Ils jouent également un rôle déterminant dans l'érosion du littoral et dans la dégradation d'infrastructures côtières, phénomènes en cours d'aggravation sous l'effet de l'évolution du climat. Les deux premières parties de ce problème analysent une technique de télédétection permettant l'observation de ces courants jusqu'à des distances de l'ordre de 100 km. La troisième, qui peut être abordée indépendamment des deux précédentes, décrit une solution novatrice de protection et de construction d'ouvrages maritimes.

Certaines questions, peu ou pas guidées, demandent de l'initiative de la part du candidat. Elles sont repérées par un soulignement de leur numéro. 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.

Des données numériques sont fournies en fin d'énoncé. On note  $j$  l'unité imaginaire telle que  $j^2 = -1$ .

### Partie A – Principes physiques d'un radar océanographique

En 1955, D.D. Crombie découvre que la réflexion d'une onde radio sur la mer produit un écho caractéristique, qu'il interprète par l'interaction du champ électromagnétique avec les vagues agitant la surface de l'eau. À partir de là, divers instituts ont développé des techniques d'observation à distance de l'état de la mer. Elles utilisent un radar côtier émettant une onde de la bande HF (haute fréquence, entre 3 et 30 MHz) et recevant l'onde rétrodiffusée (ou réfléchie) par l'interface entre l'air et l'eau (figure 1). Le développement de ces instruments se poursuit aujourd'hui et cette partie aborde les principes physiques sur lesquels leur fonctionnement repose.

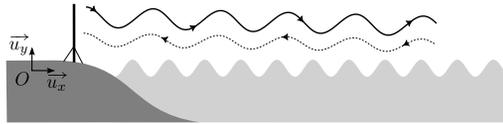


Figure 1 – Radar côtier émettant une onde HF vers la surface de la mer et recevant l'onde rétrodiffusée

### I – Modèle optique et loi de Bragg

La rétrodiffusion d'une onde électromagnétique par la mer obéit à la loi de Bragg. Pour l'expliquer, on peut en première analyse ignorer la forme précise des vagues pour ne tenir compte que de leur aspect périodique. On assimile la surface de l'eau à un réseau de diffraction inclus dans le plan  $(0, \vec{u}_x, \vec{u}_z)$ , formé d'éléments réflecteurs identiques, invariants par translation selon  $\vec{u}_z$  et se répétant selon  $\vec{u}_x$  avec une période  $L$  égale à la longueur d'onde des vagues (figure 2). L'onde radar incidente, plane, monochromatique de longueur d'onde  $\lambda$ , rencontre cette surface avec un angle d'incidence  $i$ . On considère l'onde réfléchie vers l'infini dans la direction repérée par l'angle  $\theta$ .

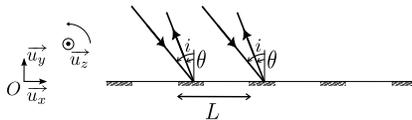


Figure 2 – Modélisation de la surface de la mer par un réseau. Les éléments réfléchissants sont hachurés.

## Centrale Physique et Chimie 1 MP 2025 — Corrigé

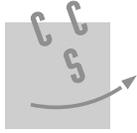
Ce corrigé est proposé par Claire Besson (enseignant-chercheur l'université) et Jérôme Back (professeur en CPGE); il a été relu par Nathan Chapelle (professeur agrégé), Augustin Long (professeur en CPGE), Émilie Frémont (professeur en CPGE), Alexandre Herault (professeur en CPGE) et Frédéric Barbosa (professeur agrégé).

---

Ce sujet a pour thème l'observation et la protection côtières. Il comporte trois parties, les deux premières de physique, la troisième de chimie. Les deux parties de physique s'intéressent à la mesure de la vitesse de courants océaniques de surface. On utilise d'une part les interférences entre ondes cohérentes rétrodiffusées par la surface des océans, d'autre part l'effet Doppler dû aux mouvements des vagues évoluant en surface. La partie de chimie aborde la protection d'ouvrages maritimes par dépôt électrolytique.

- La première partie développe le modèle utilisé : la surface des océans est assimilée à un réseau par réflexion de pas  $L$  se déformant verticalement, où les bandelettes réfléchissantes sont assimilées à des conducteurs parfaits. Cette hypothèse est discutée dans la partie.
- La deuxième partie aborde le traitement des signaux électromagnétiques rétrodiffusés par la surface de l'océan.
- La troisième partie, indépendante des précédentes, traite des dépôts de carbonate de calcium et d'hydroxyde de magnésium formés par électrolyse d'eau de mer. Elle utilise principalement des concepts de chimie des solutions et d'oxydoréduction. Une dernière sous-partie inclut quelques questions de structure de Lewis et de cristallographie.

Ce sujet est de longueur et de difficulté raisonnables. Il permet de réviser efficacement la physique des phénomènes ondulatoires ainsi que les problématiques liées à l'échantillonnage dans le traitement du signal. Les questions de chimie sont représentatives de ce qui est attendu dans cette filière, ce qui fait de ce sujet un bon entraînement pour les sessions futures.



CONCOURS CENTRALE•SUPÉLEC

# Physique-chimie 2

MP

4 heures

Calculatrice autorisée

2025

## Faire l'image d'une exoplanète

La détection des exoplanètes, planètes situées en dehors de notre système solaire, constitue l'un des domaines les plus fascinants et dynamiques de l'astronomie moderne. Depuis la découverte de la première exoplanète en 1995, les scientifiques en ont identifié des milliers d'autres, révélant une diversité de mondes au-delà de notre imagination. Grâce à des techniques avancées – telles que la méthode des transits, la méthode des vitesses radiales ou encore l'imagerie directe –, les astronomes peuvent détecter et étudier ces lointaines planètes pour chercher à comprendre leur composition, leur atmosphère et leur potentiel d'habitabilité.

Dans ce sujet, on étudie la possibilité d'obtenir une image détaillée d'une exoplanète située à une distance de 100 années-lumière du Soleil. Développer tout le formalisme nécessaire à la reconstruction d'une image complexe sort du cadre de ce sujet et on se ramène à une situation simplifiée : on considère deux points à la surface de l'exoplanète et on cherche à les distinguer ou à mesurer la distance qui les sépare.

Le problème comporte 3 parties indépendantes. Un formulaire et les données sont regroupés en fin d'énoncé. Un document réponse est à rendre avec la copie.

### Partie A – Utilisation du phénomènes d'interférences

En 2022, la collaboration Event Horizon Telescope a réussi à construire une image dans le domaine des ondes radios du trou noir situé au centre de notre galaxie à l'aide du phénomène d'interférences. Dans cette partie, on détermine s'il est possible d'appliquer cette méthode pour obtenir l'image d'une exoplanète à partir d'une situation modèle simplifiée (la construction véritable d'une image à partir d'un ensemble de figures d'interférences n'est pas traitée).

#### I – Principe de la mesure sur un système équivalent

On illustre ici le principe de la mesure en analysant une expérience mettant en jeu les fentes d'Young. Le montage expérimental est représenté sur la figure 1. Il est constitué des éléments suivants :

- deux sources ponctuelles  $S_A$  et  $S_B$ , incohérentes, séparées d'une distance  $d$ , qui émettent des ondes lumineuses monochromatiques de même amplitude à la longueur d'onde  $\lambda_0$  ;
- une lentille convergente  $L_1$ , de centre  $O_1$ , de distance focale  $f'_1$  ;
- des fentes  $T_1$  et  $T_2$  de largeur notée  $\ell$ , perpendiculaires au plan de la figure, dont les centres sont éloignés d'une distance  $a$ .
- une lentille convergente notée  $L_2$ , de distance focale  $f'_2$ .
- un écran, situé dans le plan focal image de la lentille  $L_2$ .

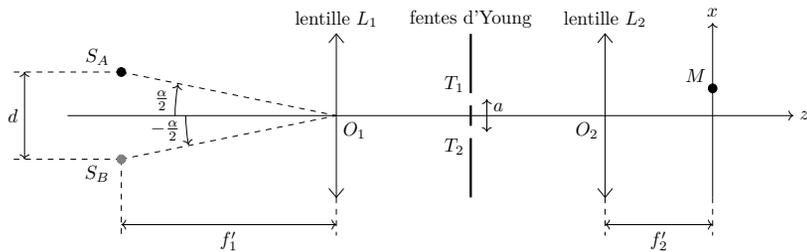


Figure 1

## Centrale Physique et Chimie 2 MP 2025 — Corrigé

Ce corrigé est proposé par Maxime Barreau (professeur agrégé); il a été relu par Cyril Ravat (professeur en CPGE) et Olivier Frantz (professeur agrégé en école d'ingénieurs).

---

Ce sujet est consacré à l'espace. Il présente, dans trois parties indépendantes, la détection d'exoplanètes, une lentille gravitationnelle et une voile solaire.

- La partie A aborde les interférences à deux ondes pour le cas des fentes d'Young, d'abord pour une source seule puis pour deux sources incohérentes. Le contraste de la figure d'interférence est utilisé, avec un traitement des incertitudes, pour remonter à la distance entre les deux sources. Ce calcul est appliqué au cas des interférences à deux télescopes dans le cadre de la détection d'exoplanète.
- Dans la partie B, le Soleil est utilisé comme lentille gravitationnelle pour faire l'image d'une exoplanète. On s'intéresse à la manière dont l'astre courbe les rayons lumineux, puis à la résolution d'une telle technique d'imagerie et à l'amplification du signal lumineux provenant de l'exoplanète.
- La partie C se propose d'envoyer une sonde à une grande distance de la Terre afin d'exploiter le phénomène de lentille gravitationnelle de la partie précédente. Son mode de propulsion serait une voile solaire. On étudie la pression de radiation puis l'énergie mécanique de la sonde. La fin de la partie évoque, via des simulations numériques, l'influence de l'orientation de la voile solaire sur le mouvement de la sonde afin d'envoyer celle-ci le plus loin possible du Soleil. Il est remarquable que la voile solaire ait aussi fait l'objet de la troisième partie du sujet CCINP Physique MP 2025.

Cet énoncé permet de travailler l'optique et la mécanique du point, mais aussi le calcul d'incertitudes, la rédaction de codes Python et l'analyse de données issues d'expériences et de simulations.

A2025 – PHYSIQUE I MP



ÉCOLE NATIONALE DES PONTS et CHAUSSÉES,  
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 2025

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 - 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 1 MP-MPI 2025 — Corrigé

Ce corrigé est proposé par Étienne Martel (ENS Paris-Saclay); il a été relu par Maxime Barreau (professeur agrégé), Louis Salkin (professeur en CPGE) et Frédéric Barbosa (professeur agrégé).

---

Cette épreuve vise à établir quelques résultats généraux sur le spectre de l'hydrogène, dont on cherche à observer des propriétés à l'aide d'un interféromètre de Michelson. L'étude quantique d'une barrière de potentiel clôt ce sujet. Les 4 parties sont largement indépendantes.

- La partie I établit quelques résultats généraux sur l'énergie d'une particule en mécanique quantique. Elle se focalise sur le cours de mécanique du point, dont elle élargit les résultats énergétiques.
- La deuxième partie adopte une approche classique pour établir l'énergie d'un photon émis lors de la désexcitation d'un atome. Elle se conclut par une analyse quantique du spectre de l'hydrogène qui permet d'étudier le modèle de Bohr, également rencontré en chimie.
- La partie III est scindée en trois sous-parties. La première permet de revoir le fonctionnement de l'interféromètre de Michelson. La suivante reprend le canevas classique de l'étude de la cohérence spectrale d'un doublet dont les deux raies émettent une même intensité, avant d'élargir l'étude à deux raies d'intensités différentes. Enfin, une étude qualitative d'un tube à hydrogène clôt cette partie.
- La dernière partie porte sur la mécanique quantique. Les équations d'onde de Schrödinger puis de Klein-Gordon sont étudiées dans un cas général pour souligner le caractère non relativiste de la première et relativiste de la seconde. Les deux équations sont ensuite appliquées au cas d'une barrière de potentiel, ce qui permet de conclure le sujet avec l'obtention d'un paradoxe dans le cas relativiste.

Ce sujet est d'une difficulté modérée. Il permet des révisions efficaces, avec des exercices types en optique ondulatoire et en mécanique quantique. Travailler les questions de la première partie permet de développer une bonne culture en sciences physiques, avec quelques exemples faisant intervenir la mécanique relativiste.

A2025 – PHYSIQUE II MP



ÉCOLE NATIONALE DES PONTS et CHAUSSÉES,  
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 2025

DEUXIÈME 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 II - 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 2 MP 2025 — Corrigé

Ce corrigé est proposé par Arthur Alexandre (ENS Paris-Saclay) ; il a été relu par Hector Abel (ENS Paris-Saclay) et Steve Arnefaux (professeur en CPGE).

---

Le sujet est consacré à la caractérisation et à la mesure du champ de pesanteur terrestre. Il est composé de deux parties indépendantes.

- La première partie s'intéresse aux variations temporelles de l'accélération de la pesanteur mesurée à la surface de la Terre. Après des rappels de cours sur les référentiels et le théorème de Gauss gravitationnel, on est amené à réfléchir sur les origines de ces fluctuations. Pour cela, le sujet propose un modèle qui prend en compte le caractère non galiléen du référentiel géocentrique ainsi que l'influence des astres du système solaire tels que le Soleil ou la Lune. Cela nous amène à une expression de  $g$  qui inclut notamment un terme lié à la force de marées. Pour finir, on compare les prédictions du modèle avec des données expérimentales.
- Dans la deuxième partie, on étudie le principe d'un gravimètre à atomes froids. Il s'agit d'un interféromètre où deux paquets d'atomes de Rubidium refroidis à une température de l'ordre du microkelvin sont lâchés en chute libre et soumis à une série d'impulsions laser. Finalement, les deux paquets atomiques sont recombinés, et la mesure du déphasage entre les deux fonctions d'onde permet d'obtenir la valeur du champ de pesanteur. Tout d'abord, on utilise une approche classique pour caractériser la chute des paquets d'atomes soumis à des impulsions laser. Puis on résout l'équation de Schrödinger à l'aide d'une approche semi-classique. Cette technique donne accès à la fonction d'onde des deux paquets atomiques. Enfin, on effectue une approximation consistant à négliger l'énergie potentielle des particules devant l'énergie totale. On établit alors une relation linéaire simple entre le déphasage entre les deux paquets d'onde et l'accélération de la pesanteur. On critique ensuite cette approximation à l'aide d'un calcul plus rigoureux.

Le sujet met en œuvre une portion restreinte du programme de physique, puisqu'il se concentre principalement sur la mécanique du point et la mécanique quantique, avec une simple évocation du théorème de Gauss appliqué à la gravitation. Il constitue toutefois une bonne occasion d'approfondir la notion de référentiel non galiléen, en particulier à la question 6. Par ailleurs, la partie II comporte des questions exigeantes sur le plan calculatoire, ce qui permet d'évaluer sa maîtrise des techniques de calcul et sa rigueur dans le raisonnement. Cependant, certaines notations sont mal ou pas définies, et plusieurs imprécisions dans les questions peuvent prêter à confusion.

## A2025 – CHIMIE MP



ÉCOLE NATIONALE DES PONTS et CHAUSSÉES,  
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 2025

## 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 - MP*

*L'énoncé de cette épreuve comporte 4 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 2025 — Corrigé

Ce corrigé est proposé par Alexandre Herault (professeur en CPGE) ; il a été relu par Margaux Galland (professeur agrégé en école d'ingénieurs) et Stéphane Ravier (professeur en CPGE).

---

Cette épreuve a pour thème les céramiques. Elle se compose de trois parties indépendantes et de longueurs similaires. Les principaux thèmes abordés sont la cristallographie, l'oxydoréduction et la thermodynamique.

- Dans la première partie, on étudie le nitrure de bore (BN), qui est une céramique non-oxyde. On débute par des questions de structure sur les éléments bore et azote (atomistique et électronégativité) et sur la molécule de borazine ( $B_3N_3H_6$ ) dont on écrit la structure de Lewis. On poursuit par une étude cristallographique : on dessine la maille élémentaire, puis on calcule le paramètre de maille ainsi que la masse volumique du matériau.
- La deuxième partie traite du carbure de zirconium  $ZrC_{(s)}$ , qui est une céramique ultraréfractaire et ultradure. Le diagramme potentiel-pH du zirconium est donné et le sujet pose des questions très classiques de ce chapitre. On détermine notamment les degrés d'oxydation et les positions des domaines, puis on utilise ou on établit les équations de certaines frontières. On termine en étudiant les couples de l'eau pour trouver les réactions d'oxydation du zirconium métallique en fonction du pH.
- Dans la dernière partie, on réalise une étude thermodynamique de la réaction d'oxydation du carbure de zirconium en présence de dioxygène. On calcule les grandeurs standard de réaction puis la constante d'équilibre, avant de s'intéresser au déplacement de l'équilibre.

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 (à l'exception d'une question hors programme) en maîtrisant les principes fondamentaux du cours, ce qui en fait un très bon entraînement pour les sessions futures.

**ECOLE POLYTECHNIQUE  
ECOLES NORMALES SUPERIEURES**

**CONCOURS D'ADMISSION 2025**

**MERCREDI 16 AVRIL 2025  
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 2025 — Corrigé

Ce corrigé est proposé par Jimmy Roussel (professeur agrégé en école d'ingénieurs) ; il a été relu par Arthur Alexandre (ENS Paris-Saclay), Émilie Frémont (professeur en CPGE) et Frédéric Barbosa (professeur agrégé).

---

Ce sujet porte sur la lévitation d'une particule de diamant à l'aide d'un dispositif électrique appelé piège de Paul. C'est surtout la stabilité de cette lévitation qui est interrogée dans ce problème.

- Dans la première partie, on montre comment l'utilisation d'une tension alternative permet au centre du piège de devenir une position d'équilibre stable si l'on y place une particule chargée. En effet, si la fréquence de la tension est suffisante, la particule est piégée dans un puits de potentiel effectif harmonique.
- Dans la partie 2, on étudie l'influence des collisions moléculaires ainsi que le chauffage de la particule par un laser. Cette partie plus classique mobilise des connaissances de physique statistique et de thermique.
- La troisième partie tient compte du fait que la particule de diamant n'est pas ponctuelle. L'analyse effectuée confirme le confinement du centre d'inertie et montre que les rotations susceptibles d'apparaître sont elles aussi stabilisées. L'essentiel de cette partie peut être traité sans avoir besoin des résultats précédents, et constitue un bon exercice d'application des théorèmes de la mécanique classique vus en sup.
- Enfin, la dernière partie, complètement indépendante du reste de l'épreuve, porte sur un dispositif mécanique qui présente une analogie avec le confinement électrique. Il s'agit de l'étude du mouvement d'une particule sur une surface présentant un point col. Lorsque l'on met en rotation cette surface par rapport au référentiel du laboratoire, le point col, intrinsèquement instable en régime statique, devient stable si la vitesse angulaire est suffisante. Il s'agit d'un bon exercice d'entraînement sur la partie « référentiels non galiléens » du programme de MP.

Ce problème permet de travailler plusieurs thématiques du programme de physique de sup et de spé. Il a pu déconcerter certains candidats bloqués à la question 5, car la suite de la première partie en dépendait fortement. Il fallait dans ce cas passer aux parties suivantes, dont l'essentiel pouvait être traité sans les résultats de la première partie.

À noter que la calculatrice était interdite, comme c'est l'usage à cette épreuve, et que de nombreuses questions exigeaient une application numérique. Ce type de calcul, où un chiffre significatif était toléré, est largement à la portée d'un étudiant de CPGE, et il est dommage, comme le déplorent les rapports du jury, que de nombreux candidats se détournent de ces questions.

## ÉCOLE POLYTECHNIQUE

## CONCOURS D'ADMISSION 2025

MARDI 15 AVRIL 2025  
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 effectuent 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 2025

## Corrigé

Ce corrigé est proposé par Nicolas Courrier (professeur en CPGE) et Hector Abel (ENS Paris-Saclay); il a été relu par Jimmy Roussel (professeur agrégé en école d'ingénieurs), Julien Dumont (professeur en CPGE) et Jacques Ding (École Polytechnique).

---

Cette épreuve comprend deux problèmes indépendants.

Le premier, dédié aux sciences de l'ingénieur, étudie un exosquelette actif, c'est-à-dire un ensemble mécanique motorisé permettant de mettre en mouvement des articulations du corps humain. Ce type de dispositif aide à la rééducation de patients ayant subi divers accidents (AVC, paraplégie, etc.). L'exosquelette étudié ici a 1 degré de liberté; il doit permettre la flexion et l'extension du coude.

- La première partie modélise le coude humain. On s'intéresse notamment aux caractéristiques dynamiques de ses mouvements de flexion et d'extension.
- La deuxième établit la dynamique du mouvement avec l'actionneur de l'exosquelette. L'intérêt principal est de déterminer le couple nécessaire au niveau du moteur pour assurer la dynamique de mouvement souhaitée.
- La dernière partie étudie l'asservissement de l'exosquelette. Les correcteurs sont proposés et on cherche à déterminer les valeurs de leurs paramètres afin de vérifier si le cahier des charges peut être validé.

Ce problème intéressant porte principalement sur une étude énergétique du système dans un cadre simplifié, mais permet de tester sa capacité à apporter une réponse efficace aux questions posées. La partie sur l'asservissement ne pose pas de grandes difficultés mais exige de bien comprendre la structure fonctionnelle proposée.

Le second problème, consacrée à la physique, étudie la déformation de deux systèmes.

- On examine d'abord le comportement d'une structure mécanique formée de quatre ressorts en parallèle fixés à des plaques rigides. Cette structure est soumise à une compression axiale qui conduit à une bifurcation entre deux types de déformation: compression ou flexion.
- La seconde étude porte sur la réponse mécanique des couches d'un cristal liquide soumises à diverses déformations. Au-delà d'un certain seuil, ces couches présentent une instabilité conduisant à la formation d'ondulations.

Ce problème aborde des domaines de la physique qui vont au-delà du programme de prépa, tels que la mécanique des milieux continus et la matière molle. La principale difficulté réside dans l'appropriation des concepts introduits. Les principes élémentaires de mécanique permettent de répondre à la quasi-totalité des questions, à condition d'être rigoureux et à l'aise avec la géométrie et le calcul différentiel. C'est moins une occasion de réviser le cours de mécanique qu'un galop d'essai pour les épreuves X/ENS, qui proposent plus fréquemment des épreuves sortant du cadre strict du programme.