

Sommaire

E3A

		Énoncé	Corrigé
Physique et Chimie	Physique en Scandinavie. Composition et propriétés des vins rouges. Synthèse et racémisation de l'acide aspartique. <i>magnétisme, mécanique du point, mécanique des fluides, solutions aqueuses, chimie organique, orbitales frontalières, cinétique</i>	11	29

CONCOURS COMMUN INP

Physique	Nanorhéologie par appareil à force dynamique de surface. <i>optique, électronique, mécanique du point, électrostatique, mécanique des fluides</i>	48	63
Modélisation Physique et Chimie	Étude d'un spectrophotomètre infrarouge. <i>mécanique du point, oscillateur harmonique, équation de Schrödinger, cristallographie, thermodynamique, optique ondulatoire, diffraction</i>	83	99
Chimie	Les MOFs (Metal-Organic Frameworks). Synthèse de 1,3-oxazines. <i>solutions aqueuses, oxydoréduction, diagrammes E-pH, courbes courant-potentiel, mélanges binaires, chimie organique, orbitales moléculaires, procédés industriels continus</i>	112	128

CENTRALE-SUPÉLEC

Physique 1	Autour des gouttes et des bulles. <i>diffusion, thermodynamique, transferts thermiques, mécanique des fluides, optique ondulatoire, interférences</i>	155	167
Physique 2	Un bref aperçu des instruments du télescope spatial James Webb. <i>optique ondulatoire, interférences à N ondes, mécanique du point, mécanique quantique, thermodynamique, ondes sonores</i>	191	202

Chimie	Impact écologique de la production de sucre à partir de betteraves. <i>chimie organique, solutions aqueuses, cinétique chimique, thermodynamique, orbitales moléculaires, python</i>	218	237
--------	---	-----	-----

MINES-PONTS

Physique 1	Du spectre à la structure de l'hydrogène. <i>forces centrales conservatives, mécanique du point, mécanique quantique</i>	260	268
Physique 2	Quelques réflexions de Richard Feynman. <i>électrostatique, magnétostatique, ondes électromagnétiques, forces centrales conservatives, mécanique quantique</i>	282	290
Chimie	Synthèse de la cyrnéine A. Recyclage des batteries lithium-ion. <i>chimie organique, oxydoréduction, cinétique chimique, cristallographie, thermodynamique, diagrammes E-pH, courbes courant-potentiel</i>	304	321

POLYTECHNIQUE-ENS

Physique A	Techniques modernes de spectrométrie de masse de molécules complexes. <i>électrostatique, régime sinusoïdal forcé</i>	343	350
Physique B	De la topologie dans les ondes : de la matière condensée à El Niño. <i>mécanique ondulatoire, mécanique des fluides, mécanique du point en régime sinusoïdal</i>	372	381
Chimie	Eau et chimie : caractériser, traiter et prévenir la pollution organique. <i>solutions aqueuses, oxydoréduction, cinétique chimique, chimie organique</i>	399	415

FORMULAIRES

Constantes chimiques	436
Constantes physiques	439
Formulaire d'analyse vectorielle	440
Classification périodique	444

SESSION 2026



PC9PC

ÉPREUVE SPÉCIFIQUE - FILIÈRE PC**PHYSIQUE ET 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 d'une partie physique et d'une partie chimie. La partie chimie est composée de deux problèmes.

- 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 PC 2026 — Corrigé

Ce corrigé est proposé par Julien Rivière (professeur agrégé) et Margaux Galland (professeur agrégé en école d'ingénieurs) ; il a été relu par Claire Besson (enseignant-chercheur à l'université), Axelle Fontanet (professeure agrégée), Alexandre Herault (professeur en CPGE) et Louis Salkin (professeur en CPGE).

Cette épreuve comporte trois problèmes indépendants, un de physique et deux de chimie.

- Le premier est consacré à la physique en Scandinavie. Il se compose de trois parties. La première aborde quelques particularités du champ magnétique terrestre et son influence sur les aurores polaires. La deuxième traite de la couleur verte de certaines aurores boréales, en lien avec la présence d'hydrogène dans la haute atmosphère. On utilise le modèle de Bohr qui conduit à la quantification des niveaux énergétiques pour des atomes monoélectroniques. Dans la troisième partie, on s'intéresse à la propagation d'ondes de gravité dans un fjord norvégien lors du passage d'un bateau.
- Le deuxième problème, le plus court, étudie la composition et des propriétés des vins rouges. Sa première partie est consacrée à la synthèse du resvératrol, un antioxydant naturellement présent dans le vin rouge, par l'intermédiaire d'un cycle catalytique. Dans une deuxième partie, on réalise un dosage spectrophotométrique par étalonnage des polyphénols présents dans le vin.
- Le dernier problème a pour thème l'acide aspartique. On étudie dans un premier temps plusieurs étapes de sa synthèse. On écrit des mécanismes réactionnels et on utilise la théorie des orbitales frontalières. On s'intéresse ensuite à la cinétique de sa racémisation. On établit l'équation différentielle qui décrit la vitesse de disparition d'un des énantiomères avant d'exploiter des résultats expérimentaux pour déterminer la constante cinétique ainsi que le temps mis pour consommer 99 % du réactif.

Aussi bien pour la physique que pour la chimie, ce sujet est bien représentatif de ce concours et permet de revoir efficacement des notions et des méthodes classiques.

SESSION 2026



PC2P

ÉPREUVE SPÉCIFIQUE - FILIÈRE PC**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 problème est constitué de trois parties pouvant être traitées indépendamment. Il est toutefois recommandé de les traiter dans l'ordre pour bien s'approprier la logique du problème qui forme un tout cohérent. Un formulaire est fourni page 3.

Lorsqu'une application numérique est demandée, on attend, sauf mention contraire, un résultat utilisant une écriture scientifique avec un seul chiffre significatif dans la mantisse. Par exemple, une écriture correcte de la célérité de la lumière dans le vide est $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, mais les écritures $c = 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, $c = 10^{8,5} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ou $c = 1/3 \cdot 10^9 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ne le sont pas.

CCINP Physique PC 2026 — Corrigé

Ce corrigé est proposé par Maxime Barreau (professeur agrégé) ; il a été relu par Marie Thorey (professeure en CPGE) et Cyril Ravat (professeur en CPGE).

Ce sujet est consacré à un dispositif de nanorhéologie permettant de caractériser l'écoulement de fluides entre une sphère oscillante et un plan séparés par des distances inférieures au micromètre. Ses trois parties sont indépendantes.

- La partie I mesure cette force grâce à un interféromètre de Michelson réglé en lame d'air puis en coin d'air. L'éclairement mesuré en sortie de l'interféromètre est converti en tension (à l'aide de photodiodes et de convertisseurs courant/tension) pour en déduire le déplacement minimal mesurable du plan. Enfin, la réponse mécanique de la membrane élastique portant la paroi permet d'accéder à la valeur de la force exercée par le fluide.
- La partie II est consacrée à un capteur capacitif. Son but est de mesurer la distance entre la sphère mettant en mouvement le fluide et le plan sur lequel le fluide exerce une force. La première sous-partie calcule le déplacement minimal mesurable. La seconde utilise la mécanique des fluides pour calculer la force de pression parasite s'exerçant sur les armatures du capteur capacitif à cause de l'air déplacé.
- La partie III prend l'exemple de l'écoulement du glycérol sur le Pyrex via la mesure de l'impédance hydrodynamique.

Ce sujet est l'occasion de bien réviser les interférences à deux ondes, les oscillateurs mécaniques forcés, le condensateur dans le cadre de l'électrostatique et la mécanique des fluides. Il aborde également, de manière plus anecdotique, des notions d'électrocinétique telles que les ALI et le circuit LC.

SESSION 2026



PC7MO

ÉPREUVE MUTUALISÉE AVEC E3A-POLYTECH

ÉPREUVE SPÉCIFIQUE - FILIÈRE PC

MODÉLISATION DE SYSTÈMES PHYSIQUES OU CHIMIQUES

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 parties indépendantes et d'une annexe.

Sujet : page 2 à page 13

Annexe : page 14 à page 16

CCINP Modélisation de systèmes physiques ou chimiques PC 2026 — Corrigé

Ce corrigé est proposé par Virgile Andreani (ENS Ulm) ; il a été relu par Steve Arneaux (professeur en CPGE) et Olivier Frantz (professeur agrégé en école d'ingénieurs).

Ce sujet modélise un spectrophotomètre, c'est-à-dire un appareil de laboratoire permettant de mesurer la quantité de lumière réfléchie, absorbée et transmise par un échantillon. Celui qui fait l'objet du problème travaille dans le domaine infrarouge. L'étude porte des aspects moléculaires jusqu'au fonctionnement de la machine.

- Dans la partie I, on commence par mettre en place un modèle d'absorption dans une molécule diatomique avec des atomes qui interagissent par l'intermédiaire d'un potentiel de Morse. On étudie ce système à deux corps dans l'approximation élastique des petites oscillations. Puis on passe à une brève étude quantique, objet d'un premier programme visant à résoudre numériquement l'équation de Schrödinger. Enfin, la dernière sous-partie est consacrée à l'absorption d'un rayon lumineux par une solution chimique dans une cuve.
- La partie II comporte quatre questions de cristallographie et un bilan thermodynamique de la lampe infrarouge, qui fait l'objet d'un deuxième programme : recherche d'une racine de fonction par dichotomie. Elle se termine avec une sous-partie d'optique ondulatoire sur le fonctionnement d'un monochromateur à réseau, donnant lieu à un troisième programme, qui détermine numériquement les longueurs d'onde transmises.

Ce sujet touche à un grand nombre de chapitres de physique et d'informatique. Il contient beaucoup de questions de cours et peu de programmation. Il est en outre très guidé, à l'exception d'une ou deux questions plus calculatoires. C'est un bon sujet de révision pour le programme de physique.

SESSION 2026



PC3C

ÉPREUVE SPÉCIFIQUE - FILIÈRE PC**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.

Des données sont disponibles à la fin de chaque problème.

Toute réponse devra être clairement justifiée.

CCINP Chimie PC 2026 — Corrigé

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

Cette épreuve se compose de deux problèmes indépendants, l'un de chimie générale, l'autre de chimie organique.

Le premier problème porte sur les Metal-Organic Frameworks (MOF), qui associent un métal et un composé organique, tout particulièrement l'aluminium et l'acide téréphtalique. On s'intéresse à leur obtention par recyclage de déchets d'aluminium et de bouteilles plastiques en polyéthylène téréphtalate (PET).

- La première partie est consacrée à l'aluminium métallique. On commence par aborder ses propriétés et son diagramme potentiel-pH. Ensuite, l'étude du diagramme binaire eau/acide nitrique est proposée afin de comprendre une étape de distillation. Enfin, on s'intéresse à la production de sels d'aluminium par électrolyse.
- Le recyclage du PET pour isoler puis doser l'acide téréphtalique au cours d'un titrage acide-base est étudié dans la deuxième partie, plus courte.
- Dans la troisième partie, de nouveau assez courte, on envisage la production du MOF par un procédé continu dans un réacteur parfaitement agité continu (RPAC). Un bilan de matière et un bilan thermique sont ainsi établis.
- Enfin, la dernière partie aborde la liaison aluminium-oxygène du MOF avec une étude orbitale d'un complexe en utilisant l'interaction d'orbitales de fragments. Puis on construit le diagramme d'orbitales de HO^- pour étudier l'interaction orbitale entre le complexe et l'anion.

Le second problème étudie la synthèse de 1,3-oxazines, des composés hétérocycliques contenant un atome d'azote et un atome d'oxygène.

- On débute par l'étude du (+)-acide tartrique naturel et sa fonctionnalisation pour arriver à un intermédiaire cyclique. Cette première partie pose des questions classiques de stéréochimie, de synthèse, de mécanismes, et demande une étude spectroscopique en RMN. Elle propose d'analyser un protocole de synthèse et le choix de réactifs à l'aide de données de sécurité.
- La seconde partie, indépendante de la première, poursuit la synthèse pour arriver au produit final. À nouveau, les questions sont variées et portent sur le programme des deux années en chimie organique en s'appuyant sur des exemples de conditions expérimentales fournies en annexe.

Le sujet présente peu de difficultés et aborde une grande partie du programme des deux années. Le problème de chimie générale enchaîne des questions qu'il est possible de traiter indépendamment des précédentes. Il contient quelques applications numériques qui doivent être réalisées sans calculatrice, mais une aide au calcul est fournie. Le problème de chimie organique est lui aussi très classique et varié. L'accent est mis sur l'étude de protocoles expérimentaux et de conditions opératoires tandis que les mécanismes à écrire sont peu nombreux.

Constitué de nombreuses applications directes du cours, cet énoncé est une bonne occasion de réviser tout le programme.



CONCOURS CENTRALE•SUPÉLEC

Physique 1

4 heures

Calculatrice autorisée

PC

2026

Autour des gouttes et des bulles

Le problème propose d'analyser trois phénomènes physiques autour des gouttes et des bulles. La première partie concerne le mécanisme d'évaporation d'une goutte d'eau. La deuxième partie traite de la technique d'enduction centrifuge qui permet de réaliser des films minces d'épaisseur contrôlée sur des substrats. Enfin, la troisième partie propose d'analyser une technique optique de suivi temporel de l'épaisseur d'une bulle. Ces 3 parties sont totalement indépendantes.

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.

Un formulaire, des données numériques ainsi que les définitions de quelques fonctions Python sont regroupés en fin d'énoncé.

Partie A – Évaporation d'une goutte d'eau

On envisage une goutte d'eau de masse volumique μ_{eau} , placée dans une atmosphère humide. La pesanteur n'est ici pas prise en compte donc la goutte est sphérique, de rayon initial $r_{g0} = 1$ mm. L'eau de la goutte s'évapore progressivement ce qui fait varier dans le temps le rayon $r_g(t)$ de la goutte. On suppose que les molécules d'eau dans l'air sont transportées loin de la goutte par un mécanisme de diffusion, et on note D le coefficient de diffusion de l'eau dans l'air. L'air, de masse molaire M_{air} , et la vapeur d'eau, de masse molaire M_{eau} , suivent la loi des gaz parfaits et on note R la constante des gaz parfaits.

À la surface de la goutte, l'eau liquide de la goutte est à l'équilibre avec la vapeur d'eau qui l'entoure. Loin de la goutte, la température de l'air ambiant vaut $T_\infty = 20$ °C et la pression partielle en eau est égale à $p_\infty(T_\infty)$. On définit l'humidité relative $\mathcal{R}_H$ par le rapport de la pression partielle en eau $p_\infty(T_\infty)$ sur la pression de vapeur saturante $p_{\text{sat}}(T_\infty)$ loin de la goutte, à la température T_∞ :

$$\mathcal{R}_H = \frac{p_\infty(T_\infty)}{p_{\text{sat}}(T_\infty)} \leq 1 \quad (1)$$

I – Évolution du rayon d'une goutte sphérique

On suppose dans cette partie que la transformation de la goutte se fait de façon isotherme : la température T_g de la goutte reste égale à la température T_∞ de l'air ambiant, homogène : $T_g = T_\infty = T = 293,15$ K.

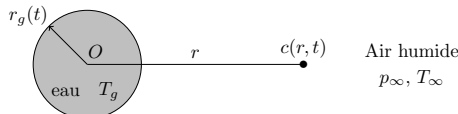


Figure 1 – Évaporation d'une goutte d'eau sphérique.

- Q1.** Rappeler la définition de la pression de vapeur saturante. Préciser sa variation avec la température.
- Q2.** Justifier que le flux diffusif des molécules d'eau est à symétrie sphérique et que la concentration en masse de vapeur d'eau dans l'air $c(\vec{r}, t)$ ne dépend que du rayon r et du temps t .

Centrale Physique 1 PC 2026 — Corrigé

Ce corrigé est proposé par Steve Arnefaux (professeur en CPGE) ; il a été relu par Amélie Gay (professeure agrégée à l'université) et Cyril Ravat (professeur en CPGE).

L'énoncé porte sur différents phénomènes physiques mettant en jeu des gouttes, des films liquides et des bulles. Il propose d'étudier successivement l'évaporation d'une goutte d'eau, l'étalement centrifuge d'un liquide sur un substrat et la mesure interférométrique de l'épaisseur d'une bulle. Les trois parties sont totalement indépendantes et mobilisent des domaines variés de la physique.

- La partie A est consacrée à l'évaporation d'une goutte d'eau dans une atmosphère humide. Elle débute par l'étude de la diffusion de la vapeur d'eau autour d'une goutte sphérique, à partir de la loi de Fick et d'un raisonnement en régime quasi-stationnaire. Cette approche conduit à une loi d'évolution du rayon de la goutte et à la détermination de son temps d'évaporation. Une seconde section introduit les effets thermiques liés au changement d'état, en mettant en œuvre un bilan énergétique couplant diffusion de masse et diffusion thermique. La résolution de l'équation obtenue fait intervenir aussi bien des méthodes numériques que des approximations analytiques. Enfin, les effets radiatifs sont discutés avant une application au psychromètre, un instrument permettant de mesurer l'humidité relative de l'air à partir de l'écart de température entre un thermomètre sec et un thermomètre humide.
- La partie B traite de la technique d'enduction centrifuge (*spin coating*), largement utilisée pour la réalisation de films minces. L'étude repose sur la modélisation de l'écoulement d'un liquide visqueux déposé sur un substrat en rotation. Après une analyse des différentes forces intervenant dans le référentiel tournant, et plusieurs simplifications fondées sur des raisonnements d'ordre de grandeur, l'équation de Stokes est établie puis résolue. Un bilan de masse permet ensuite d'obtenir une équation d'évolution de l'épaisseur du film. Enfin, un modèle simplifié de goutte cylindrique conduit à des lois explicites décrivant l'amincissement du film et l'évolution de son rayon au cours du temps.
- La partie C est consacrée à la mesure de l'épaisseur d'une bulle d'huile par interférométrie. Après une étude optique de la transmission de la lumière à travers une lame liquide à faces parallèles, l'intensité lumineuse transmise est obtenue en sommant les contributions d'une infinité de rayons émergents. Cette analyse conduit à la formule d'Airy et à l'étude des conditions d'apparition des franges d'interférences. La dernière section exploite ensuite des observations expérimentales pour relier la position des franges à l'épaisseur locale du film liquide et caractériser le drainage gravitaire responsable de l'amincissement progressif de la bulle.

Le sujet est particulièrement riche et couvre une large partie du programme de physique de prépa. La partie B constitue notamment un excellent exercice de modélisation en mécanique des fluides, tandis que la partie C offre une application originale et concrète de l'interférométrie. L'ensemble forme un sujet très complet, bien équilibré entre calculs et compréhension physique, qui constitue un excellent support de révision pour les concours.



CONCOURS CENTRALE-SUPÉLEC

Physique 2

4 heures

Calculatrice autorisée

PC

2026

Un bref aperçu des instruments du télescope spatial James Webb

Le télescope spatial James Webb (JWST) a été lancé le 25 décembre 2021. Il embarque à son bord 4 instruments dont le rôle est de photographier l'univers dans les longueurs d'onde comprises entre 0,6 et 28 μm . Il a été conçu pour contribuer aux grands enjeux de l'astronomie moderne : quête des premières étoiles et galaxies, formation et évolution des galaxies et des systèmes planétaires, et mesure des propriétés physico-chimiques des objets célestes.

Ce sujet comporte trois parties indépendantes. La première partie analyse le principe de fonctionnement du réseau optique d'un spectromètre embarqué dans le JWST. La seconde partie aborde l'intérêt d'étudier l'univers dans le domaine infrarouge. La dernière partie s'intéresse à la nécessité de refroidir le télescope à des températures cryogéniques, et en particulier aux méthodes retenues pour y arriver.

Des données et des formulaires sont regroupés en fin d'énoncé.

Partie A – Spectrométrie par un réseau à échelle

NIRSpec (*Near-Infrared Spectrograph*) est l'un des quatre instruments du JWST, dont l'objectif est de mesurer le spectre d'objets célestes dans le domaine des proches infrarouges (0,6 à 5,0 μm).

Le chemin suivi par un faisceau lumineux dans l'instrument NIRSpec est illustré dans la figure 1. Des miroirs plans permettent de dévier la lumière et des miroirs concaves permettent de faire converger la lumière, comme le ferait une lentille convergente. Au cours de son chemin, la lumière passe à travers un filtre et un réseau, avant d'être analysée par une caméra.

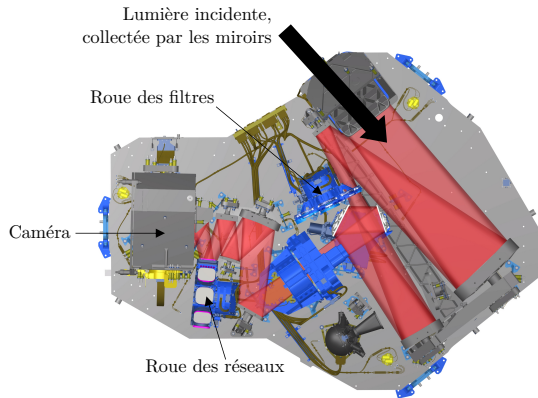


Figure 1 – Chemin optique du NIRSpec [1]

Q1. Citer une raison qui justifie pourquoi, dans un télescope, il est préférable d'utiliser des miroirs concaves plutôt que des lentilles pour faire converger la lumière.

Les réseaux du NIRSpec sont des réseaux échelonnés (figure 2). Un réseau échelonné est un réseau de miroirs placés en « marches d'escalier ». On note h la hauteur de la marche et a l'espacement horizontal entre les centres M_i de deux

Centrale Physique 2 PC 2026 — Corrigé

Ce corrigé est proposé par Manar Fiat (professeure agrégée) ; il a été relu par Maxime Barreau (professeur agrégé) et Olivier Frantz (professeur agrégé en école d'ingénieurs).

Cette épreuve s'intéresse à différents instruments embarqués dans le télescope spatial James Webb.

- La partie A est consacrée au réseau à échelle qui sert à décomposer la lumière reçue par le télescope. On calcule l'intensité lumineuse résultant de l'interférence de deux ondes puis de N ondes issues d'une simplification du réseau. Ensuite, on s'intéresse au pouvoir de résolution de cet instrument. La partie se termine sur l'étude complète du spectromètre en prenant en compte la diffraction ainsi que l'exacte description du réseau.
- La partie B traite de l'absorption des molécules diatomiques dans l'infrarouge, d'abord via une approche classique avec un oscillateur harmonique, puis via une approche quantique avec un puits de potentiel.
- La partie C se penche sur le système de refroidissement des capteurs IR du télescope afin de ne pas perturber les mesures spectrométriques. D'abord, une approche thermodynamique permet de prévoir l'évolution de la température du JWST. Puis, afin de le refroidir davantage, on introduit un système thermo-acoustique dans lequel une onde sonore permet de faire subir des cycles frigorifiques à des particules de fluide.

Cette épreuve aborde de nombreux thèmes du programme de sup (mécanique du point et thermodynamique) et de spé (optique ondulatoire, mécanique quantique et acoustique). La résolution d'équations différentielles via Python fait l'objet de deux questions. Ainsi, ce sujet est un excellent moyen de réviser une vaste partie des programmes des deux années.



Chimie

4 heures

Calculatrice autorisée

PC

2026

Impact écologique de la production de sucre à partir de betterave

La betterave sucrière a rapidement trouvé sa place dans le secteur industriel français suite au blocus organisé par la Royal Navy lors des batailles napoléoniennes afin de neutraliser le commerce de la canne à sucre. En effet, dès le XVIII^{ème} siècle Olivier de Serres avait étudié cette plante qui contenait une proportion notable de saccharose. Bien que le sucre appartienne à la catégorie des produits biosourcés, l'industrie sucrière est un gros consommateur d'eau et d'énergie sans compter les intrants chimiques utilisés pour les cultures. Il existe actuellement de nombreux axes de recherche permettant de réduire l'impact écologique de la production de sucre et ce sujet a pour but d'étudier quelques unes de ces problématiques.

Le problème comporte 3 parties indépendantes.

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.

Partie A – Étude structurale du saccharose

Afin de mieux comprendre les phénomènes mis en jeu lors des différentes étapes d'isolement du saccharose il est nécessaire dans un premier temps d'étudier sa structure pour en déduire ses propriétés et sa réactivité.

I – Le saccharose : un disaccharide

Le saccharose est constitué de deux oses élémentaires à six atomes de carbone (appelés hexoses) : l' α -D-glucose et le β -D-fructose. La nomenclature α et β fait référence à leur forme cyclique et cet aspect de la stéréochimie des différents oses ne sera pas du tout abordé dans l'ensemble du sujet ; leur forme linéaire sera préalablement étudiée.

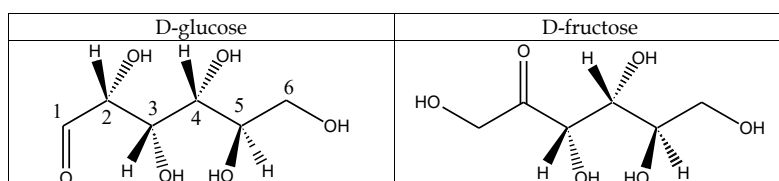


Figure 1

- Q1.** Identifier les groupes fonctionnels présents dans les formes ouvertes des hexoses présentés en figure 1.
- Q2.** Donner le stéréodescripteur de l'atome de carbone numéroté 2 du D-glucose en justifiant la réponse puis donner le nom officiel de ce composé selon les règles IUPAC.

Les hexoses une fois en solution aqueuse adoptent préférentiellement une forme cyclique appelée pyranose pour un cycle à 6 chaînons et furanose pour un cycle à 5 chaînons.

La représentation topologique sous forme pyranose du D-glucose est fournie sur la figure 2.

Centrale Chimie PC 2026 — Corrigé

Ce corrigé est proposé par Alexandre Herault (professeur en CPGE); il a été relu par Margaux Galland (professeur agrégée en école d'ingénieurs) et Christelle Novoa-Serba (professeur en CPGE).

Cette épreuve se compose d'un unique problème qui s'intéresse à la production de sucre à partir de betterave. Il comporte trois parties indépendantes qui abordent des thématiques différentes. La première comporte de la chimie organique et de la chimie générale, la deuxième ne traite que de chimie générale, et la troisième que de chimie organique.

- Dans la première partie, on étudie le saccharose, disaccharide de glucose et de fructose, qui constitue ce que l'on appelle « le sucre ». Après quelques questions classiques autour du glucose, on aborde une étude cinétique et thermodynamique de la cyclisation du ribose à l'aide de la théorie d'Eyring afin de déterminer une enthalpie et une entropie standard de réaction. On s'intéresse dans un deuxième temps à la cinétique d'hydrolyse du saccharose en milieu acide suivie par polarimétrie.
- La deuxième partie analyse le procédé industriel de raffinage du sucre. Elle débute par la description de l'extraction du saccharose des cellules de betterave en présentant notamment le phénomène d'osmose. La thermodynamique de production de chaux CaO est ensuite étudiée avec un programme Python à compléter et des résultats expérimentaux à exploiter. Puis on étudie le fonctionnement d'un évaporateur en continu. On établit un bilan en masse et un bilan thermique afin de calculer la fraction massique en saccharose en fin d'évaporation. Pour finir, on s'intéresse à l'analyse de pureté par une technique électrochimique. On trace des courbes courant-potentiel et on réalise un calcul d'incertitude.
- La dernière partie traite des procédés éco-responsables de lutte contre les nuisibles, particulièrement le puceron vert, qui est la plus grande menace pour les plants de betterave sucrière. On étudie dans un premier temps la synthèse de la (+)-népétalactone, un bio-insecticide permettant de lutter contre le puceron vert. Puis on s'intéresse à un cycle catalytique de synthèse du principal constituant de la phéromone de cet insecte, que l'on peut utiliser comme leurre. Des questions classiques de chimie organique des deux années sont posées dans cette partie.

Ce sujet aborde de nombreux thèmes du programme des deux années. Les questions sont variées avec des applications classiques. La calculatrice était autorisée et devait être utilisée pour effectuer deux régressions linéaires. On trouve également plusieurs questions de cours, ou d'application directe du cours, qu'une lecture rapide du sujet permettait d'identifier. De nombreuses analyses de résultats expérimentaux, de données, de protocoles et de procédés sont proposées, avec quelques questions ouvertes, plus longues, qui nécessitaient de bien maîtriser les concepts du cours pour s'appropriier l'étude demandée. La proportion de chimie organique est quelque peu restreinte. Très peu de mécanismes sont demandés et peu de produits de réaction sont à identifier.

A2026 – PHYSIQUE I PC



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

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

CONCOURS 2026

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 - PC

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 PC 2026 — Corrigé

Ce corrigé est proposé par Marie Ausseresse (professeur agrégée) ; il a été relu par Vincent Rossetto (chercheur au CNRS), Louis Salkin (professeur en CPGE) et Cyril Ravat (professeur en CPGE).

Ce sujet est construit autour d'approches différentes pour étudier l'atome d'hydrogène. Ses trois parties suivent un déroulé historique pour comprendre les premières observations du spectre de l'hydrogène, en allant de la mécanique jusqu'à la description quantique de l'atome. Les trois parties sont annoncées comme indépendantes, en admettant certains résultats fournis par l'énoncé.

- Dans la partie I, on se concentre sur les raies d'émission de l'atome d'hydrogène. On y établit empiriquement les relations de Balmer et Rydberg qui ont permis une première description de ces raies, y compris en dehors du domaine visible.
- La partie II est entièrement consacrée à l'approche de mécanique classique proposée par Bohr. Celle-ci modélise l'atome avec un électron en orbite autour d'un noyau central, en y ajoutant une hypothèse de quantification du moment cinétique, dont découle toutes les autres grandeurs discrètes.
- La dernière partie aborde la description quantique. On utilise l'équation de Schrödinger pour étudier le concept d'onde de matière, dont l'existence a été prouvée grâce à l'expérience de Davisson et Germer. On finit par comparer ces résultats au modèle de Bohr.

C'est un sujet assez complet qui aborde des notions classiques de forces centrales (mécanique du point) et de mécanique quantique. Hormis quelques questions plus ardues, il s'agit d'un bon sujet de révision sur ces chapitres.

A2026 – PHYSIQUE II PC



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

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

CONCOURS 2026

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 - PC

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 PC 2026 — Corrigé

Ce corrigé est proposé par Marie Thorey (professeure en CPGE) ; il a été relu par Ganesh Tangavelou (ENS de Lyon) et Steve Arnefaux (professeur en CPGE).

L'énoncé porte sur l'interaction entre le rayonnement électromagnétique et la matière, à travers plusieurs situations mettant en jeu des charges électriques, des photons et des dipôles magnétiques. Il propose d'étudier successivement quelques aspects du modèle classique de l'atome, la description corpusculaire du rayonnement, et les échanges de moment cinétique entre matière et champ électromagnétique. Les trois parties sont indépendantes.

- Dans la partie I, on étudie la taille d'un électron à partir de l'énergie électrostatique associée au champ électrique créé par l'électron. On s'intéresse ensuite à la taille d'un atome avec une approche quantique.
- La partie II porte sur la rotation d'une coquille sphérique chargée en surface. Après avoir étudié les symétries et les invariances des champs $\vec{E}$ et $\vec{B}$, on utilise la loi de Lenz-Faraday pour déterminer le champ électrique. On peut ensuite prendre en compte son effet sur la rotation de la coquille.
- La partie III revient sur des calculs de mécanique pour caractériser le mouvement de l'électron. À partir de la puissance rayonnée donnée par la formule de Larmor, on discute de la variation de moment cinétique de l'électron et de son effondrement sur le noyau. L'évocation de la mécanique quantique permet de remédier aux problématiques obtenues.

Ce sujet constitue un bon outil de révision pour l'électrostatique, la magnéto-statique, les ondes électromagnétiques et la mécanique dans un champ de forces centrales. Il comporte également quelques questions de mécanique quantique.

A2026 – CHIMIE PC



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

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

CONCOURS 2026

ÉPREUVE DE CHIMIE

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 :*

CHIMIE - PC

L'énoncé de cette épreuve comporte 16 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 PC 2026 — Corrigé

Ce corrigé est proposé par Bryan Boulenger (ENS Paris-Saclay) ; il a été relu par Augustin Long (professeur en CPGE) et Christelle Novoa-Serba (professeur en CPGE).

Ce sujet se compose de deux problèmes indépendants et de longueurs similaires, le premier de chimie organique et le second de chimie générale.

- Le premier problème s'intéresse à la synthèse de la cyrnéine A, une molécule permettant de favoriser la croissance de cellules similaires à des neurones. Les mécanismes réactionnels demandés sont proches du cours, mis à part l'ozonolyse et l'extension de cycle qui nécessitent une certaine intuition. On retrouve également des questions de spectroscopie ainsi qu'une banque de réactions. Quelques questions de chimie organométallique concluent cette partie.
- Le second problème est consacré au recyclage des batteries. Il est composé de trois parties indépendantes. La première, proche du cours, traite d'atomistique, de cristallographie et de l'étude cinétique du modèle à cœur rétractant autour du solide LiCoO_2 . La deuxième utilise l'oxydoréduction avec l'analyse de diagrammes potentiel-pH, ainsi que la thermodynamique appliquée à une extraction liquide-liquide et à un coefficient de partage. Enfin, la dernière partie s'intéresse aux courbes courant-potentiel associées aux métaux présents.

Ce sujet est assez classique pour une épreuve des Mines et bien adapté à la durée de l'épreuve. Il s'avère intéressant pour tester ses connaissances sur les thématiques des deux années. Les questions s'enchaînent bien et permettent souvent de vérifier les réponses aux questions précédentes. Le problème de chimie organique est accessible, avec de nombreuses questions de cours, quelques questions nécessitant une compréhension des propriétés des molécules en jeu, et une ou deux questions bien plus difficiles. Le problème de chimie générale reste proche du cours si les différentes figures sont bien comprises. Comme d'habitude à ce concours, l'usage de la calculatrice était interdit, mais aucune des applications numériques n'était difficile.

ECOLE POLYTECHNIQUE
ESPCI

CONCOURS D'ADMISSION 2026

MARDI 14 AVRIL 2026
08h00 - 12h00
FILIERE PC - Epreuve n° 3
PHYSIQUE A

Durée : 4 heures

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

X/ENS Physique A PC 2026 — Corrigé

Ce corrigé est proposé par Amélie Gay (professeure agrégée à l'université) ; il a été relu par Hector Abel (ENS Paris-Saclay) et Jacques Ding (École Polytechnique).

Ce sujet s'intéresse à la spectrométrie de masse comme méthode de détermination de la masse de molécules complexes telles que les protéines. Il s'agit d'abord de fabriquer des cations de charge élevée grâce à l'électronébulisation ; ce phénomène est étudié dans la partie I. Puis leurs trajectoires dans un champ électromagnétique sont analysées afin de déterminer indirectement leur masse, ce qui fait l'objet de la seconde partie. Les deux parties sont indépendantes. La seconde représente les trois quarts du sujet.

- La première partie porte sur la formation d'un cône de Taylor par application d'une différence de potentiel à la sortie d'un capillaire contenant un liquide conducteur. En partant de l'expression de la densité volumique d'énergie électrostatique s'exerçant entre les armatures d'un condensateur, on détermine la force par unité de surface qui s'exerce à la surface du liquide conducteur. Cette force est comparée à la force de tension superficielle pour déterminer la stabilité du cône, ce qui permet de trouver l'expression du potentiel et l'évolution de la densité de charge à sa surface.
- La partie II étudie la construction d'une cellule permettant à la fois d'exciter les cations par un champ électromagnétique et de détecter leur trajectoire. Elle introduit progressivement ses différents éléments en commençant par décrire la trajectoire des ions dans un champ magnétique uniforme. Les ions voient ensuite leur mouvement forcé par l'ajout d'un champ électrique sinusoïdal, la recherche de la pulsation de résonance étant essentielle pour connaître leur masse. Il est ajouté au dispositif des électrodes qui créent un potentiel permettant de piéger les ions dans la cellule, ce qui a pour effet de modifier la pulsation de résonance. Enfin, des électrodes de détection sont mises en place pour déterminer le mouvement des cations et leur pulsation de résonance.

Ce sujet fait la part belle à l'électromagnétisme et plus particulièrement à l'électrostatique. L'étude des mouvements sinusoïdaux forcés est aussi au cœur du problème. Chaque partie (ou sous-partie) possède une difficulté croissante. La résolution de quelques questions incontournables est nécessaire pour continuer le sujet. La compréhension des phénomènes physiques est régulièrement questionnée. Il s'agit donc d'un excellent sujet de révision pour les deux thématiques abordées.

ECOLE POLYTECHNIQUE - ESPCI
ECOLE NORMALES SUPERIEURES

CONCOURS D'ADMISSION 2026

MERCREDI 15 AVRIL 2026
08h00 - 12h00

FILIERE PC - Epreuve n° 5

PHYSIQUE B

Durée : 4 heures

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

X/ENS Physique B PC 2026 — Corrigé

Ce corrigé est proposé par Hector Abel (ENS Paris-Saclay) ; il a été relu par Étienne Martel (ENS Paris-Saclay) et Jimmy Roussel (professeur agrégé en école d'ingénieurs).

Ce sujet explore l'application de la topologie, une notion mathématique abstraite, en physique des ondes. Il établit une analogie entre deux systèmes très différents : les vibrations d'une chaîne masse-ressort en matière condensée et les ondes océaniques à l'équateur. L'étude topologique de la relation de dispersion conduit à l'existence de modes localisés aux interfaces appelés états de bords. Les deux parties sont indépendantes mais reposent sur le même principe.

- Dans la partie I, on examine une chaîne de masses reliées par des ressorts identiques. La relation de dispersion permet de définir la première zone de Brillouin et d'identifier les modes propagatifs et évanescents. On compare ensuite cette chaîne dite monoatomique à une chaîne dimérisée, constituée de deux masses par maille reliées par des ressorts alternés. Une bande interdite apparaît où il n'y a plus de modes. La fin de la partie introduit un invariant topologique pour prédire l'existence de modes localisés à l'interface entre deux chaînes de topologies différentes. Ce modèle est utilisé pour décrire la conduction électronique au sein des longues chaînes carbonées comme l'acétylène.
- La partie II transpose ces concepts à l'océanographie équatoriale. À partir des équations de la mécanique des fluides, on décrit les ondes de surface en présence de la force de Coriolis. La relation de dispersion fait émerger des bandes interdites dépendant d'un paramètre f_0 . L'équateur, où f_0 change de signe, joue alors le rôle d'interface topologique entre les deux hémisphères. Les ondes piégées à l'interface expliquent ainsi le phénomène El Niño.

Ce sujet utilise la mécanique du point et la mécanique des fluides. Il aborde cependant des notions qui dépassent largement le programme de prépa, notamment la théorie des bandes et la topologie en physique de la matière condensée. La principale difficulté tient à l'appropriation rapide de ces concepts. Les outils mathématiques mobilisés sont en revanche au programme : analyse complexe, diagonalisation de matrices 2×2 et 3×3 , développements limités et équations aux dérivées partielles. La rigueur dans le calcul et l'aisance avec les ondes planes complexes sont essentielles pour mener à bien la résolution. Ce sujet n'est donc pas un outil de révision du cours classique, mais il convient bien pour préparer les concours X/ENS, qui proposent fréquemment des épreuves explorant des thèmes en marge du programme.

**ECOLE POLYTECHNIQUE - ESPCI
ECOLE NORMALES SUPERIEURES**

CONCOURS D'ADMISSION 2026

**MARDI 14 AVRIL 2026
14h00 - 18h00
FILIERE PC - Epreuve n° 4
CHIMIE A**

Durée : 4 heures

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

X/ENS Chimie PC 2026 — Corrigé

Ce corrigé est proposé par Alexandre Herault (professeur en CPGE) ; il a été relu par Bryan Boulenger (ENS Paris-Saclay) et Augustin Long (professeur en CPGE).

Ce sujet a pour thème la pollution organique dans l'eau. Il est composé de deux problèmes indépendants, l'un de chimie générale, l'autre de chimie organique.

- Le premier problème s'intéresse à la baignabilité de la Seine, qui était un objectif pour l'organisation des Jeux olympiques de Paris en 2024. Les eaux usées, qui contiennent des bactéries et de la matière organique, constituent la principale source de pollution du fleuve. Ce problème étudie la transformation de la matière organique en matière minérale à des fins de dépollution. Il se divise en trois parties indépendantes. La première aborde une méthode de mesure de la pollution organique d'une eau à l'aide d'oxydes de chrome et propose l'étude d'un dosage en retour. La deuxième, très courte, présente la dégradation biologique de la matière organique à l'aide de bactéries. Enfin, la troisième partie explore une méthode innovante de traitement en conditions supercritiques dans l'eau. L'ensemble du problème ne fait appel qu'à la chimie des solutions aqueuses, l'oxydoréduction et la cinétique chimique.
- Le second problème est une étude de la synthèse d'un antibiotique naturel isolé en 1982, l'énacyloxine IIa. Le développement de nouveaux médicaments s'étant considérablement accru au XX^e siècle, les résidus médicamenteux dans les eaux constituent aujourd'hui un enjeu de santé publique. L'impact environnemental des médicaments après leur utilisation devient, en plus de leur action thérapeutique, un sujet important. Ce problème aborde des domaines variés de la chimie organique de prépa. Presque tous les intermédiaires de synthèse sont donnés, ce qui est assez rare. On doit fournir de nombreuses conditions expérimentales, utiliser et interpréter des données spectrales, présenter quelques mécanismes et étudier un cycle catalytique.

Ce sujet n'est pas d'un niveau très élevé, surtout pour le concours X/ENS, mais le problème de chimie générale n'est pas facile d'accès car il utilise des notions nouvelles présentées dans l'énoncé. L'assimilation et la bonne compréhension de ces notions, ainsi que l'utilisation des documents, nécessitaient du temps et représentaient la plus grande difficulté de cette épreuve. Par ailleurs, ce problème n'utilise que des notions vues en première année, ce qui est inhabituel. En revanche, le problème de chimie organique est classique et varié. Dans l'ensemble, ce sujet est un bon entraînement pour les futures sessions de ce concours.