

Sommaire

E3A

		Énoncé	Corrigé
Mathématiques	Étude d'un endomorphisme, opérateurs intégraux et optimisation de variance. <i>réduction d'endomorphismes, espaces euclidiens, intégration, moments de variables aléatoires, optimisation</i>	17	21

CONCOURS COMMUN INP

Mathématiques	Réduction de matrices par blocs. Somme et maximum de lois géométriques. Résolution d'une équation différentielle non ordinaire. <i>réduction, variables aléatoires, séries entières, intégration, séries de fonctions</i>	37	44
Informatique	Autour de l'astro-informatique. <i>algorithmes de classification, théorie des graphes, SQL</i>	60	88

CENTRALE-SUPÉLEC

Mathématiques 1	Découverte de la planète Neptune. <i>réduction des endomorphismes, analyse réelle, équations différentielles</i>	102	106
Mathématiques 2	Introduction à la notion de distribution. <i>suites et séries de fonctions, intégrales à paramètres</i>	126	130

MINES-PONTS

Mathématiques 1	Sommes d'endomorphismes de carré nul. <i>algèbre linéaire, calcul matriciel, réduction des endomorphismes, trigonalisation</i>	157	164
Mathématiques 2	Solutions périodiques d'équations différentielles. <i>équations différentielles, séries de fonctions, topologie, convexité, algèbre linéaire</i>	183	190
Informatique	Jeu Quixo à deux joueurs. <i>algorithmique, terminaison, arbres, min-max, bases de données</i>	206	223

POLYTECHNIQUE-ENS

Mathématiques	Etude de modèles simplifiés de matériaux ferromagnétiques. <i>convexité, dérivabilité, probabilités, analyse asymptotique, réduction</i>	233	240
Informatique	Cycles et unification. <i>graphes, algorithmique, correction, complexité, bases de données</i>	261	270

FORMULAIRES

Développements limités usuels en 0	281
Développements en série entière usuels	282
Dérivées usuelles	283
Primitives usuelles	284
Trigonométrie	286

SESSION 2026



PC8M

ÉPREUVE SPÉCIFIQUE - FILIÈRE PC**MATHÉMATIQUES****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 exercices indépendants.

e3a Mathématiques PC 2026 — Corrigé

Ce corrigé est proposé par Jan-Luka Fatras (ENS Paris-Saclay) ; il a été relu par Matthias Moreno Ray (professeur en CPGE) et Vincent Puyhaubert (professeur en CPGE).

Ce sujet est constitué de trois exercices indépendants qui font appel à une grande partie du programme de la filière PC : algèbre linéaire, analyse et probabilités.

- Dans l'exercice 1, on étudie un endomorphisme canoniquement associé à une matrice antisymétrique de taille 5. L'exercice aborde différentes notions liées à la réduction des endomorphismes : étude des valeurs propres, utilisation du produit scalaire, décomposition en somme directe et construction d'une base adaptée.
- L'exercice 2 introduit un opérateur intégral agissant sur les fonctions continues sur $[0; 1]$. Il repose essentiellement sur les liens entre dérivation et intégration. L'étude combine calculs explicites, manipulations d'intégrales dépendant d'un paramètre et utilisation de développements limités pour obtenir des comportements asymptotiques.
- Enfin, l'exercice 3 traite un problème d'optimisation en probabilités. On y exprime la variance d'une variable aléatoire ne prenant que trois valeurs en fonction de sa loi, puis on ramène le problème à l'étude d'une fonction de deux variables sur un sous-ensemble de $\mathbb{R}^2$. L'exercice mobilise des outils classiques d'analyse multivariée.

Ce sujet n'a pas pour objectif de démontrer des résultats particuliers, il constitue surtout une occasion de s'exercer aux calculs et de mettre en œuvre des méthodes élémentaires du cours sur des exemples simples. Les difficultés techniques restent modérées.

SESSION 2026



PC1M

ÉPREUVE SPÉCIFIQUE - FILIÈRE PC**MATHÉMATIQUES****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 exercices indépendants.

CCINP Maths PC 2026 — Corrigé

Ce corrigé est proposé par William Gregory (étudiant en Master) ; il a été relu par Bertrand Wiel (professeur en CPGE) et Gilbert Monna (professeur honoraire en CPGE).

Ce sujet est composé de trois exercices indépendants faisant appel à l'ensemble du programme de spé.

- L'exercice 1 concerne la réduction de matrices par blocs. On y étudie deux formes de matrices $M \in \mathcal{M}_{2n}(\mathbb{R})$ définies par une matrice $A \in \mathcal{M}_n(\mathbb{R})$. À l'aide d'arguments sur les polynômes annulateurs, on cherche des conditions nécessaires et suffisantes sur A pour que la matrice M soit diagonalisable.
- L'exercice 2 s'intéresse à la somme S_n et au maximum V_n de n variables aléatoires indépendantes suivant une même loi géométrique. L'étude de S_n , indépendante du reste du problème, se fait à l'aide de sa fonction génératrice et a pour objectif de déterminer l'expression de $P(S_n = k)$. Le reste de l'exercice est consacré à l'étude de V_n . L'objectif final est de déterminer un équivalent de son espérance. Pour y parvenir, on exprime $E(V_n)$ comme somme d'une série, puis on réalise une comparaison série-intégrale et un changement de variable.
- L'exercice 3 porte sur l'équation différentielle $f'(x) = f(\lambda x)$ où $\lambda \in [-1; 1]$. La première partie étudie la structure de l'ensemble des solutions S_λ et le détermine dans trois cas. La deuxième partie s'intéresse aux solutions développables en série entière. Enfin, à l'aide d'une formule de Taylor et d'arguments de convergence uniforme, on montre que toutes les solutions sont développables en série entière.

Ces exercices sont relativement standards et classiques. De nombreuses questions sont accessibles, soit parce qu'elles demandent de restituer des résultats de cours, soit parce que les raisonnements sont courts et se font sans difficulté. En revanche, certaines parties comportent des questions plus difficiles et techniques, notamment la partie III de l'exercice 2. Il s'agit d'un sujet de révision intéressant, dont les exercices peuvent être abordés indépendamment à différents stades de l'année.

SESSION 2026



PC5IN

ÉPREUVE MUTUALISÉE AVEC E3A-POLYTECH**ÉPREUVE SPÉCIFIQUE - FILIÈRE PC**

INFORMATIQUE**Durée : 3 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 quatre parties indépendantes.

L'épreuve est à traiter en langage **Python** sauf pour les bases de données.

Les différents algorithmes doivent être rendus dans leur forme définitive sur le **Document Réponse** dans l'espace réservé à cet effet en respectant les éléments de syntaxe du langage (les brouillons ne sont pas acceptés).

La réponse ne doit pas se limiter à la rédaction de l'algorithme sans explication, les programmes doivent être expliqués et commentés de manière raisonnable.

Énoncé et Annexe : 16 pages

Document Réponse : 12 pages

Seul le Document Réponse (DR) doit être rendu dans son intégralité (le QR Code doit être collé sur la première page du DR).

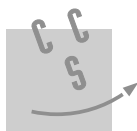
CCINP Informatique PC 2026 — Corrigé

Ce corrigé est proposé par Abdelrahman Zighem (ENS Ulm) ; il a été relu par Virgile Andreani (ENS Ulm) et Cyril Ravat (professeur en CPGE).

Ce sujet traite d'observations astrophysiques. L'objectif est d'abord de comprendre le format de ces observations photographiques et spectrographiques, puis de les classer. On utilise les algorithmes des k -moyennes et des k plus proches voisins pour cela. On termine en utilisant des méthodes issues de la théorie des graphes pour exhiber, parmi les spectres galactiques, la structure de *filaments*, qui sont de grands amas longitudinaux de galaxies.

- La partie I est consacrée à quelques questions de représentations des données et de SQL.
- La partie II implémente l'algorithme des k -moyennes pour les spectres galactiques, que l'on étend ensuite afin de s'éviter de spécifier manuellement le nombre de groupes. Il est nécessaire de connaître et savoir implémenter cet algorithme car l'énoncé ne rappelle pas son fonctionnement.
- La partie III s'intéresse aux spectres stellaires via l'algorithme des k plus proches voisins. On attend cette fois seulement une compréhension théorique de l'algorithme, le code étant fourni.
- La partie IV propose une belle idée : exhiber la structure des filaments galactiques en élaguant subtilement un arbre couvrant minimal du graphe formé par les galaxies. La représentation choisie des arbres, en dictionnaire, est plutôt inhabituelle. Quelques questions plus subtiles algorithmiquement sont placées à la toute fin.

Le sujet est globalement bien construit et la trame de l'astrophysique est engageante. De nombreuses questions de programmation assez simples correspondent à des algorithmes basiques qui doivent être parfaitement maîtrisés (calcul de moyenne, recherche de maximum, initialisation d'une liste de listes). C'est de plus un très bon sujet pour faire le tour des algorithmes de classification et éventuellement approfondir les arbres et les graphes.



CONCOURS CENTRALE•SUPÉLEC

Mathématiques 1

PC

4 heures

Calculatrice autorisée

2026

Découverte de la planète Neptune

Les quatre parties de ce problème sont indépendantes, le candidat peut les traiter dans l'ordre de son choix. Dans tout ce problème, $\mathcal{M}_3(\mathbb{R})$ désigne l'ensemble des matrices à 3 lignes et à 3 colonnes à coefficients réels.



Urbain Le Verrier (source Wikipedia)

- Urbain Le Verrier (1811-1877) doit sa célébrité à la découverte de la planète Neptune en 1846. À cette époque, seules 7 planètes sont alors connues (Mercure, Vénus, La Terre, Mars, Jupiter, Saturne et Uranus). Les mouvements des planètes sont régis par les lois de Newton. Quand on ne néglige pas les interactions entre planètes, les équations caractérisant les trajectoires des planètes sont pour l'instant impossibles à résoudre. Lagrange puis Laplace ont apporté des simplifications mais n'ont pas abouti. Le Verrier a conclu leurs travaux et établi les trajectoires des 7 planètes alors connues.
- La trajectoire que Le Verrier prédit concernant la planète Uranus contredit les observations de Herschel effectuées en 1781 : Uranus ne se trouve pas là où elle devrait être ! Ces écarts inexplicables entre la position réelle d'Uranus sur son orbite et celle déduite par la théorie suggèrent l'existence d'un corps céleste inconnu, plus lointain, exerçant une force gravitationnelle perturbatrice. Plus tard, un astronome allemand, Johann Galle, observe pour la première fois la planète à l'origine de cette anomalie, à partir des calculs de Le Verrier. Elle est baptisée Neptune et on considère que c'est Le Verrier (et non Galle) qui l'a découverte.

Partie A – Étude du mouvement d'une planète seulement soumise à l'attraction du soleil

- On se place dans l'écliptique qui est le plan P d'origine le soleil et contenant le système solaire. On munit ce plan d'un repère orthonormé $(O; \vec{i}, \vec{j})$ et, si M et N sont deux points de ce plan, MN désigne la longueur du segment d'extrémités M et N .
- Soit $(a, c) \in (\mathbb{R}_+^*)^2$ tel que $c < a$. On pose $b = \sqrt{a^2 - c^2}$. On appelle F le point de coordonnées $(c, 0)$ et F' le point de coordonnées $(-c, 0)$.
- On appelle $\mathcal{E}$ l'ensemble des points M de P tels que $MF + MF' = 2a$. On dit que $\mathcal{E}$ est une ellipse de foyers F et F' .
- Dans cette partie, x et y sont deux réels et M est le point de P de coordonnées (x, y) .

Centrale Maths 1 PC 2026 — Corrigé

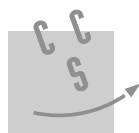
Ce corrigé est proposé par Théo Ternier (professeur agrégé) ; il a été relu par Sélim Cornet (professeur en CPGE) et Benoit Chevalier (ENS Ulm).

La découverte de Neptune constitue l'un des exemples historiques les plus célèbres de prédiction scientifique par le calcul. Au XIX^e siècle, les écarts entre la trajectoire observée d'Uranus et celle prévue par la théorie de Newton ont conduit Urbain Le Verrier à postuler l'existence d'une planète encore inconnue, dont la position a ensuite été confirmée par l'observation.

Ce sujet, constitué de quatre parties indépendantes, s'inspire de ce contexte. Il commence par l'étude géométrique d'une orbite elliptique, puis introduit un modèle simplifié des interactions entre planètes massives. Les calculs de Le Verrier y sont reliés à des questions d'algèbre linéaire, notamment la détermination des valeurs propres d'une matrice à partir des traces de ses puissances, puis à l'étude de l'effet d'une perturbation sur son spectre.

- La première partie étudie le mouvement d'une planète seulement soumise à l'attraction du Soleil. Elle établit l'équation réduite d'une ellipse définie par ses foyers, puis utilise cette équation pour tracer l'ellipse et interpréter son excentricité.
- La deuxième partie prend en compte, dans un modèle simplifié, les interactions entre trois planètes massives. Le système différentiel utilisé comme modèle est découplé grâce à la diagonalisation d'une matrice, ce qui ramène le problème à l'analyse d'équations différentielles linéaires d'ordre 2.
- La troisième partie présente la méthode de Le Verrier pour déterminer le polynôme caractéristique d'une matrice à partir des traces de ses puissances. Cette méthode est ensuite appliquée à une matrice explicite d'ordre 3, dont on détermine d'une part les valeurs propres et d'autre part une base de vecteurs propres.
- La quatrième partie montre l'effet d'une perturbation de rang 1 sur le spectre d'une matrice diagonale. Elle combine algèbre linéaire et analyse : on relie d'abord les valeurs propres de la matrice perturbée aux solutions d'une équation rationnelle, et on étudie cette équation à l'aide des variations d'une fonction. La fin de la partie décrit le comportement des valeurs propres lorsque le paramètre de perturbation varie.

Ce problème, assez inhabituel et plutôt décousu, aborde surtout des thèmes classiques d'algèbre linéaire et d'analyse élémentaire : géométrie du plan, équations différentielles linéaires, réduction de matrices et étude de fonctions. Il est très calculatoire, mais d'un niveau accessible pour une épreuve de Centrale. Mis à part le langage de la réduction des matrices, qui relève du programme de deuxième année, une partie du sujet est réalisable dès la fin de la première année. Ce sujet permet donc de consolider les techniques de calcul, l'étude qualitative de fonctions et les méthodes classiques de réduction des matrices.



CONCOURS CENTRALE•SUPÉLEC

Mathématiques 2

PC

4 heures

Calculatrice autorisée

2026

Notations et rappels

- Les lettres $\mathbb{N}$, $\mathbb{Z}$ et $\mathbb{R}$ désignent respectivement les ensembles des entiers naturels, des entiers relatifs et celui des nombres réels.
- Si $f : \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}$ est une fonction bornée, on note $\|f\|_\infty = \sup_{x \in \mathbb{R}} |f(x)|$.
- On note $\mathcal{C}^\infty(\mathbb{R})$ le $\mathbb{R}$ -espace vectoriel des fonctions de classe $\mathcal{C}^\infty(\mathbb{R})$ de $\mathbb{R}$ dans $\mathbb{R}$ et on note $\mathcal{D}(\mathbb{R})$ le sous-espace vectoriel de $\mathcal{C}^\infty(\mathbb{R})$ constitué des fonctions f pour lesquelles il existe $A > 0$ tel que $f(x) = 0$ si $|x| > A$:

$$\mathcal{D}(\mathbb{R}) = \{f \in \mathcal{C}^\infty(\mathbb{R}) \mid \exists A > 0, \forall x \notin [-A, A], f(x) = 0\}.$$

On ne demande pas de vérifier que $\mathcal{D}(\mathbb{R})$ est un sous-espace vectoriel de $\mathcal{C}^\infty(\mathbb{R})$.

Le but de ce sujet est d'introduire les distributions. Après avoir construit une fonction test (partie A), on introduit les distributions (partie B). Les propriétés de dérivation et de convergence sont introduites dans les parties C et D. La partie E donne une application classique de la théorie des distributions et utilise les résultats des parties précédentes.

Partie A – Construction d'une fonction test

Soit φ la fonction de $\mathbb{R}$ dans $\mathbb{R}$ telle que, pour tout $x \in \mathbb{R}$, $\varphi(x) = \begin{cases} e^{-1/x} & \text{si } x > 0 \\ 0 & \text{si } x \leq 0 \end{cases}$.

Q1. Justifier que φ est de classe $\mathcal{C}^\infty$ sur $\mathbb{R}^*$.

Q2. Montrer que, pour tout $n \in \mathbb{N}$, il existe un polynôme $P_n \in \mathbb{R}[X]$ tel que

$$\forall x \in \mathbb{R}_+^*, \quad \varphi^{(n)}(x) = P_n\left(\frac{1}{x}\right) e^{-1/x}.$$

Q3. En déduire que $\varphi \in \mathcal{C}^\infty(\mathbb{R})$.

Q4. Soient $a < b$ deux réels. Construire une fonction $\psi_{a,b} \in \mathcal{C}^\infty(\mathbb{R})$, telle que $\psi_{a,b}(x) > 0$ pour tout $x \in]a, b[$ et $\psi_{a,b}(x) = 0$ pour tout $x \in \mathbb{R} \setminus]a, b[$.

Soit, pour $\varepsilon > 0$, $\rho_\varepsilon(x) = \frac{1}{\varepsilon \int_{-\infty}^{+\infty} \psi_{-1,1}(u) du} \psi_{-1,1}\left(\frac{x}{\varepsilon}\right)$.

Q5. Justifier que ρ_ε est bien définie, puis que $\rho_\varepsilon \in \mathcal{D}(\mathbb{R})$.

Q6. Calculer $\int_{-\infty}^{+\infty} \rho_\varepsilon(x) dx$.

Q7. Soit g une fonction continue de $\mathbb{R}$ dans $\mathbb{R}$.

(a) Montrer que

$$\lim_{\varepsilon \rightarrow 0^+} \int_{-\infty}^{+\infty} \rho_\varepsilon(x) g(x) dx = g(0).$$

(b) En déduire que, pour tout $a \in \mathbb{R}$,

$$\lim_{\varepsilon \rightarrow 0^+} \int_{-\infty}^{+\infty} \rho_\varepsilon(x - a) g(x) dx = g(a).$$

Centrale Maths 2 PC 2026 — Corrigé

Ce corrigé est proposé par Pierre Bosch (professeur en CPGE) ; il a été relu par Loïc Mermet (ENS de Lyon) et Gilbert Monna (professeur honoraire en CPGE).

Ce sujet introduit la notion de distribution, qui prolonge celle de fonction. Les distributions permettent notamment de généraliser la dérivation et de l'appliquer à des fonctions non dérivables. Pour cela, on associe à une fonction f continue par morceaux sur $\mathbb{R}$ la forme linéaire

$$T_f : \varphi \mapsto \int_{-\infty}^{+\infty} f(t)\varphi(t) dt$$

définie sur l'espace vectoriel $\mathcal{D}(\mathbb{R})$ des fonctions tests, qui est le sous-espace vectoriel de $\mathcal{C}^\infty(\mathbb{R}, \mathbb{R})$ des fonctions φ pour lesquelles il existe $A \in \mathbb{R}_+$ tel que φ soit nulle en dehors du segment $[-A; A]$.

- La partie A est consacrée à la construction de fonctions tests non triviales.
- Dans la partie B, le concept de distribution est introduit et quelques exemples de distributions classiques sont étudiés : distribution de Dirac, valeur principale, fonction de Heaviside.
- On définit la dérivation d'une distribution dans la partie C. Cela permet en quelque sorte de dériver des fonctions non dérivables, comme la valeur absolue. On y démontre par exemple que la dérivée au sens des distributions de la fonction de Heaviside est la distribution de Dirac.
- Dans la partie D, on s'intéresse à la convergence d'une suite de distributions.
- La partie E est consacrée à la démonstration du théorème d'unicité de Cantor, qui établit que les seules suites réelles $(a_n)_{n \in \mathbb{N}^*}$ et $(b_n)_{n \in \mathbb{N}^*}$ telles que pour tout $x \in \mathbb{R}$, la série $\sum (a_n \cos(nx) + b_n \sin(nx))$ est convergente de somme nulle, sont les suites nulles. Pour cela, on introduit la fonction $F : \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}$ définie par

$$\forall x \in \mathbb{R} \quad F(x) = \sum_{n=1}^{+\infty} \left(\frac{a_n}{n^2} \cos(nx) + \frac{b_n}{n^2} \sin(nx) \right)$$

La preuve consiste à d'abord démontrer que F est affine, puis que F est nulle sur $\mathbb{R}$ pour enfin en déduire que les suites $(a_n)_{n \in \mathbb{N}}$ et $(b_n)_{n \in \mathbb{N}}$ sont nulles. Habituellement, on prouve que F est affine en montrant que pour tout $x \in \mathbb{R}$,

$$\frac{F(x+h) + F(x-h) - 2F(x)}{h^2} \xrightarrow{h \rightarrow 0} 0$$

Ici, on nous propose de montrer que la dérivée seconde de F au sens des distributions est nulle. Cela ne semble toutefois pas faisable de cette manière...

C'est une épreuve d'analyse qui balaye deux des thèmes principaux au programme de deuxième année : suites et séries de fonctions, et intégration. Le sujet fait également intervenir des résultats de première année : théorème fondamental de l'analyse, théorème des bornes atteintes pour une fonction continue sur un segment, théorème de l'intégrale nulle, mais aussi le théorème de la limite de la dérivée, qui est généralement mal maîtrisé.

Enfin, on remarquera que cette épreuve présente des similarités avec la deuxième épreuve de mathématiques du concours Centrale PC de 2015, qui était déjà consacrée à l'étude des distributions.

A2026 – MATH 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 MATHÉMATIQUES

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 :*

MATHÉMATIQUES I - PC

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 Maths 1 PC 2026 — Corrigé

Ce corrigé est proposé par Tristan Poullaouec (professeur en CPGE); il a été relu par William Gregory (étudiant en Master) et par Simon Billouet (professeur en CPGE).

Ce problème se place dans un $\mathbb{C}$ -espace vectoriel de dimension finie. Il est consacré à l'étude des endomorphismes décomposables en somme de p endomorphismes de carré nul, avec $p \in \mathbb{N}^*$. On s'intéressera plus particulièrement aux cas $p = 3$ et $p = 4$. Le sujet comporte cinq parties, dont les quatre premières sont indépendantes.

- La partie A porte sur la réduction des endomorphismes de carré nul.
- Dans la partie B, on établit que les endomorphismes décomposables en somme d'endomorphismes de carré nul sont les endomorphismes de trace nulle.
- On montre dans la partie C l'existence d'un endomorphisme de trace nulle qui n'est pas la somme de trois endomorphismes de carré nul.
- La partie D introduit les matrices de Hessenberg (ce sont des matrices triangulaires supérieures auxquelles on a ajouté des termes éventuellement non nuls juste sous la diagonale) et l'on établit quelques propriétés qui seront utiles dans la partie suivante.
- Dans la dernière partie, on raffine les résultats de la partie B en montrant que tout endomorphisme qui s'écrit comme somme d'endomorphismes de carré nul est la somme de quatre endomorphismes de carré nul.

C'est un sujet d'algèbre linéaire intéressant, mais plutôt long pour une épreuve de trois heures. De plus, si les trois premières parties ne présentent pas de difficulté majeure et ne font appel qu'à des raisonnements très classiques, cela commence à se corser dans la partie D, où les manipulations de matrices et de déterminants s'avèrent délicates à rédiger et à justifier. En résumé, c'est un très bon sujet de révision d'algèbre linéaire, même s'il devient vraiment difficile dans les deux dernières parties.

A2026 – MATH 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 MATHÉMATIQUES

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 :*

MATHÉMATIQUES II - PC

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 Maths 2 PC 2026 — Corrigé

Ce corrigé est proposé par Loïc Mermet (ENS de Lyon) ; il a été relu par Tristan Poullaouec (professeur en CPGE) et Gilbert Monna (professeur honoraire en CPGE).

Soit l'équation différentielle

$$y'' + b(x)y = c(x) \quad (\mathbf{E})$$

où b et c désignent deux fonctions continues et 2π -périodiques sur $\mathbb{R}$, et son analogue

$$y'' + b(x)y = 0 \quad (\mathbf{EH})$$

Introduite en 1886 pour la première fois par George William Hill dans son article sur les perturbations du mouvement Terre-Lune sous l'influence du Soleil, les équations de Hill (**EH**) apparaissent naturellement dans la description de nombreux problèmes de dynamique (équation de Schrödinger uni-dimensionnelle, mouvement d'un ion dans un piège quadripolaire, etc.). Le théorème de Cauchy linéaire garantissant l'existence de solutions, on peut légitimement s'interroger sur leur stabilité. Dans de nombreux contextes, des conditions périodiques sont imposées au système (excitation par un laser, vibration d'une membrane elliptique, etc.). Ce sujet propose d'étudier cette problématique avec certaines restrictions sur les fonctions b , c ou sur les solutions f de (**E**), et d'observer dans quelle mesure la périodicité des conditions se répercute sur les solutions du problème.

- La première partie permet de retrouver quelques propriétés de la structure de l'ensemble des solutions bornées de l'équation (**E**).
- La deuxième partie propose d'étudier l'équation d'un oscillateur harmonique. La première question est dédiée à la résolution analytique de ce problème, les suivantes abordent la recherche d'éventuelles solutions périodiques dépendant de la pulsation propre ω .
- La troisième partie rend hommage à un exemple de l'équation de Mathieu

$$y'' + (\alpha + \beta \cos(x))y = 0 \quad (\mathbf{M})$$

dans le cas où $\alpha = -1$ et $\beta = -1$. L'équation de Mathieu apparaît naturellement dès que l'on étudie la dynamique d'un système « simple » soumis à une excitation périodique. Cette courte section mobilise des connaissances de première année sur la notion de convexité et aboutit à l'unicité d'une éventuelle solution 2π -périodique.

- La quatrième partie étudie l'équation introduite dans la partie précédente en ajoutant un second membre. On utilise une série de fonctions pour en déterminer une solution. Les questions suivantes couplent des rudiments de théorie de Fourier à de l'algèbre linéaire pour obtenir une solution périodique.
- Enfin, la dernière partie, plus ardue, étudie l'existence et l'unicité d'une solution 2π -périodique dans le cas où (**E**) admet une solution bornée de dérivée bornée, en utilisant des notions de topologie en dimension finie.

Ce sujet fournit une occasion de réviser les notions de première année sur les équations différentielles. Les trois premières parties sont d'un niveau moyen et permettent de vérifier ses connaissances. Les deux dernières font appel aux séries de fonctions ou à la topologie pour expliciter des solutions particulières.

A2026 – INFO COMMUNE



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 D'INFORMATIQUE COMMUNE

Durée de l'épreuve : 2 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 :*

INFORMATIQUE COMMUNE

Cette épreuve est commune aux candidats des filières MP, PC et PSI.

L'énoncé de cette épreuve comporte 8 pages de texte.

Le travail doit être reporté sur le cahier de réponses de 8 pages distribué avec le sujet. Un seul cahier de réponses est fourni au candidat, dont toutes les feuilles seront obligatoirement rendues à la fin de l'épreuve. Le renouvellement de ce document en cours d'épreuve est interdit.

Pour valider ce cahier réponses, chaque candidat doit obligatoirement y inscrire à l'encre, à l'intérieur du rectangle d'anonymat situé en haut de chaque copie, sa date de naissance, son nom, son prénom, son numéro d'inscription et sa signature.

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 Informatique MP-PC-PSI 2026 — Corrigé

Ce corrigé est proposé par Cyril Ravat (professeur en CPGE) ; il a été relu par Abdelrahman Zighem (ENS Ulm) et Benjamin Monmege (enseignant-chercheur à l'université).

Le sujet se consacre à un jeu de stratégie à deux joueurs peu connu nommé Quixo, imaginé en 1995, dans lequel on déplace des pions afin d'obtenir un alignement maximal.

- La partie 1 présente le principe général et les règles du jeu. Elle ne comporte aucune question.
- La partie 2 met en place les fonctions d'initialisation du plateau, de détermination des coups possibles en fonction de la configuration, de recherche d'alignements et enfin la fonction permettant de savoir si un plateau est gagnant.
- Dans la partie 3, il est question de jeu contre l'ordinateur. On étudie deux algorithmes permettant à l'ordinateur de réaliser un bon mouvement : l'algorithme « min-max » est très brièvement rappelé et implémenté ; l'élagage « alpha-beta », hors programme, est expliqué et utilisé sur les deux dernières questions, sans technicité de langage.
- La partie 4 contient deux questions de langage SQL, qui nécessitent la maîtrise des jointures.

Cette épreuve de difficulté progressive s'inscrit dans l'optique du dernier chapitre du programme de deuxième année. La partie 2, très classique, contient de nombreuses questions abordables, y compris dès la première année. La partie 3 est plus complexe et nécessite un peu de recul sur l'algorithme min-max.

Enfin, remarquons l'usage d'un document réponse pour la première fois sur cette épreuve, à l'instar de ce que fait le concours CCINP depuis 2023. L'espace offert pour les réponses y est plutôt confortable et ne doit pas faire penser que les réponses à apporter sont nécessairement si longues. Il fallait faire attention à écrire lisiblement, en évitant toute rature. Cela signifie que le travail au brouillon est essentiel.

**ECOLE POLYTECHNIQUE - ESPCI
ECOLE NORMALES SUPERIEURES**

CONCOURS D'ADMISSION 2026

**LUNDI 13 AVRIL 2026
08h00 - 12h00**

FILIERE PC - Epreuve n° 1

MATHEMATIQUES

Durée : 4 heures

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

X/ENS Maths PC 2026 — Corrigé

Ce corrigé est proposé par Guillaume Soenen (ENS de Lyon) ; il a été relu par Youssef Yjjou (ENS de Lyon) et Simon Billouet (professeur en CPGE).

En physique statistique, les matériaux ferromagnétiques sont souvent représentés comme un ensemble de particules qui ont toutes un spin, c'est-à-dire une valeur -1 ou 1 modélisée par une variable aléatoire. Ce sujet étudie d'un point de vue mathématique ce type de modèle (appelé modèle d'Ising) en utilisant essentiellement l'analyse convexe, qui donne des arguments puissants pour justifier la convergence ou la dérivabilité de certains observables.

- La première partie s'intéresse à certaines propriétés des fonctions convexes, notamment les propriétés de la limite simple d'une suite de fonctions convexes de la variable réelle. Elle traite aussi de fonctions définies sur $\mathbb{R}^d$ et en particulier du lien entre convexité et matrice hessienne. On y trouve un exemple de fonction convexe définie à partir de l'espérance d'une variable aléatoire. Cette partie sera utile pour les parties suivantes, principalement pour montrer la convergence de certaines quantités.
- La deuxième partie propose d'étudier un premier exemple concret de système, dans lequel les particules n'interagissent qu'avec leurs voisines. En particulier, elle s'intéresse à la convergence de certaines quantités lorsque le nombre de particules tend vers l'infini ou lorsque la température tend vers 0. Cela fait intervenir des notions élémentaires de réduction dans le cadre de l'étude de la suite des puissances d'une matrice ainsi que des études asymptotiques de suites de fonctions de deux variables.
- La dernière partie se penche sur un autre exemple, dans lequel chaque particule interagit avec toutes les autres. Elle s'intéresse particulièrement à l'étude d'une fonction définie implicitement comme le maximum d'une fonction dépendant de paramètres, qui peut être interprétée comme la magnétisation du matériau. On étudie une variable aléatoire puis des fonctions : existence et unicité d'un maximum, dérivabilité et analyse asymptotique.

Ce sujet est majoritairement tourné vers l'analyse. Il aborde largement les notions de convexité, dérivabilité, analyse asymptotique ainsi que les fonctions de plusieurs variables. Si les probabilités occupent une place centrale dans le modèle étudié, on n'utilise que des notions vues en première année. Le seul domaine d'algèbre utile pour ce sujet est la réduction, pour seulement quelques questions de la deuxième partie. Les parties II et III sont indépendantes entre elles mais utilisent toutes les deux la partie I. Le sujet introduisant de nombreuses notations, il est important de comprendre leurs sens et leurs liens. Pour certaines questions, la difficulté majeure est de comprendre comment manipuler la quantité proposée par l'énoncé. Il s'agit d'un sujet très technique et ardu.

**ECOLE POLYTECHNIQUE - ESPCI
ECOLE NORMALES SUPERIEURES**

CONCOURS D'ADMISSION 2026

**JEUDI 16 AVRIL 2026
16h30 - 18h30**

**FILIERES MP-PC-PSI
Epreuve n° 8
INFORMATIQUE B**

Durée : 2 heures

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

X/ENS Informatique B MP-PC-PSI 2026

Corrigé

Ce corrigé est proposé par Virgile Andreani (ENS Ulm) ; il a été relu par Cyril Ravat (professeur en CPGE) et Benjamin Monmege (enseignant-chercheur à l'université).

Ce sujet d'algorithmique est centré sur les graphes dirigés acycliques. Il introduit une structure de graphes de degré sortant maximal de 2, et demande quelques preuves de correction d'algorithmes qui sont donnés.

- Dans la partie I, la structure de graphe est introduite. On demande d'analyser une fonction qui en effectue un parcours en profondeur et qui stocke ses résultats dans des variables globales. On doit ensuite comprendre deux fonctions qui utilisent ces variables pour modifier le graphe en conservant des invariants, ce qu'il faut prouver.
- La partie II est consacrée au problème d'unification, consistant à ajouter des arêtes au graphe pour faire correspondre les formes normales de deux jeux de sommets. La première moitié analyse et optimise la fonction récursive calculant la forme normale ; la seconde, très guidée, résout le problème d'unification.
- La partie III ne contient que deux questions sur les bases de données. La première est classique mais la seconde, difficile, requiert une bonne compréhension et visualisation du problème.

Centré sur l'algorithmique des graphes et demandant très peu de programmation, ce sujet est un bon entraînement aux preuves de correction. L'énoncé est peu progressif et exceptionnellement abstrait, comparé à d'autres sujets du même concours les années précédentes.