



AVIS IMPORTANT AUX CANDIDATS

Ce cahier d'examen est strictement personnel. Il ne doit comporter aucun signe distinctif.
Les réponses doivent être rédigées en noir ou en bleu.
Le non respect de l'une de ces recommandations peut conduire à l'attribution de la note **ZERO** à la copie.

Case à cocher si le
candidat est absent

☐

CONCOURS : Biologie et Géologie

EPREUVE DE : Chimie inorganique

DATE :03-06-2026 à 08 H 00

DURÉE : 2 HEURES

NOM :

PRÉNOM :

DATE DE NAISSANCE :

N° de C.I.N/PASSEPORT pour les étrangers :

SÉRIE :

IDENTIFIANT :

Signature des enseignants

--	--

Signature du candidat

--

NE RIEN ÉCRIRE ICI

Concours Biologie et Géologie

Épreuve de Chimie Inorganique

Session Juin 2026

Consignes

- Cette épreuve est composée de 12 pages. Elle est constituée de quatre parties indépendantes.
- Tous les résultats doivent être inscrits dans les espaces réservés à cet effet.
- Vous êtes autorisé(e) à utiliser des calculatrices électroniques de poche non programmables.
- Chaque calcul doit être précédé d'une expression littérale.
- Aucun échange de matériel n'est autorisé entre les candidats.
- Les réponses numériques doivent inclure des unités correctes pour être prises en compte.
- En cas de besoin, utiliser la page vide à la fin du cahier. Signaler son utilisation dans l'espace réservé à la réponse finale.
- Aucun brouillon ne doit être joint à votre copie.
- Si le candidat constate une anomalie dans l'énoncé durant l'épreuve, il est tenu de la noter sur sa copie et de poursuivre sa composition en explicitant les modifications qu'il a été amené à effectuer.

Recommandations et notations

- États physiques : solide (s) ; liquide (l) ; gaz (g).
- Dans un souci d'allègement, on utilisera la notation $H^+(aq)$ de préférence à la notation $H_3O^+(aq)$. L'abréviation (aq) désigne aqueux.
- Les gaz sont supposés parfaits.
- Les solutions aqueuses sont considérées comme idéales.
- Les enthalpies de changements d'état sont supposées indépendantes de la température.
- Une grandeur «X» dans l'état standard sera notée «X°».
- x_i^ϕ : la fraction molaire de «i» dans la phase ϕ .
- ESH : électrode standard à hydrogène.

Données numériques

- Masse molaire atomique du béryllium : $M_{Be} = 9,01 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$
- Constante des gaz parfaits : $R = 8,314 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
- Constante d'Avogadro : $N_A = 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
- Pression standard : $p^\circ = 1 \text{ bar}$
- Concentration standard : $C^\circ = 1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

À 298 K :

- Constante d'autoprotolyse de l'eau : $K_e = 10^{-14}$
- Constante de Nernst : $\left(\frac{R \times T}{F}\right) \times \ln(10) = 0,06 \text{ V}$
- Potentiels redox standard à pH = 0 :
 $E^\circ(\text{Be}^{2+}(aq)/\text{Be}(s)) = -1,96 \text{ V/ESH}$; $E^\circ(\text{H}^+(aq)/\text{H}_2(g)) = 0 \text{ V/ESH}$
- Constante de dissociation du complexe $\text{Be}(\text{OH})_3^-(aq)$: $K_D = 10^{-17,7}$
- $\text{Be}^{2+}(aq) + \text{H}_2\text{O}(l) = \text{Be}(\text{OH})^+(aq) + \text{H}^+(aq)$ (1) : $K_1^\circ = 10^{-5,4}$

Partie 1 : Atomistique – Cristallographie

■ Q1) Nommer les règles de remplissage des orbitales atomiques.

■ L'élément béryllium (Be) est situé dans la 2^{ème} période (ligne) et le 2^{ème} groupe (colonne) du tableau périodique.

Q2) Déterminer son numéro atomique Z et en déduire sa configuration électronique dans son état fondamental.

Q3) Quel est l'ion béryllium le plus stable ? Justifier.

Q4) L'ionisation de l'atome Be peut donner un ion hydrogénoïde. Lequel ? Dans ce cas et selon le modèle de Bohr, donner les expressions de l'énergie E_n (en eV) et du rayon de l'orbite r_n (en Å).

Q5) Selon le modèle quantique de l'atome, l'électron est considéré comme une onde à laquelle on associe une fonction d'onde ψ (ψ). Que représente le carré de son module $|\psi|^2$?

■ Les valeurs expérimentales de l'énergie de la première ionisation (E_{I1}) du béryllium (${}_Z\text{Be}$) et du bore (${}_5\text{B}$) sont, respectivement, 9,32 eV et 8,29 eV.

Q6) Définir l'énergie de la première ionisation (E_{I1}). Comment évolue-t-elle le long d'une période ?

NE RIEN ÉCRIRE ICI

Q7) Interpréter ces valeurs expérimentales de E_{I_1} .

■ L'isotope ${}^7_2\text{Be}$ du béryllium est radioactif. Il se désintègre pour former du lithium ${}^7_3\text{Li}$.

Q8) Écrire l'équation de la réaction nucléaire associée à cette désintégration et préciser le type de la radioactivité mise en jeu.

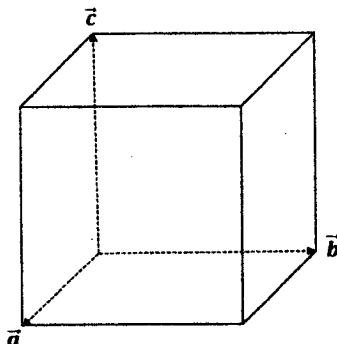
■ **Q9)** À quelle famille cristalline appartient le béryllium solide ? Justifier.

■ À haute température, la variété allotropique β du béryllium cristallise dans le système cubique de paramètre $a = 2,55 \text{ \AA}$. L'étude de ce cristal par diffraction des rayons X montre que les familles des plans réticulaires d'indices (100) et (111) ne diffractent pas les rayons X.

Q10) Rappeler la condition d'extinction vérifiée par les indices de Miller h , k et l pour chaque mode de réseau du système cubique.

Q11) Déterminer le mode de réseau (nom et symbole) du béryllium.

Q12) Compléter la figure ci-dessous par le contenu de la maille cristalline.



Q13) Calculer la population de la maille et le rayon R d'un atome de Be.

Q14) Quelle est la séquence d'empilement des plans dans la structure du béryllium ? Donner la coordinence d'un atome de Be dans un seul plan de cet empilement. En appliquant le modèle des sphères dures, justifier par une figure la valeur de la coordinence trouvée.

Séquence d'empilement des plans	Coordinence d'un atome de Be dans un seul plan d'empilement	Figure

Q15) Préciser les indices de la rangée réticulaire la plus dense dans cet empilement (on se limitera aux indices positifs). Donner l'expression de la distance d entre deux atomes consécutifs appartenant à cette rangée puis calculer sa valeur.

Q16) Représenter sur la même figure de la question Q12 le premier plan, après celui qui passe par l'origine, de la deuxième famille des plans réticulaires diffractant les rayons X. Déterminer son angle de diffraction du premier ordre, sachant que la longueur d'onde de la radiation utilisée est $\lambda = 1,54 \text{ \AA}$.

--	--

NE RENDRE ÉCRIRE ICI

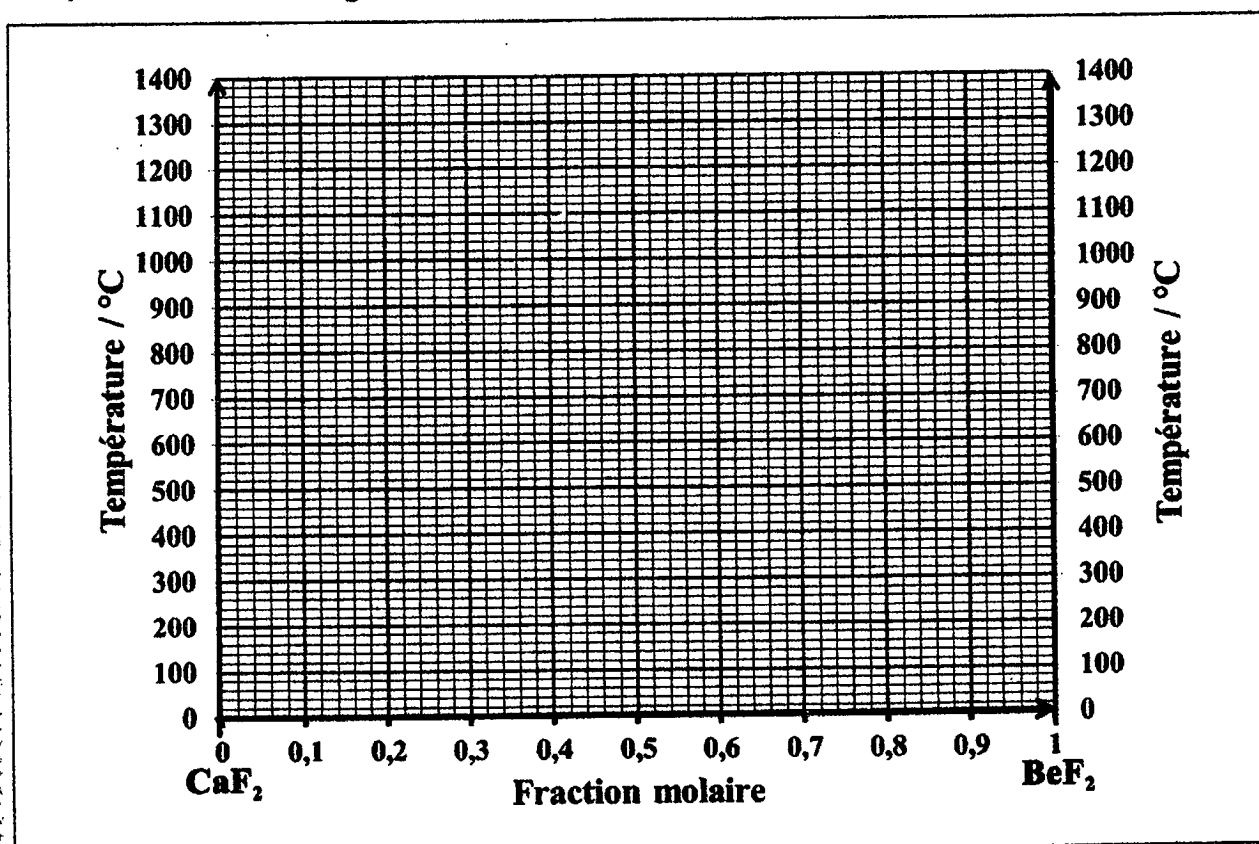
Partie 2 : Diagramme binaire solide-liquide

■ On envisage de tracer sous la pression de 1 bar, le diagramme de phases d'équilibre solide-liquide de système fluorure de calcium (CaF_2) - fluorure de béryllium (BeF_2).

On dispose des informations suivantes :

- Les mélanges fluorure de calcium - fluorure de béryllium sont totalement non solubles à l'état solide.
- Les températures de fusion du fluorure de béryllium et du fluorure de calcium sont respectivement égales à 543°C et 1330°C .
- Pour $x_{\text{BeF}_2} = 0,50$, la formation d'un composé défini qui se décompose à une température égale à 890°C et inférieure à sa température de fusion.
- L'existence d'un point eutectique à une température 495°C pour une composition molaire de 11% en fluorure de calcium.
- L'existence d'un point péritectique à 890°C , pour $x_{\text{BeF}_2} = 0,57$.

Q17) Tracer l'allure du diagramme sur la figure ci-dessous.



Q18) Déterminer la formule chimique du composé défini et préciser la nature de sa fusion.

Q19) Indiquer sur le diagramme la nature des phases présentes dans chacun des domaines.

À répondre sur le diagramme de la question Q17.

Q20) Donner le nom et l'équation de la transformation qui a lieu :

- sur le palier à la température 495°C.

- sur le palier à la température 890°C.

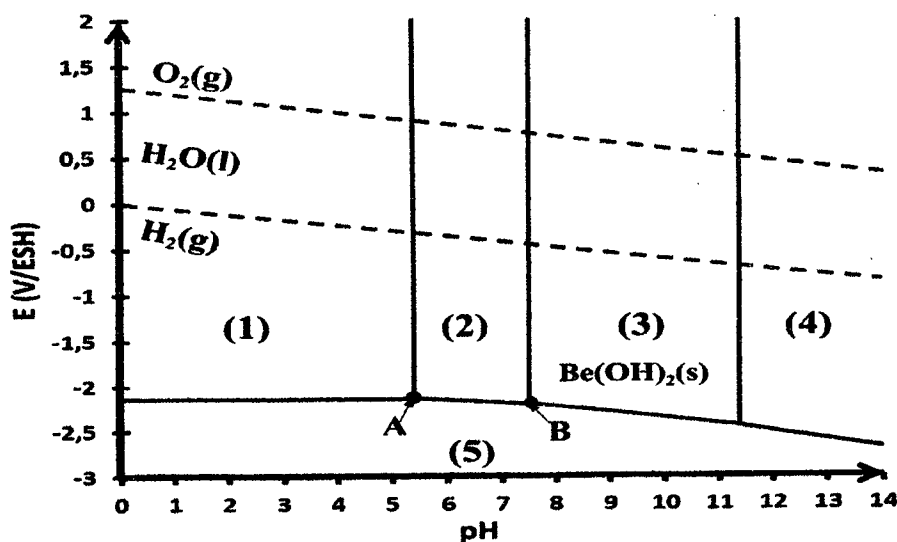
Q21) On refroidit jusqu' à la température 200°C, 10 moles d'un mélange liquide refermant 6 moles de BeF_2 . Calculer la quantité de matière de chacune des phases présentes lorsque la température atteint 200°C.

Partie 3 : Diagramme de Pourbaix (E-pH)

■ La figure ci-dessous, représente les diagrammes E-pH de l'élément béryllium (en traits gras) et de l'eau (en traits discontinus).

Pour l'élément béryllium, seules les espèces suivantes sont considérées : Be(s) , $\text{Be}^{2+}(\text{aq})$, $\text{Be}(\text{OH})_3^-(\text{aq})$, $\text{Be}(\text{OH})^+(\text{aq})$ et $\text{Be}(\text{OH})_2(\text{s})$. Les conventions adoptées pour le tracé de ce diagramme, à 298 K, sont :

- La concentration totale en élément «Be» dissous est égale à la concentration de tracee C_{tra} .
- À la frontière séparant les domaines de deux entités dissoutes, les concentrations en élément «Be» dans chacune des entités sont égales.



Les coordonnées des points A et B sont : A (5,40 ; -2,14) et B (7,51 ; -2,20)

NE RIEN ÉCRIRE ICI

NE RIEN ÉCRIRE ICI

Q22) Compléter le tableau ci-dessus en indiquant le degré d'oxydation de l'élément béryllium dans chacune des entités.

Entité	Be	Be ²⁺	Be(OH) ⁺	Be(OH) ₃ ⁻	Be(OH) ₂
Degré d'oxydation					

Q23) Indiquer, en justifiant la réponse, les espèces chimiques présentes dans les différents domaines du diagramme.

Domaine	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Espèce			Be(OH) ₂ (s)		

Justification :

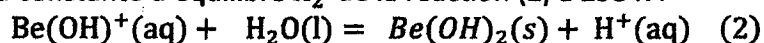
Q24) Attribuer les espèces chimiques aux domaines (zones) d'immunité, de passivation et de corrosion du béryllium.

Domaine	Corrosion	Immunité	Passivation
Espèce			

Q25) Déterminer la concentration de trace C_{tra} .

On cherche à déterminer le produit de solubilité (K_s) de $\text{Be}(\text{OH})_2(\text{s})$ dans l'eau à 298 K.

Q26) Déterminer la constante d'équilibre K_2^0 de la réaction (2) à 298 K :



Q27) En déduire la valeur du produit de solubilité (K_s) de $\text{Be}(\text{OH})_2(\text{s})$.

■ On propose de déterminer l'équation, $E = f(\text{pH})$, de la ligne frontière qui sépare les domaines (4) et (5).

Q28) Établir l'expression qui permet de calculer le potentiel redox standard du couple formé par les espèces présentes dans les domaines 4 et 5 en fonction de la constante de dissociation K_D du complexe $\text{Be}(\text{OH})_3^-(\text{aq})$, K_e et $E^\circ(\text{Be}^{2+}(\text{aq})/\text{Be}(\text{s}))$.

Q29) Calculer sa valeur à 298 K.

Q30) En déduire l'équation, $E = f(pH)$, de la ligne frontière qui sépare les domaines (4) et (5).

■ Le béryllium solide est mis en contact avec une solution aqueuse aérée à $pH = 9$.

Q31) Le béryllium peut-il être attaqué dans ces conditions ? Justifier.

Q32) Dans l'affirmative, écrire l'équation chimique de la réaction mise en jeu.

Q33) Cette réaction peut-elle arriver à terme ?

Partie 4 : Équilibre chimique – Cinétique chimique

On considère la réaction suivante : $\text{Be(s)} + 2 \text{HF(aq)} = \text{BeF}_2\text{(aq)} + \text{H}_2\text{(g)}$ (3)

Q34) Donner l'expression de la loi d'action de masse pour la réaction (3).

Q35) Déterminer la variance du système contenant les quatre constituants figurant dans l'équation de la réaction (3).

Q36) Interpréter ce résultat.

Q37) Peut-on choisir arbitrairement les fractions molaires de l'acide fluorhydrique et du fluorure de béryllium en solution aqueuse ?

Q38) Dans quel sens se déplace l'équilibre si on ajoute une faible quantité de $\text{H}_2\text{(g)}$ à température et volume constants ? Justifier.

NE RENDRE CORRECTION

■ Si on fait réagir 180,2 mg de béryllium solide avec un excès d'acide fluorhydrique à 298 K et sous une pression de 1 bar, la quantité de chaleur dégagée par la réaction (3) est égale à 8,5 kJ.

Q39) Citer une technique expérimentale permettant de déterminer la chaleur d'une réaction. Préciser deux conditions pour que la détermination expérimentale de la chaleur soit possible.

Q40) Déterminer l'enthalpie standard de la réaction (3) à 298 K.

■ On cherche à déterminer l'enthalpie molaire standard de sublimation du béryllium $\Delta_{\text{sub}} H_m^\circ(\text{Be})$ à partir des données ci-dessous :

Les grandeurs thermodynamiques à 298 K et sous la pression de 1 bar :

- L'enthalpie molaire standard de dissolution de $\text{BeF}_2(g)$ dans l'eau selon la transformation $\text{BeF}_2(g) = \text{BeF}_2(aq)$ est égale à : $\Delta_d H_m^\circ(\text{BeF}_2(g)) = -266,78 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$.
- L'enthalpie molaire standard de dissolution de $\text{HF}(g)$ dans l'eau selon la transformation $\text{HF}(g) = \text{HF}(aq)$ est égale à : $\Delta_d H_m^\circ(\text{HF}(g)) = -46,60 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$.
- Enthalpie molaire standard de dissociation des liaisons ($\Delta_{\text{diss}} H_m^\circ$) :

Liaison	H – F	H – H	Be – F	Schéma de Lewis de BeF_2
$\Delta_{\text{diss}} H_m^\circ(\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1})$	565,00	436,00	635,00	$\text{:}\ddot{\text{F}}\text{---Be---}\ddot{\text{F}}\text{:}$

Q41) Construire les chemins réactionnels permettant de déterminer $\Delta_{\text{sub}} H_m^\circ(\text{Be})$ à partir de l'enthalpie standard de la réaction (3) et des données précédentes.

Q42) Dédurre l'expression de $\Delta_{sub}H_m^o(Be)$ puis calculer sa valeur à 298 K.

Q43) Proposer une méthode expérimentale qui permet de suivre le déroulement de la réaction (3) au cours du temps.

Q44) En supposant que cette réaction est élémentaire, donner l'allure du diagramme de variation de l'énergie potentielle en fonction des coordonnées de la réaction (3) (profil énergétique de la réaction (3)) en faisant apparaître toutes les indications utiles.

Q45) L'expérience montre que la constante de vitesse k de la réaction (3) est donnée par la relation $\ln k = \frac{-3430}{T} + 2,94$ quand la température est comprise entre 10°C et 50°C. En déduire la valeur de l'énergie d'activation de la réaction (3) en admettant qu'elle est constante dans ce domaine de température.

NE RIEN ÉCRIRE ICI

Fin de l'épreuve.

Page Vide

NE RIEN ÉCRIRE ICI

