



Concours Nationaux d'Entrée aux
Cycles de Formation d'Ingénieurs
Session 2026

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 : Physique et chimie

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 Physique et Chimie

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.
- Le béryllium et le carbone sont à l'état solide à 298 K et sous la pression standard.
- 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

- 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 $|\psi|^2$?

Nous envisageons de construire le diagramme d'énergie des orbitales moléculaires de la molécule Be_2 .

Q6) Rappeler les deux conditions principales que doivent satisfaire les orbitales atomiques pour pouvoir interagir et conduire à la construction des orbitales moléculaires par Combinaison Linéaire d'Orbitales Atomiques (CLOA).

NE RIEN ÉCRIRE ICI

Q7) En se limitant aux orbitales atomiques des électrons de valence, représenter le diagramme d'énergie des orbitales moléculaires de la molécule Be_2 .

Q8) Déterminer la configuration électronique de Be_2 dans son état fondamental.

Q9) Est-ce que la molécule Be_2 peut exister ? Justifier.

■ Pour la molécule triatomique BeH_2 :

Q10) Citer la méthode adéquate qui permet de construire son diagramme d'énergie.

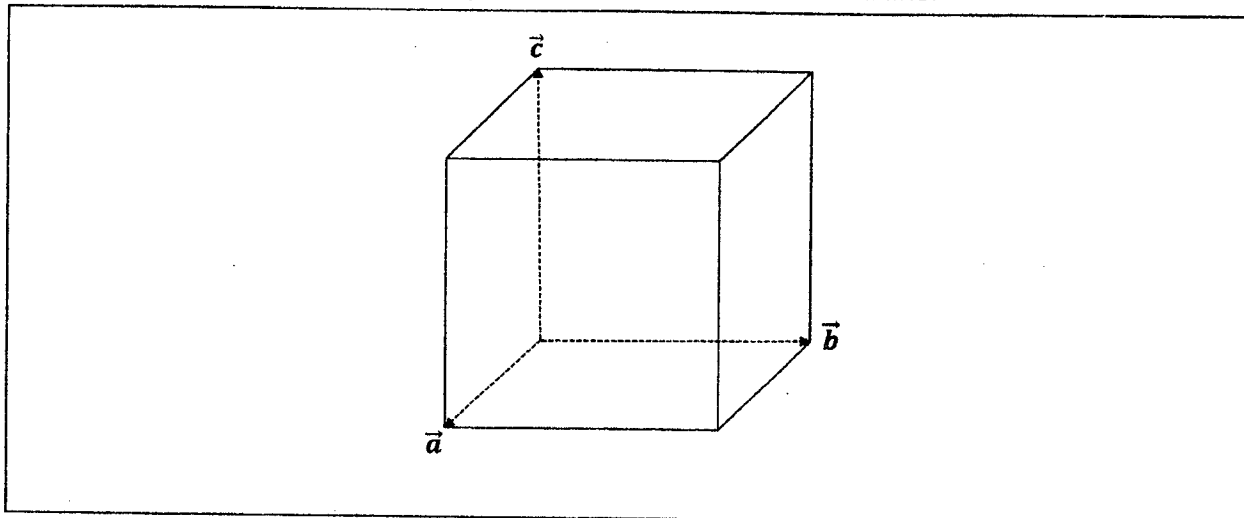
■ **Q11)** À quelle famille cristalline appartient le béryllium solide ? Justifier.

■ 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.

Q12) Rappeler la condition d'extinction vérifiée par les indices de Miller h , k et l pour chaque mode de réseau du système cubique.

Q13) Déterminer le mode de réseau (nom et symbole) du béryllium.

Q14) Compléter la figure ci-dessous par le contenu de la maille cristalline.



Q15) Calculer la population de la maille et le rayon R d'un atome de Be.

Q16) 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

Q17) 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.

--

Q18) Représenter sur la même figure de la question **Q14** 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 $\lambda = 1,54 \text{ \AA}$.

--	--

■ Le carbure de béryllium est un composé ionique qui cristallise dans le système cubique de paramètre $a = 4,34 \text{ \AA}$. Les coordonnées réduites des anions carbure C^{4-} sont : $(0,0,0)$; $(1/2, 1/2, 0)$; $(1/2, 0, 1/2)$ et $(0, 1/2, 1/2)$. Les cations Be^{2+} se logent dans tous les sites les moins volumineux.

Q19) Indiquer le type structural de ce cristal et donner la coordinence de chaque type d'ion. Justifier.

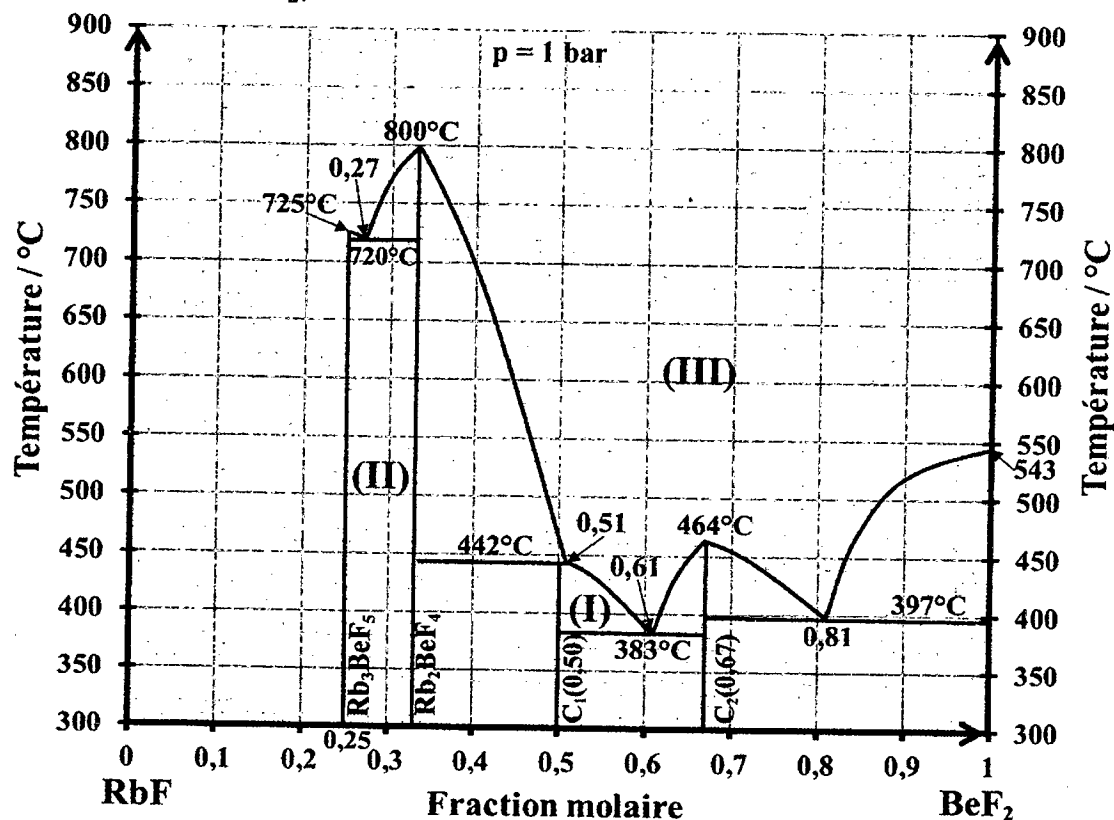
--	--

Q20) Donner les expressions des plus courtes distances $d_{Be^{2+}-C^{4-}}$ et $d_{C^{4-}-C^{4-}}$ et calculer leurs valeurs.

--	--

Partie 2 : Diagramme binaire solide-liquide

■ Sur la figure suivante est représentée une portion, $[x_{\text{BeF}_2} : 0,25 - 1]$, du diagramme isobare ($p = 1 \text{ bar}$) des équilibres de phases solide-liquide du système binaire fluorure de rubidium (RbF) - fluorure de béryllium (BeF_2).



Q21) Déterminer les formules chimiques des composés définis C_1 et C_2 .

--	--

Q22) Indiquer la nature de fusion du composé défini C_1 .

--

Q23) Préciser la nature des phases présentes dans les domaines (I), (II) et (III), et donner la valeur du degré de liberté.

Domaine	(I)	(II)	(III)
Nature des phases			
Degré de liberté			

Q24) Expliciter la transformation (nom et équation) ayant lieu sur chacun des paliers de températures 397°C et 442°C .

--	--

NE RIEN ÉCRIRE ICI

Q25) On chauffe 14 moles d'un mélange solide, de fraction molaire en BeF_2 égale à 0,71, de 350°C jusqu'à $(397 + \epsilon)^\circ\text{C}$ [ϵ très petit et positif]. Déterminer à $(397 + \epsilon)^\circ\text{C}$ la composition et la quantité de matière (en mol) de chacune des phases présentes.

Q26) Compléter le tracé du diagramme pour une fraction molaire x_{BeF_2} comprise entre 0 et 0,25.

Données : • Solubilité nulle à l'état solide de BeF_2 dans RbF ; • Température de fusion standard du fluorure de rubidium est égale à 795°C ; • Existence d'un palier invariant à 675°C sur lequel se trouve un point eutexie à $x_{\text{BeF}_2} = 0,16$.

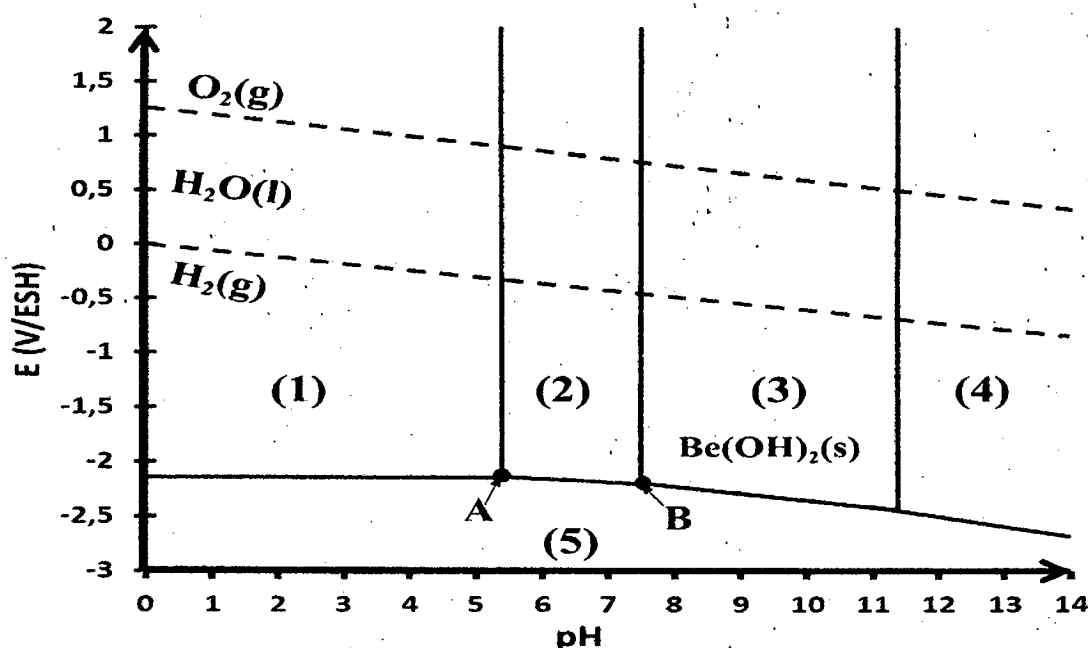
À répondre sur le diagramme.

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) , $\text{Be}^{2+}(\text{aq})$, $\text{Be(OH)}_3^-(\text{aq})$, $\text{Be(OH)}^+(\text{aq})$ et $\text{Be(OH)}_2(\text{s})$. 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)

Q27) 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					

Q28) 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 :

Q29) Attribuer les espèces chimiques aux domaines (zones) d'immunité, de passivation et de corrosion du béryllium.

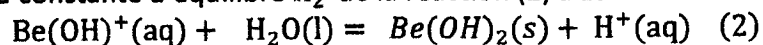
Domaine	Corrosion	Immunité	Passivation
Espèce			

Q30) Déterminer la concentration de tracée C_{tra}.

NE RIEN ÉCRIRE ICI

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

Q31) Déterminer la constante d'équilibre K_2^0 de la réaction (2) à 298 K :



Q32) 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).

Q33) 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 $E^0(\text{Be}^{2+}(\text{aq})/\text{Be}(\text{s}))$.

Q34) Calculer sa valeur à 298 K.

Q35) 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.

Q36) Le béryllium peut-il être attaqué dans ces conditions ? Justifier.

Q37) Dans l'affirmative, écrire l'équation chimique de la réaction mise en jeu.

Q38) Cette réaction peut-elle arriver à terme ?

NE RIEN ECRIRE ICI

Partie 4 : Équilibre chimique

■ On considère la réaction : $\frac{1}{2} \text{Be}_2\text{C}(s) = \text{Be}(g) + \frac{1}{2} \text{C}(s)$ (3)

L'expression de l'enthalpie libre standard $\Delta_r G_{(T)}^0(3)$, exprimée en $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, de cette réaction en fonction de la température est la suivante : $\Delta_r G_{(T)}^0(3) = 383 - 0,131 \times T$

Q39) Déterminer la variance du système contenant les trois constituants figurant dans l'équation de la réaction (3) en admettant que les solides sont non miscibles.

Q40) Interpréter ce résultat.

Q41) Peut-on choisir arbitrairement la température et la pression ?

Q42) Comment évolue l'équilibre si on ajoute une faible quantité d'argon (gaz inerte) à température et pression constantes ?

■ L'enthalpie libre molaire standard de formation du carbure de béryllium solide $\Delta_f G_{(T)}^0(\text{Be}_2\text{C}(s))$, exprimée en $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, en fonction de la température est donnée par l'équation suivante : $\Delta_f G_{(T)}^0(\text{Be}_2\text{C}(s)) = -117 + 0,012 \times T$

Q43) Déterminer l'expression de l'enthalpie libre molaire standard de sublimation du béryllium $\Delta_{\text{sub}} G_{\text{m}(T)}^0(\text{Be})$ en fonction de la température et calculer sa valeur à 298 K.

NE RIEN ÉCRIRE ICI

Q44) Calculer la température de sublimation standard du béryllium.

Q45) Etablir l'expression de la pression de vapeur saturante du béryllium solide $p_{(T)}^{\sigma}(\text{Be})$ en fonction de la température T.

Q46) En déduire la valeur de $p_{(1550)}^{\sigma}(\text{Be})$ à 1550 K.

