

**ÉPREUVES D'ADMISSIBILITÉ DU CONCOURS 2021
D'ADMISSION À L'ÉCOLE DE SANTÉ DES ARMÉES**

Catégorie : « parcours d'accès spécifique santé »

Lundi 29 mars 2021

21-SSA-ESA-PC-P

ÉPREUVE DE PHYSIQUE-CHIMIE

Durée : 1 heure 30 minutes

Coefficient 3

Exercices de physique : 20 pts / 40

Exercices de chimie : 20 pts / 40

Avertissement :

- L'utilisation d'encre rouge, de téléphones portables, de calculatrices, de règles à calculs, de formulaires, de papiers millimétrés est interdite.
- Vérifiez que ce fascicule comporte 9 pages numérotées de 1 à 9, page de garde comprise
- Il sera tenu compte de la qualité de la présentation de la copie et de l'orthographe.
- Toutes les réponses aux questions sous forme de QCM doivent être faites sur la grille de réponse jointe – Si le candidat répond aux QCM sur sa feuille et non sur la grille, ses réponses ne seront pas prises en compte par le correcteur.
- Pour chacun des QCM, il existe au minimum un item vrai parmi les cinq proposés.
- Des points seront retirés pour chaque erreur ; toutefois, la note obtenue à un QCM ne descendra pas en dessous de zéro (pas de report de points négatifs entre QCM).

DÉBUT DE L'ÉPREUVE DE PHYSIQUE

Le sujet de physique est formé de **cinq exercices indépendants** ayant le virus Covid-19 en guise de fil conducteur ; des simplifications ont été faites pour une étude adaptée au programme de terminale.

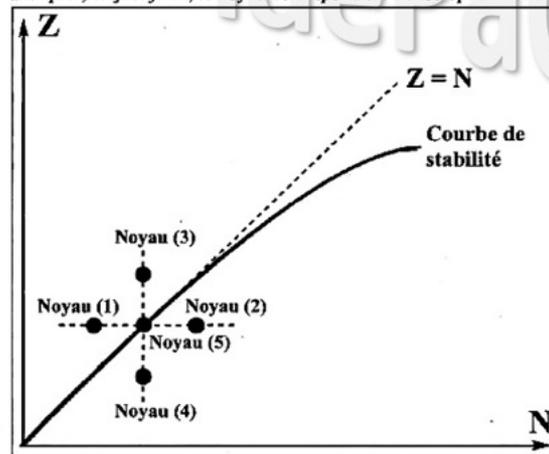
PHYSIQUE – EXERCICE 1 : (3,5 points)

La PCR est le test de référence pour poser le diagnostic de Covid-19. Une des étapes du test nécessite un marquage du matériel génétique viral ; la méthode actuelle utilise un marquage par des molécules fluorescentes mais à l'origine il se faisait grâce à des isotopes radioactifs, notamment le noyau $^{32}_{15}\text{P}$.

Constantes physiques – Formulaire – Aides aux calculs :

- ♦ Constante de désintégration du phosphore-32 : $\lambda = 6.10^{-7} \text{ s}^{-1}$
- ♦ Relation entre activité et nombre de noyaux :
 $A(t) = \lambda \cdot N(t)$
- ♦ Loi de décroissance radioactive :
 $A(t) = A_0 \cdot e^{-\lambda t}$
- ♦ $\text{Ln}(0,3) \approx -1,2$; $\text{Log}(0,3) \approx -0,5$; $\text{Ln}(0,7) \approx -0,35$; $\text{Log}(0,7) \approx -0,15$

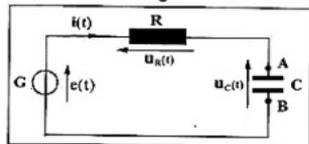
- 1) On représente ci-dessous le diagramme (Z-N) où cinq noyaux ont été identifiés ; le noyau (5) correspond à l'isotope stable de l'élément phosphore.
Indiquer, en justifiant, le noyau correspondant à l'isotope radioactif $^{32}_{15}\text{P}$.



- 2) La désintégration du noyau $^{32}_{15}\text{P}$ conduit au noyau $^{32}_{16}\text{S}$.
- a) Écrire l'équation de désintégration du phosphore-32.
 - b) Nommer le type de radioactivité mise en jeu.
- 3) Pour les marquages journaliers, on dispose d'une activité initiale $A_0 = 0,3 \text{ MBq}$ en phosphore-32.
- a) Calculer le nombre initial N_0 de noyaux de phosphore-32.
 - b) Calculer, en s, le temps pour que l'activité baisse de 70 %.

PHYSIQUE – EXERCICE 2 : (4,5 points)

La perte de l'odorat est un des symptômes les plus fréquents du Covid-19 et serait liée à une atteinte du bulbe olfactif qui est le lieu de convergence des différents neurones olfactifs. Les fibres nerveuses peuvent être modélisées par le circuit électrique RC décrit ci-dessous où R est la résistance de l'axone, C la capacité de sa membrane et G un générateur de tension représentant le signal électrique nerveux.

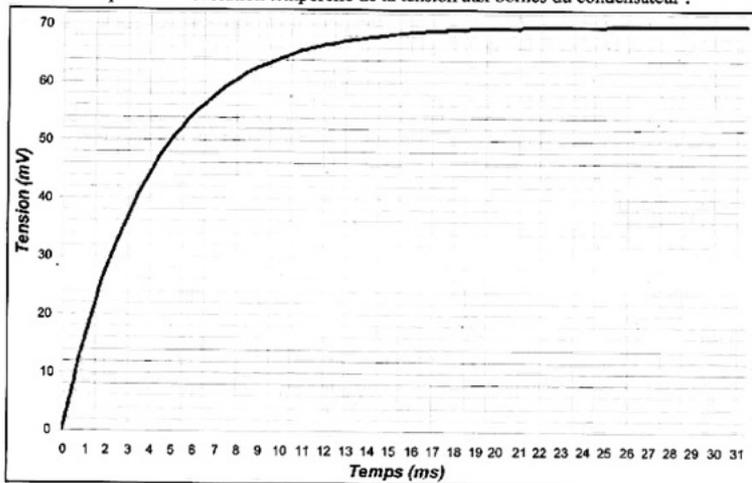


On suppose que le condensateur est déchargé à $t = 0$ et que le générateur fournit une tension continue notée E.

Constantes physiques – Formulaire – Aides aux calculs :

- ♦ Valeur de la tension du générateur : $E = 70 \text{ mV}$
- ♦ Valeur de la capacité de la membrane : $C = 100 \text{ pF}$ (picofarad)
- ♦ Relation entre tension aux bornes du condensateur $u_c(t)$ et quantité de charges $q(t)$: $q(t) = C \cdot u_c(t)$
- ♦ $e^{-1} \approx 0,37$; $e^1 \approx 2,72$

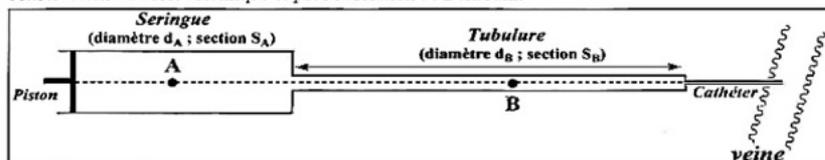
- 1) Donner le signe des charges $q_A(t)$ et $q_B(t)$ portées par les armatures lors de la charge. Justifier.
- 2) Etablir la relation existant entre l'intensité $i(t)$ et la tension aux bornes du condensateur $u_c(t)$.
- 3) Montrer que la tension aux bornes du condensateur $u_c(t)$ vérifie l'équation différentielle : $\frac{du_c}{dt} + \alpha u_c = \beta$ où α et β sont des constantes que l'on exprimera en fonction de R, C, E
- 4) En résolvant l'équation différentielle établie en question (3), donner l'expression de $u_c = f(t)$.
- 5) Dans cette question, on s'intéresse à la constante de temps τ du circuit RC. Le graphique ci-dessous représente l'évolution temporelle de la tension aux bornes du condensateur :



- a) Déterminer graphiquement la constante de temps τ en explicitant la méthode utilisée.
- b) En utilisant le résultat de la question précédente, en déduire la résistance R de l'axone.

PHYSIQUE – EXERCICE 3 : (2 points)

Dans les formes les plus graves de Covid-19, le patient doit être mis en coma artificiel pour assurer sa ventilation pulmonaire par intubation. Pendant cet état comateux, l'administration des médicaments se fait par un pousse-seringue électrique formé d'une seringue dont l'extrémité est reliée à une tubulure elle-même reliée à la veine du patient via un cathéter. On suppose que le liquide injecté vérifie les hypothèses nécessaires pour écrire la conservation du débit volumique et pour la relation de Bernoulli.

**Constantes physiques – Formulaire – Aides aux calculs :**

- ♦ Diamètres de la seringue et de la tubulure : $d_A = 2 \text{ cm}$; $d_B = 1 \text{ cm}$
- ♦ Vitesse d'écoulement du liquide dans la seringue : $v_A = 5 \text{ cm.s}^{-1}$
- ♦ Surface S de la section d'un conduit cylindrique de rayon R : $S = \pi \cdot R^2$
- ♦ Relation de Bernoulli avec P la pression, z l'altitude et v la vitesse d'écoulement : $P_1 + \rho \cdot g \cdot z_1 + 0,5 \cdot \rho \cdot v_1^2 = P_2 + \rho \cdot g \cdot z_2 + 0,5 \cdot \rho \cdot v_2^2$
- ♦ $\pi \approx 3$

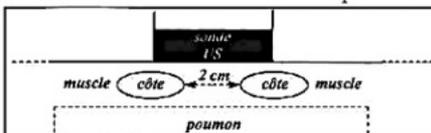
- 1) Calculer, en $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, la valeur du débit volumique d'écoulement en A.
- 2) Calculer, en $\text{cm} \cdot \text{s}^{-1}$, la valeur de la vitesse d'écoulement du liquide en B.
- 3) La pression en B est-elle inférieure, égale ou supérieure à celle en A ? Justifier.

PHYSIQUE – EXERCICE 4 : (5 points)

Au début de la pandémie de Covid-19, le scanner thoracique a été l'examen de référence pour juger la sévérité de la pneumopathie. Au fil du temps, cet examen montra ses limites face à l'afflux de malades et la nécessité de respecter les règles hygiéniques barrières. Face à cela, des médecins développèrent une méthode utilisant un échographe portatif pour évaluer la sévérité de l'atteinte pulmonaire.

OCM n°1 et 2 :

On considère une sonde émettant des ultrasons de fréquence 3 MHz ; elle est appliquée sur la surface du thorax d'un patient au niveau d'un espace intercostal de 2 cm d'ouverture. Avant d'atteindre les poumons, les ultrasons traversent un tissu musculaire de 4 cm d'épaisseur à une vitesse de 1500 $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$.

**OCM n°1 : (2 points)**

Les ondes ultrasonores émises par la sonde ont une intensité sonore de $10^2 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ et on suppose que le tissu musculaire absorbe une partie de cette intensité à raison de 2,5 $\text{dB} \cdot \text{cm}^{-1}$. Que vaut l'intensité des ultrasons arrivant au niveau des poumons ? On prendra : seuil d'audibilité $I_0 = 10^{-12} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$.

Aides aux calculs : $10^{-2,5} \approx 3 \cdot 10^{-3}$; $10^{0,5} \approx 3 \cdot 10^{-10}$; $\log(2) \approx 0,3$

- A. $I = 1 \cdot 10^{-21} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$
- B. $I = 3 \cdot 10^{-10} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$
- C. $I = 1 \cdot 10^3 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$
- D. $I = 3 \cdot 10^3 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$
- E. Les items A, B, C, D sont faux

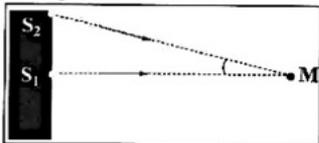
OCM n° 2 : (1 point)

Indiquer la(les) proposition(s) juste(s) parmi les items suivants :

- A. La longueur d'onde des ultrasons dans le muscle est de 5.10^{-4} m
- B. La longueur d'onde des ultrasons dans le muscle est de 2.10^3 m
- C. Le faisceau ultrasonore n'est pas diffracté à la traversée de l'espace intercostal
- D. Le faisceau ultrasonore est diffracté à la traversée de l'espace intercostal
- E. Les items A,B,C,D sont faux

OCM n° 3 : (2 points)

La sonde est constituée d'un cristal piézoélectrique sur la surface duquel on identifie deux sources ponctuelles S_1, S_2 émettant des ultrasons qui interfèrent au point M comme décrit ci-dessous. On appelle δ la différence de marche des deux ondes ($\delta = S_2M - S_1M$) ; elle vaut 3 cm. On suppose que la sonde possède trois réglages fréquentiels dont les longueurs d'onde associées sont données ci-dessous :



Réglage fréquentiel	(I)	(II)	(III)
Longueur d'onde	1,2 cm	1,5 cm	1,8 cm

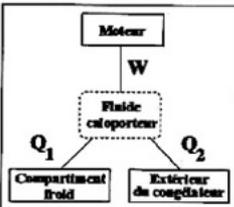
- A. Pour le réglage (I), les deux ondes interfèrent de façon destructive
- B. Pour le réglage (I), les deux ondes interfèrent de façon constructive
- C. Pour le réglage (II), les deux ondes interfèrent de façon constructive
- D. Pour le réglage (III), les deux ondes interfèrent de façon destructive
- E. Les items A,B,C,D sont faux

PHYSIQUE – EXERCICE 5 : (5 points)

La découverte de vaccins contre la Covid-19 va permettre de mettre fin à cette pandémie. Le premier vaccin à avoir été commercialisé fut celui des sociétés Pfizer / BioNTech qui nécessita une logistique de distribution particulière puisqu'il devait être conservé à -80 °C dans un super-congélateur.

OCM n° 4 : (2 points)

Le schéma ci-dessous décrit de manière simplifiée le principe d'un congélateur : un moteur fournit un travail W au fluide caloporteur pour qu'il puisse extraire une quantité de chaleur Q_1 du compartiment froid et transférer une quantité de chaleur Q_2 vers le milieu extérieur. Ces échanges énergétiques sont le résultat de diverses transformations thermodynamiques réalisées de façon cyclique, c'est-à-dire que l'énergie interne du fluide à la fin de la transformation retrouve la valeur qu'elle avait au départ.



Dans cette question, le système thermodynamique étudié est le fluide caloporteur ; pour un cycle de transformation, les valeurs absolues des énergies échangées sont :

$$|W| = 50 \text{ kJ} ; |Q_1| = \text{inconnue} ; |Q_2| = 80 \text{ kJ}$$

- A. $\Delta U = 0$ kJ
- B. $W = + 50$ kJ
- C. $Q_2 = - 80$ kJ
- D. $Q_1 = + 120$ kJ
- E. Les items A,B,C,D sont faux

OCM n° 5 : (1 point)

Le protocole d'utilisation du vaccin impose de décongeler la solution vaccinale en plaçant le flacon dans un réfrigérateur dont la température interne est comprise entre 2 °C et 8 °C. La variation d'énergie interne de $0,2$ g de la solution congelée vaut $+ 56$ J lorsque sa température passe de -80 °C à -10 °C.

Aides aux calculs : $56/70 \approx 0,8$; $56/90 \approx 0,6$

- A. La convection intervient pour réchauffer l'intérieur du flacon
- B. La variation de température thermodynamique de la solution congelée vaut 333 K
- C. La capacité thermique massique de la solution congelée est environ $2,8 \text{ J.g}^{-1}.\text{°C}^{-1}$
- D. La capacité thermique massique de la solution congelée est environ $4 \text{ J.g}^{-1}.\text{°C}^{-1}$
- E. Les items A,B,C,D sont faux

OCM n° 6 et 7 :

Lorsque la solution est décongelée, le protocole impose de la diluer 10 fois en utilisant une solution de chlorure de sodium à $0,9$ %. L'ajout de cette solution comprime l'air stérile emprisonné dans le flacon lors de sa fabrication ; on assimilera l'air stérile contenu dans le flacon à un gaz parfait.

OCM n° 6 : (0,5 point)

Indiquer la(les) proposition(s) juste(s) parmi les items suivants :

- A. La pression est une mesure macroscopique de l'énergie cinétique des molécules
- B. Le modèle gaz parfait ne fait pas la différence entre les structures des molécules de O_2 et N_2
- C. Un gaz réel se trouvant à faible température et à haute pression est assimilable à un gaz parfait
- D. L'énergie interne de l'air gaz parfait se limite aux énergies cinétiques de ses molécules
- E. Les items A,B,C,D sont faux

OCM n° 7 : (1,5 point)

Avant dilution, l'air emprisonné présente un volume de $2,8.10^{-6}$ m³ et se trouve à une température de 280 K et une pression de 10^5 Pa. On suppose que la dilution de la solution comprime l'air emprisonné dans le flacon, de manière isotherme, doublant la valeur de la pression. On prendra : $R \approx 8 \text{ J.K}^{-1}.\text{mol}^{-1}$.

- A. La température finale de l'air emprisonné est 7 °C
- B. Le volume final de l'air emprisonné est de $1,4$ mL
- C. Le nombre de mole d'air emprisonné est de $1,25.10^{-4}$ mole
- D. Le nombre de mole d'air emprisonné est de $1,00.10^{-3}$ mole
- E. Les items A,B,C,D sont faux

FIN DE L'ÉPREUVE DE PHYSIQUE

DÉBUT DE L'ÉPREUVE DE CHIMIE

CHIMIE - EXERCICE 6 : (4 points)

Nous souhaitons acheter 1L d'acide sulfurique fumant. Sur le site du fournisseur de produits chimiques, nous pouvons lire la fiche de sécurité de cet acide, sur laquelle figure un oubli, la valeur du pH. Après vérification, toutes les valeurs mentionnées sur l'étiquette sont exactes.

Formule brute (selon Hill)		Données physiques et chimiques	
Formule brute (selon Hill)	H ₂ O ₄ S	Solubilité dans l'eau	(20 °C) soluble, (attention ! dégagement de chaleur)
Formule chimique	H ₂ SO ₄	Point de fusion	-20 °C
Numéro SH	2807 00 00	Masse molaire	98 g/mol
Numéro CE	231-639-5	Densité	1,84 g/cm ³ (20 °C)
Masse molaire	98 g/mol	Valeur pH	?
		Point d'ébullition	335 °C
		Pression de vapeur	0,0001 hPa (20 °C)

Cette solution commerciale d'acide sulfurique fumant contient 95 % en masse d'acide sulfurique H₂SO₄.

OCM n° 8 : (1,5 points)

Indiquer la(les) proposition(s) juste(s) parmi les items suivants :

Aides aux calculs : $175/98 = 1,78$; $98/175 = 0,56$; $184/98 = 1,87$; $98/184 = 0,53$

- La masse volumique de cette solution vaut 1,84 et ne possède pas d'unité
- Pour calculer la densité de cette solution on a besoin de connaître la masse volumique de l'air
- On peut dire que 1L de cette solution pèse 1,84.10³ g
- Dans 1L de solution, on trouve 1,84kg d'H₂SO₄
- La concentration en acide sulfurique de cette solution est de 18,7 mol.L⁻¹

D'après nos investigations, le pH a été calculé en prenant comme référence une solution à 49g/L d'acide sulfurique, que l'on nommera solution A (la concentration standard de référence sera prise à C₀ = 1 mol.L⁻¹).

Le taux d'avancement de la réaction acide-base qui se déroule dans la solution A vaut $\tau = \frac{x_{\text{ég}}}{x_{\text{max}}} = 1$

Vous pouvez en déduire que :

Aides au calcul : $\log(2) = 0,301$; $\ln(2) = 0,693$; $\log(3) = 0,477$; $\ln(3) = 1,098$

OCM n° 9 : (0,5 point)

La concentration de la solution A vaut :

- 5.10⁻² mol.L⁻¹
- 5.10⁻¹ mol.L⁻¹
- 5.10⁻³ mol.L⁻¹
- 2.10⁻¹ mol.L⁻¹
- Les items ci-dessus sont tous faux

OCM n° 10 : (1 point)

Indiquer la(les) proposition(s) juste(s) parmi les items suivants :

- L'acide sulfurique est un acide fort
- Pour cette solution A l'équation chimique est H₂SO₄ + H₂O → HSO₄⁻ + OH⁻
- Pour cette solution A l'équation chimique est HSO₄⁻ + H₃O⁺ → H₂SO₄ + OH⁻
- L'espèce HSO₄⁻ joue le rôle de base
- Les items ci-dessus sont tous faux

OCM n° 11 : (1 point)

Le pH de cette solution A vaut :

- pH = 0,3
- pH = - 0,3
- pH = 3
- pH = 3,3
- Les items ci-dessus sont tous faux

CHIMIE - EXERCICE 7 : (4 points)

OCM n° 12 : (4 points)

Soient les échantillons suivants :

Echantillon 1 : 10g de dichlore (Cl₂)

Echantillon 2 : 0,1 mole de dichlore (Cl₂)

Echantillon 3 : 10g de chlorure de sodium (NaCl)

Echantillon 4 : 0,1 mole de chlorure de sodium (NaCl)

Données : Masses molaires en g.mol⁻¹ : Cl = 35 Na = 23 K = 39 O = 16

- L'échantillon 1 comporte une masse de chlore (Cl) plus importante que l'échantillon 3
- L'échantillon 2 comporte une masse de chlore (Cl) plus importante que l'échantillon 3
- L'échantillon 2 comporte une masse de chlore (Cl) deux fois plus importante que l'échantillon 4
- L'échantillon 4 comporte une masse de chlore (Cl) moins importante que l'échantillon 1
- Les items ci-dessus sont tous faux

CHIMIE - EXERCICE 8 : (4 points)

L'hydrolyse d'un composé à 50 °C donne les résultats suivants :

t (heure)	0	4	8	12	16	24
C (mol.L ⁻¹)	0,100	0,090	0,080	0,070	0,060	0,040

La loi de vitesse peut être soit d'ordre 0, soit d'ordre 1.

Si elle est d'ordre 0 alors elle se modélise par une réaction du type A → B et on a les expressions :

$$v = k \text{ et } [A]_t = [A]_0 - kt$$

avec [A]₀ la concentration initiale et k la constante de vitesse

Si elle est d'ordre 1 alors elle se modélise par une réaction du type A → B + C et on a les expressions :

$$v = k[A]_t \text{ et } [A]_t = [A]_0 e^{-kt} \text{ ainsi que } \ln([A]_t) = \ln([A]_0) - kt$$

- Définir le temps de demi-réaction. Quelle est sa valeur pour l'hydrolyse de notre composé ?
- Pour chacune des deux hypothèses, exprimer ces temps de demi-réaction en fonction de [A]₀ et/ou k.
- Pour chacune des deux hypothèses, préciser l'unité de la constante de vitesse.
- À partir des résultats de l'énoncé, déterminer quel est l'ordre de la réaction ; en déduire la valeur de la constante k.
- Au bout de combien de temps le produit est-il totalement hydrolysé ?

CHIMIE - EXERCICE 9 : (2,5 points)

Dans un récipient initialement vide de volume $V=5$ L, on introduit de l'eau (H_2O), 5.10^{-2} mol d'éthanol (C_2H_6O) et 5.10^{-2} mol de propanone (C_3H_6O). L'ensemble est ensuite porté à $127^\circ C$ où toutes les espèces sont gazeuses. La pression totale mesurée vaut alors $P_T = 96\ 000$ Pa.

Données :

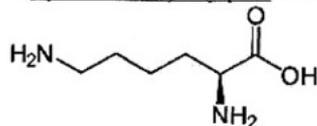
$M(C) = 12\ g.mol^{-1}$; $M(H) = 1\ g.mol^{-1}$; $M(O) = 16\ g.mol^{-1}$; $R \cong 8\ J.K^{-1}.mol^{-1}$; $T(K) \cong T(^{\circ}C) + 273$

Aides au calcul : $1/18 = 0,0556$; $1/23 = 0,0435$; $3/58 = 0,0517$;

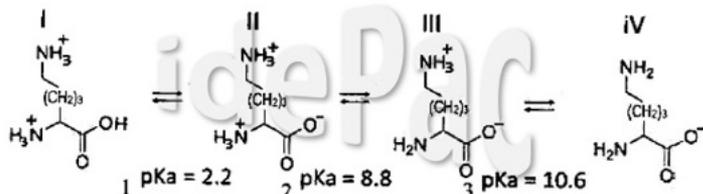
- 1) Énoncer l'équation d'état du gaz parfait en précisant les unités de chaque terme.
- 2) Calculer la quantité de matière totale n_T dans le récipient.
- 3) En déduire la masse d'eau qui a été introduite dans le récipient.

CHIMIE - EXERCICE 10 : (5,5 points)

Soit l'acide alpha-aminé Lysine dont une représentation topologique K est donnée ci-dessous :



La Lysine réagit en solution aqueuse suivant des équilibres acide-base pour donner naissance aux formes I à IV ci-dessous :



- 1) Écrire l'expression de la constante d'acidité K_{a1} correspondant à l'équilibre acide base entre les formes I et II.
- 2) À l'aide de la fonction logarithmique, exprimer la relation entre le pH et pK_{a1} .
- 3) Sachant que la forme dite zwitterionique correspond à celle qui est globalement neutre, donner l'intervalle de pH pour lequel cette forme de la Lysine est présente.
- 4) Définir une solution tampon. Comment puis-je en créer une avec de la lysine sachant que je veux une solution tampon de pH = 10,6 ?
- 5) À partir de sa représentation K, donner la formule brute de la lysine.
- 6) Déduire de la représentation K l'écriture des formules topologiques d'un isomère de chaîne, d'un isomère de position et d'un isomère de fonction de la lysine, tous étant des isomères de constitution définis comme suit :
 - Isomérisation de chaîne : squelette carboné différent ;
 - Isomérisation de position : même squelette carboné mais groupements fonctionnels positionnés différemment sur la chaîne ;
 - Isomérisation de fonction : même squelette carboné mais la nature du ou des fonctions portées par la chaîne est différente.

FIN DE L'ÉPREUVE DE CHIMIE