



ACLg

Avec le soutien de



Wallonie



et des Universités
Francophones et leurs
Associations de
promotions des
sciences

OLYMPIADE FRANCOPHONE DE CHIMIE 2026

Mercredi 25 mars 2026

6

2^{ème} épreuve - NIVEAU 2 (élèves de sixième année)

M. BLAVIER, J. BODART, R. CAHAY, D. COIBION, S. DAMMICCO,
R. FRANCOIS, J. FURNEMONT, S. HOFFMANN, M. HUSQUINET-PETIT,
M. LARRY, C. MALHERBE, A. MAREE

Chères élèves, Chers élèves,

Félicitations pour votre qualification à cette seconde épreuve de l'Olympiade de Chimie !

Avant de commencer l'épreuve, lisez attentivement les informations suivantes.

L'épreuve est composée de **4 problèmes**. Vous avez **2 heures** pour y répondre.

REMARQUES IMPORTANTES :

- Commencez par **inscrire sur chacune de vos feuilles le numéro d'identification** qui vous a été attribué.
- Vous disposez, au début du questionnaire, d'une page reprenant un tableau périodique simplifié. À la fin du questionnaire, vous avez une feuille de brouillon pour préparer vos réponses.
- L'utilisation d'une **calculatrice non programmable** est autorisée, vous n'avez pas le droit à votre téléphone / smartphone ou à des documents personnels.
- Répondez à chacune des questions **dans le cadre prévu à cet effet**. À la fin de celui-ci se trouve un champ pour encoder votre réponse finale. Seules les réponses **accompagnées d'un raisonnement** seront prises en compte. Les calculs effectués sur le verso des feuilles ou sur la feuille de brouillon ne seront pas pris en compte.
- Indiquez votre raisonnement ainsi que vos calculs **d'une manière claire, dépouillée et schématique**. Indiquez clairement les **unités** utilisées. Vous pouvez présenter vos résultats intermédiaires sous forme arrondie mais veillez à conserver les nombres intermédiaires dans la mémoire de la machine et à les utiliser dans leur intégralité.

À l'issue de cette 2^{ème} épreuve, les meilleurs d'entre vous seront proclamés **lauréats nationaux** de l'Olympiade de Chimie !

Les lauréats sont invités à participer à un stage de formation qui se déroulera du 19 au 24 avril 2026, à l'Université de Liège. À l'issue du stage se tiendra une épreuve pratique et théorique qui déterminera le classement final de l'Olympiade.

Les deux meilleurs lauréats représenteront la Belgique à la 58th IChO du 10 au 19 juillet 2026 à Tashkent, Ouzbékistan.

Plus d'infos sur www.aclg.be.

En vous souhaitant bon travail, nous vous prions de croire en nos meilleurs sentiments.

Les organisateurs de l'Olympiade francophone de Chimie

Détachez cette feuille et conservez-la pour info

Informations pratiques

(Détachez cette feuille si nécessaire)

Tableau périodique des éléments chimiques																					
Nombre atomique																					
Élément																					
Masse atomique relative																					
Z																					
X																					
A _r																					
1 1a 1 H 1,01	2 IIa 4 He 4,00															13 IIIa 5 B 10,81	14 IVa 6 C 12,01	15 Va 7 N 14,01	16 VIa 8 O 16,00	17 VIIa 9 F 19,00	18 VIIIa 10 Ne 20,18
3 Li 6,94	4 Be 9,01															13 Al 26,98	14 Si 28,09	15 P 30,97	16 S 32,07	17 Cl 35,45	18 Ar 39,95
11 Na 22,99	12 Mg 24,31	3 IIIb 21 Sc 44,96	4 IVb 22 Ti 47,87	5 Vb 23 V 50,94	6 VIb 24 Cr 52,00	7 VIIb 25 Mn 54,94	8 VIIIb 26 Fe 55,85	9 VIIIb 27 Co 58,93	10 VIIIb 28 Ni 58,69	11 Ib 29 Cu 63,55	12 IIb 30 Zn 65,38	13 Ga 69,72	14 Ge 72,63	15 As 74,92	16 Se 78,97	17 Br 79,90	18 Kr 83,80				
19 K 39,10	20 Ca 40,08	39 Y 88,91	40 Zr 91,22	41 Nb 92,91	42 Mo 95,95	43 Tc *	44 Ru 101,07	45 Rh 102,91	46 Pd 106,42	47 Ag 107,87	48 Cd 112,41	49 In 114,82	50 Sn 118,71	51 Sb 121,76	52 Te 127,60	53 I 126,90	54 Xe 131,29				
37 Rb 85,47	38 Sr 87,62	57 La 138,91	72 Hf 178,49	73 Ta 180,95	74 W 183,84	75 Re 186,21	76 Os 190,23	77 Ir 192,22	78 Pt 195,08	79 Au 196,97	80 Hg 200,59	81 Tl 204,38	82 Pb 207,21	83 Bi 208,98	84 Po *	85 At *	86 Rn *				
55 Cs 132,91	56 Ba 137,33	57 La 138,91	71 Hf 178,49	104 Rf *	105 Db *	106 Sg *	107 Bh *	108 Hs *	109 Mt *	110 Ds *	111 Rg *	112 Cn *	113 Nh *	114 Fl *	115 Mc *	116 Lv *	117 Ts *	118 Og *			
Lanthanides		57 La 138,91	58 Ce 140,12	59 Pr 140,91	60 Nd 144,24	61 Pm *	62 Sm 150,36	63 Eu 151,96	64 Gd 157,25	65 Tb 158,93	66 Dy 162,50	67 Ho 164,93	68 Er 167,26	69 Tm 168,93	70 Yb 173,04	71 Lu 174,97					
Actinides		89 Ac *	90 Th 232,04	91 Pa 231,04	92 U 238,03	93 Np *	94 Pu *	95 Am *	96 Cm *	97 Bk *	98 Cf *	99 Es *	100 Fm *	101 Md *	102 No *	103 Lr *					

* Éléments n'ayant pas de nucléide (isotope) de durée suffisamment longue et n'ayant donc pas une composition terrestre caractéristique.

Constantes

$$R = 8,31 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$$

$$R = 8,21 \times 10^{-2} \text{ L atm mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$$

Volume d'une mole d'un gaz idéal à 273 K et 101 325 Pa : 22,4 dm³ mol⁻¹ (L mol⁻¹)

$$1 F = 9,65 \times 10^4 \text{ C mol}^{-1}$$

$$N_A = 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$$

$$1 \text{ atm} = 760 \text{ mm Hg} = 101325 \text{ Pa}$$

Formules simplifiées de pH :	Formule de décroissance radioactive (en fonction de la demi-vie $t_{1/2}$) :
Acide fort : $\text{pH} = -\log C_{\text{acide}}$ Acide faible : $\text{pH} = \frac{1}{2} \text{pK}_a - \frac{1}{2} \log C_{\text{acide}}$ Base forte : $\text{pH} = 14 + \log C_{\text{base}}$ Base faible : $\text{pH} = 7 + \frac{1}{2} \text{pK}_a + \frac{1}{2} \log C_{\text{base}}$ Mélange tampon : $\text{pH} = \text{pK}_a + \log \frac{C_{\text{base}}}{C_{\text{acide}}}$	$A_t = A_0 \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{t_{1/2}}}$
Dissociation de l'eau : $K_w = [\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-] = 10^{-14} \text{ mol}^2 \cdot \text{L}^{-2}$	

Problème 1 – Chimie scintillante : les feux d'artifice

Sous-questions	A	B	C	D	E	F	G	H	TOTAL
Points (max)	2	5	3	4	2	3	3	3	25
Points									

Un feu d'artifice est composé d'un dispositif de propulsion (qui emmène la charge en altitude) et de pastilles (aussi appelées « étoiles ») qui s'enflamment en vol. C'est la combustion de ces pastilles qui provoque le *bang* et libère l'énergie nécessaire à l'excitation des atomes métalliques, eux aussi contenus dans les pastilles, pour produire les couleurs observables depuis le sol.



Première partie : combustion – chaleur – température – bang !

Considérons que le combustible des pastilles est constitué d'un monomère de cellulose de formule chimique $C_6H_{10}O_5$.

- A. Écrire et pondérer la réaction de combustion complète de la cellulose donc les uniques produits sont le dioxyde de carbone et l'eau, tous deux gazeux. Indiquer l'état physique des différents composés intervenant dans cette réaction.

Réponse (2 points)	
---------------------------	--

Une capsule contient typiquement 0,200 g de cellulose, dont l'enthalpie standard de formation à 25°C est $\Delta_f H^0 = -1275 \text{ kJ mol}^{-1}$. En outre, les enthalpies de formation standard de O_2 , CO_2 et H_2O gazeux sont, à 25°C, respectivement de 0, -393,5 et -241,8 kJ mol^{-1} .

- B. À partir des données ci-dessus, calculer l'énergie thermique Q libérée par la combustion de 0,200 g de cellulose sous pression standard ($P = 1 \text{ bar}$) et à 25°C.

Réponse (5 points)	$Q =$
---------------------------	-------



OLYMPIADE FRANCOPHONE DE CHIMIE 2026
NIVEAU 2 (élèves de sixième année)
SECONDE ÉPREUVE : PROBLÈMES

6

Numéro
d'identification

Si la combustion se déroule de manière adiabatique, c'est-à-dire que toute l'énergie de combustion sert uniquement à chauffer les produits gazeux formés par la réaction, il est possible d'estimer la température des gaz après la combustion. On considérera que les gaz produits absorbent toute l'énergie thermique produite par la combustion, que la température de l'atmosphère autour de la capsule est initialement de 25°C et que la pression qui règne autour de la capsule est constante à la pression standard ($P = 1 \text{ bar}$).



C. Quelle est la température atteinte par les gaz après la combustion ?

Les capacités calorifiques molaires moyennes du CO_2 et de H_2O gazeux sont respectivement de 50 et 36 $\text{J mol}^{-1} \text{K}^{-1}$ et sont constantes dans l'intervalle de température considéré.

Réponse (3 points)	$T =$

L'onde de choc provoquée par la détente adiabatique instantanée des gaz produits lors de la combustion explosive dans l'atmosphère va produire le bang caractéristique du feu d'artifice.

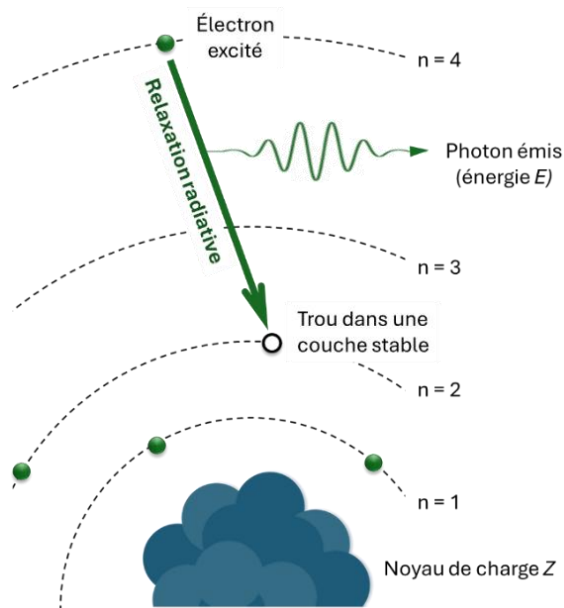
D. Calculer le volume final, en litres, qu'occupera les gaz émis lors de la combustion de 0,200 g de cellulose à 1 bar. Considérer que les gaz produits se comportent comme le gaz parfait et qu'ils sont instantanément chauffés à la température finale calculée au point C.

Si vous n'avez pas réussi à calculer la température au point C, utilisez la valeur de $T_{\text{finale}} = 2000 \text{ K}$.

Réponse (4 points)	$V =$

Deuxième partie : transitions radiatives – couleurs

Lors de l'explosion des capsules pyrotechniques, les atomes métalliques présents dans la charge sont fortement chauffés. Leurs électrons sont alors excités vers des niveaux d'énergie (couches électroniques) instables de haute énergie appelés états excités (n_i), desquels ils vont redescendre vers un état plus stable (n_f). Ce faisant, ils émettent de la lumière : l'énergie est dissipée sous la forme d'un photon d'énergie E bien précise et caractéristique de chaque élément.



Il est possible de modéliser ces transitions en s'inspirant du modèle simplifié de Bohr : la différence d'énergie entre deux niveaux n_i et n_f correspond à l'énergie du photon émis, E , selon l'expression mathématique ci-dessous.

$$E = \frac{1240 \text{ (eV)}}{\lambda \text{ (nm)}} = 13,6 \text{ (eV)} Z_{\text{Eff}}^2 \left(\frac{1}{n_f^2} - \frac{1}{n_i^2} \right)$$

où Z_{Eff} est la charge effective positive du noyau que perçoit l'électron en transition, compte tenu de l'écrantage dû aux électrons de cœur.

E. Parmi les propositions suivantes, laquelle (lesquelles) est (sont) correcte(s) ? (2 points)

- Les électrons de cœurs sont ceux les plus éloignés du noyau.
- Les électrons de cœurs sont ceux qui sont le plus proche du noyau.
- Les électrons de cœurs sont ceux le plus stabilisés dans l'atome.
- Les électrons de cœurs sont ceux les moins stabilisés dans l'atome.
- Les électrons de cœurs ne participent pas aux liaisons chimiques.

Vrai	Faux

Cocher la case correspondant à la bonne réponse.



Parmi les charges les plus classiques en pyrotechnie, on retrouve les sels chlorés ou nitrés de strontium, baryum, cuivre, sodium ainsi que la poudre d'aluminium, qui donnent respectivement les couleurs rouge, verte, bleue, orange et blanche.

- F. Dans le cas du Sr, la transition a lieu entre les niveaux d'énergie 5 et 4 et l'électron impliqué est caractérisé par un Z_{eff} de 2,50. Quelle longueur d'onde est associée à cette transition et correspond à un photon rouge ?

Réponse (3 points)	$\lambda =$

- G. La couleur orange du sodium ($\lambda = 589 \text{ nm}$) est produite par les transitions des électrons excités dans la couche $n = 3$. Sachant que l'électron impliqué est caractérisé par un Z_{eff} de 1,06, sur quel niveau d'énergie retombe-t-il pour produire un photon de $\lambda = 589 \text{ nm}$?

Réponse (3 points)	$n_f =$

- H. Quel nom porte la famille A des éléments suivants dans le tableau périodique ?

	Nom de la famille
Ba	
Al	
Na	

Problème 2 – L'acidité des yaourts

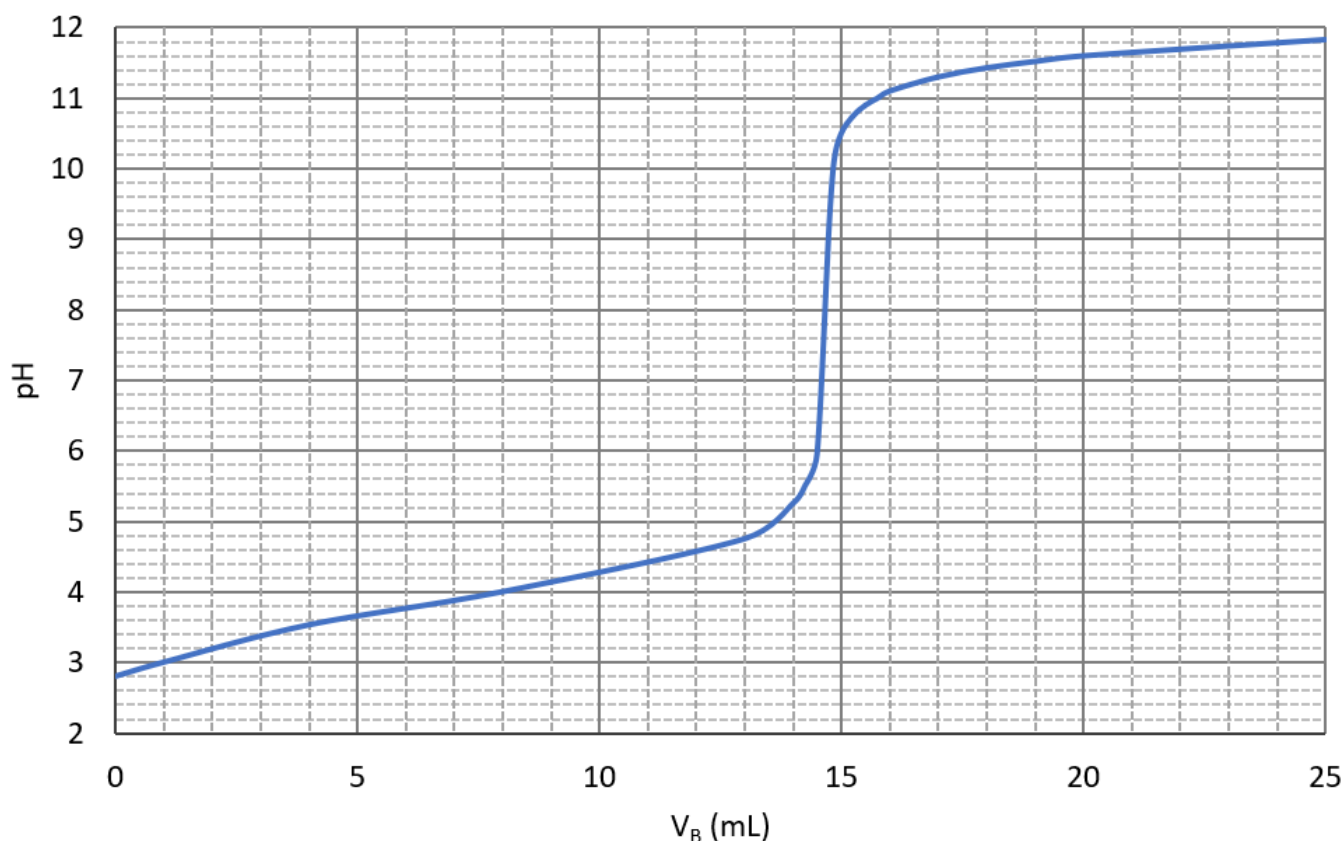
Sous-questions	A	B	C	D	E	TOTAL
Points (max)	3	2	5	4	6	20
Points						

L'acidité du yaourt est au cœur de son identité, tant sur le plan du goût que de la texture et de la conservation. Elle résulte de la fermentation du lait par des bactéries lactiques qui transforment le lactose en acide lactique. Ce processus fait naturellement baisser le pH du yaourt, lui donnant cette saveur légèrement aigre caractéristique tout en permettant la coagulation des protéines du lait.

Un technicien de laboratoire analyse un yaourt à boire en titrant 20,0 mL de l'échantillon, contenant de l'acide lactique, par une solution de NaOH 0,03 M.

- A. À l'aide de la courbe de titrage ci-dessous, déterminer par la méthode des tangentes (à faire directement sur le graphique) le volume de soude ajouté pour atteindre le point d'équivalence.

Si vous ne savez pas répondre à cette question, utilisez une valeur de 15 mL comme volume au point équivalent pour la suite des questions.



Réponse (3 points)	$V(\text{NaOH}, \text{PE}) =$
---------------------------	-------------------------------



OLYMPIADE FRANCOPHONE DE CHIMIE 2026
NIVEAU 2 (élèves de sixième année)
SECONDE ÉPREUVE : PROBLÈMES

6

Numéro
d'identification

B. À l'aide de la courbe de titrage, déterminer le pK_a de l'acide lactique.

Si vous ne savez pas répondre à cette question, utilisez une valeur de pK_a de 4 pour la suite de ce problème.

Réponse (2 points)	$pK_a =$
---------------------------	----------

C. Calculer le pH au point d'équivalence en utilisant les formules simplifiées.

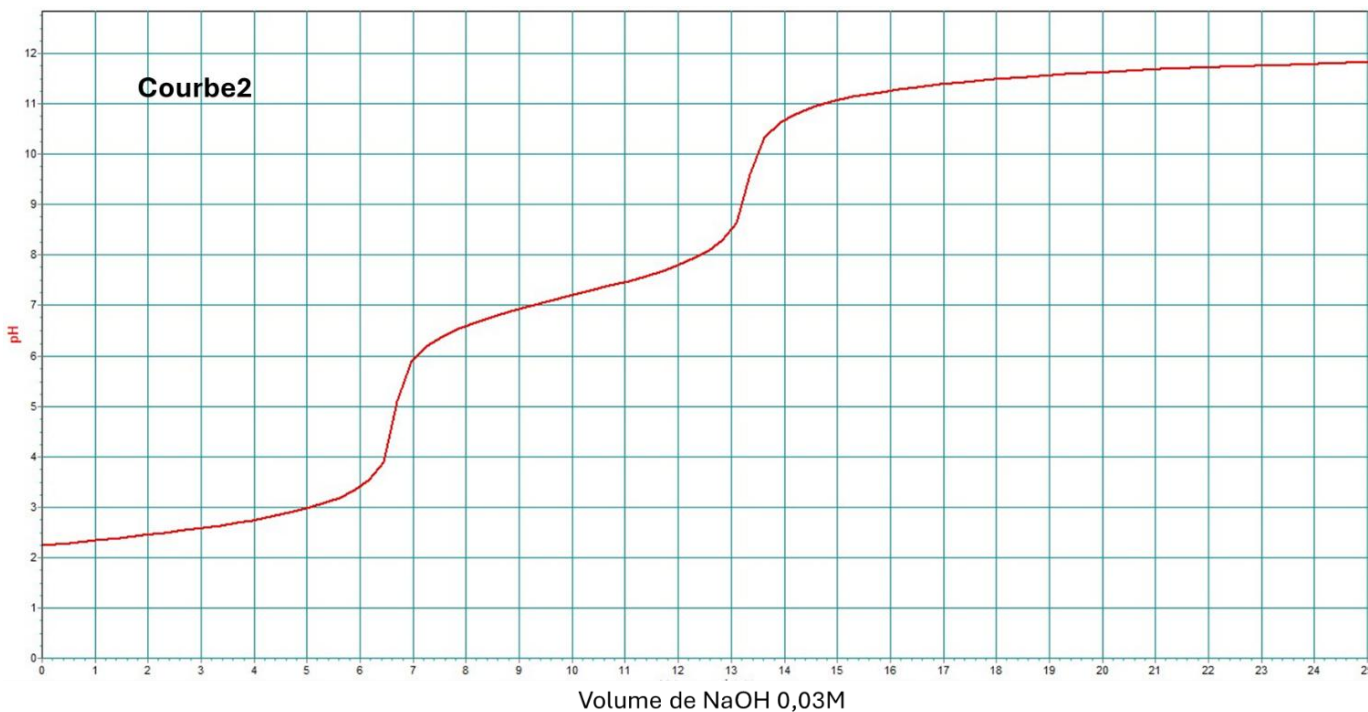
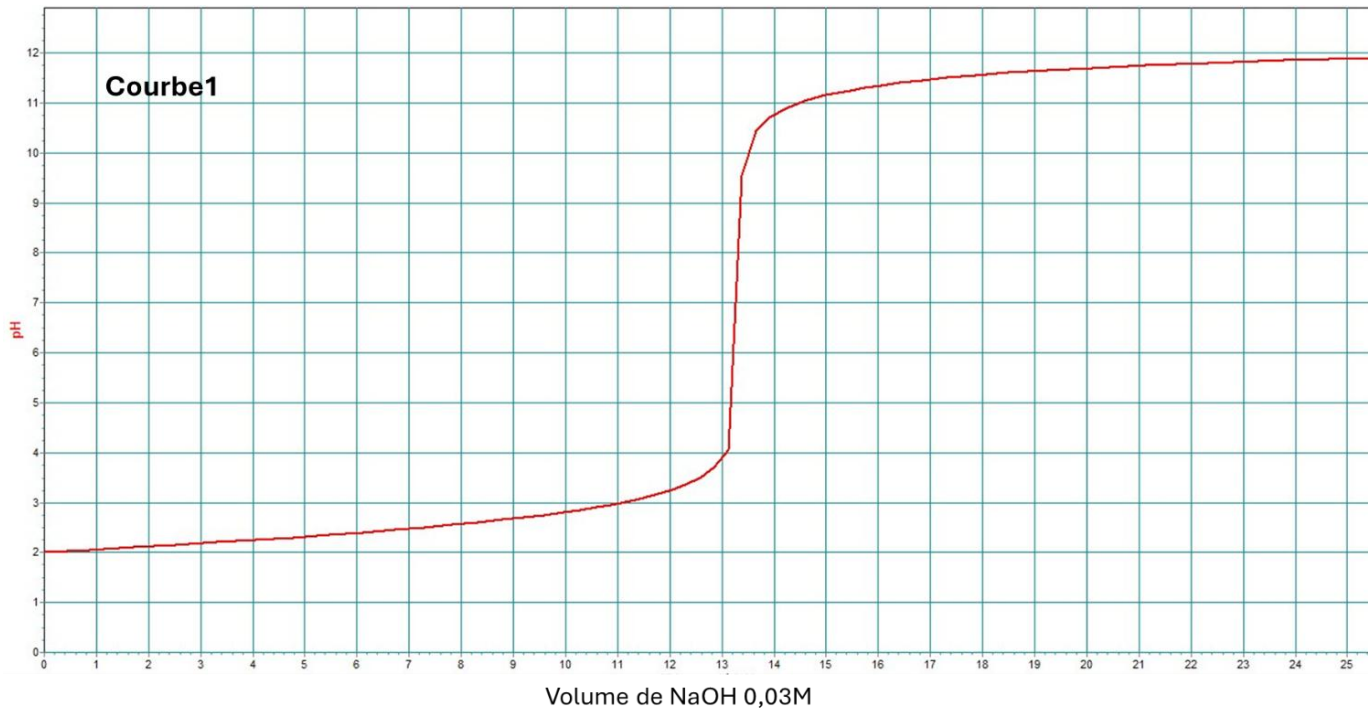
Réponse (5 points)	$pH =$
---------------------------	--------

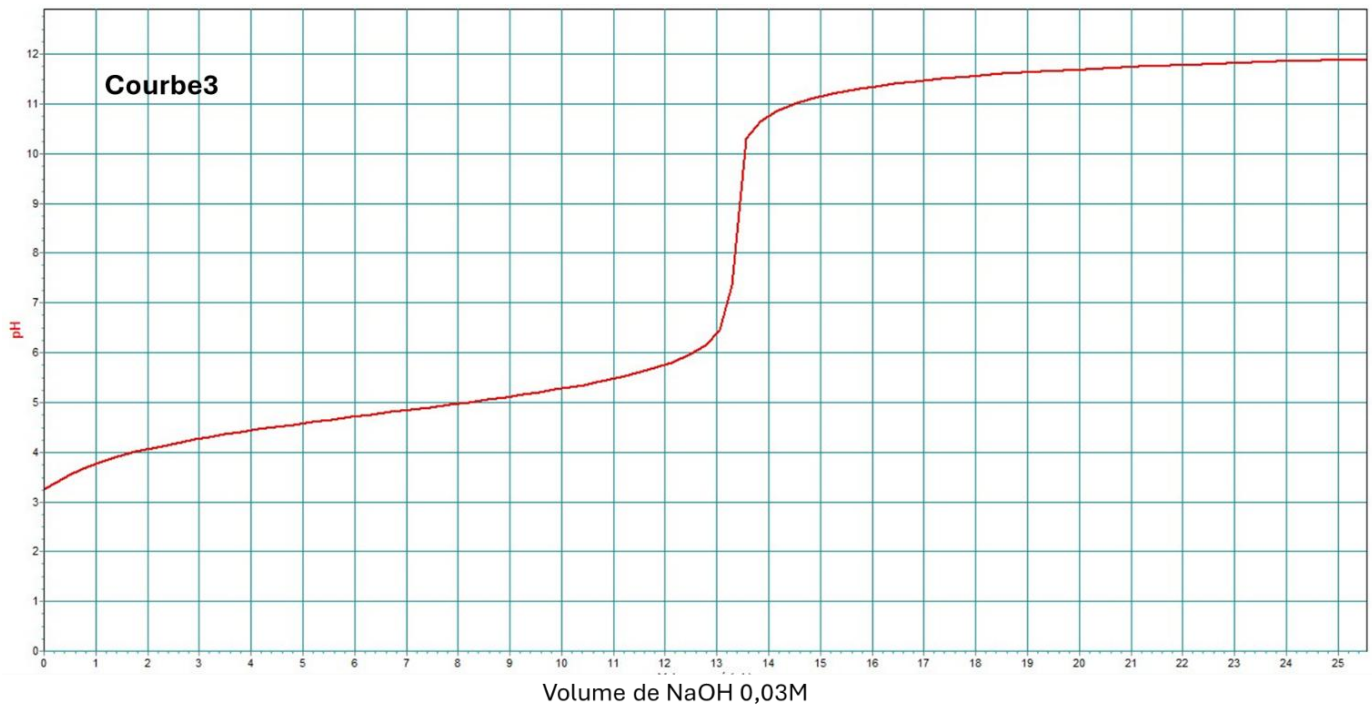
D. Calculer le pH de la solution après l'ajout d'un volume total de 20,0 mL de NaOH.

Donnée : La concentration initiale en acide lactique est de 0,0219 mol/L.

Réponse (4 points)	$pH =$
---------------------------	--------

E. Associer les courbes de titrage à l'acide correspondant : acide acétique, acide sulfurique, acide phosphorique. Les acides sont titrés par la même solution de NaOH 0,03 M. Déterminer leur concentration respective.





Courbe 1 (2 points)	Acide _____	$c =$ _____
Courbe 2 (2 points)	Acide _____	$c =$ _____
Courbe 3 (2 points)	Acide _____	$c =$ _____

Problème 3 – Le monobromure d'astate

Sous-questions	A	B	C	D	E	F	G	H	TOTAL
Points (max)	2	4	2	1	2	2	3	4	20
Points									

Le composé BrAt a une durée de vie limitée dû à la désintégration radioactive de l'astate. L'astate est l'élément naturellement présent le plus rare dans la croûte terrestre, avec une masse totale estimée à 30 g à tout moment.

- A. Estimer le nombre d'atomes d'astate existant naturellement sur Terre à tout moment. Supposons que tout l'astate soit présent naturellement sous la forme de l'isotope le plus stable, ^{210}At .

Réponse (2 points)	$N =$
---------------------------	-------

L'astate peut être synthétisé à partir du bismuth par une réaction nucléaire. Le bismuth est obtenu comme sous-produit de raffinerie et nécessite une purification avec du magnésium et du calcium qui sont ajoutés pour former un alliage avec le bismuth. L'alliage A contient 7,91 % de Ca et 9,60 % de Mg en masse.

- B. Déterminer la formule empirique de l'alliage A.

Réponse (4 points)	
---------------------------	--



OLYMPIADE FRANCOPHONE DE CHIMIE 2026
NIVEAU 2 (élèves de sixième année)
SECONDE ÉPREUVE : PROBLÈMES

6

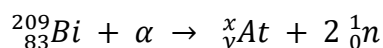
Numéro
d'identification

L'alliage A subit une réaction avec du chlore gazeux pour former du bismuth et deux composés ioniques B et C dans un rapport 2:1.

C. Écrire les formules des composés B et C.

Composé B (1 point)	
Composé C (1 point)	

L'astate peut être obtenu en bombardant des atomes de bismuth avec des particules alpha. Les particules alpha sont des noyaux d'hélium-4 à haute énergie émis par une source radioactive. Lorsqu'une particule alpha entre en collision avec un noyau de bismuth, elle forme un isotope d'astate, ${}^x_y\text{At}$, et deux neutrons.



D. Écrire la masse et les numéros atomiques de l'isotope d'astate, ${}^x_y\text{At}$, qui est formé.

Isotope (1 point)	
--------------------------	--

La plupart des atomes de bismuth ne réagissent pas et doivent être retirés du mélange réactionnel. Après addition d'acide nitrique concentré, le bismuth réagit pour former du nitrate de bismuth, une poudre blanche, et un gaz incolore avec une masse molaire de 30,01 g.mol⁻¹. Du pur astate, At₂, est isolé par extraction dans un liquide organique avec un solvant organique.

E. Écrire l'équation pondérée de la réaction du bismuth avec l'acide nitrique concentré.

Équation (2 points)	
----------------------------	--

Le BrAt peut être transformé en astate en deux étapes. Tout d'abord, Br₂ réagit avec D pour former le composé E. Le composé E réagit avec l'astate pour former le BrAt. Le spectre de masse du composé E (technique permettant de connaître la masse moléculaire en tenant compte du ratio isotopique) montre deux pics majeurs correspondant à 205,82 g/mol et 207,82 g/mol.

F. Écrire les formules des composés D et E.

Composé D (1 point)	
Composé E (1 point)	



Le ^{211}At est un émetteur α utilisé pour la radiothérapie ciblée. Il a un temps de demi-vie de 432 minutes. Un chercheur prépare un radiopharmaceutique consistant en un anticorps monoclonal marqué avec du ^{211}At . La dose injectée contient 20 MBq de ^{211}At . Après l'injection, l'anticorps suit une cinétique d'élimination sanguine approximativement exponentielle avec une demi-vie biologique de 10 heures. La demi-vie effective (T_{eff}) est le temps nécessaire pour que la radioactivité d'une substance dans un organisme vivant soit réduite de moitié, combinant la décroissance radioactive physique (T_p) et l'élimination biologique (T_b).

$$\frac{1}{T_{eff}} = \frac{1}{T_p} + \frac{1}{T_b}$$

G. Calculer la demi-vie effective du radiopharmaceutique dans le sang.

Réponse (3 points)	$T_{1/2\text{ eff}} =$

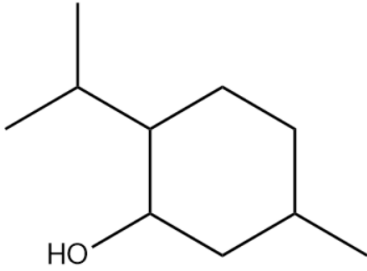
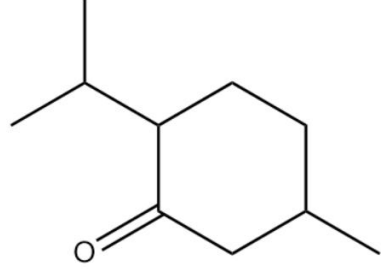
H. Calculer la fraction de l'activité injectée qui restera dans le sang après 12 heures.

Réponse (3 points)	$Fraction (\%) =$

Problème 4 – La menthone

Sous-questions	A	B	C	D	E	TOTAL
Points (max)	1	2	2	5	5	15
Points						

La menthone est un des constituants de certaines espèces de menthe. Son odeur et sa saveur, analogues à celles de la menthe en font un arôme très utilisé dans les produits alimentaires. Elle peut être synthétisée à partir du menthol.

Nom	Menthol	Menthone
Formule empirique (brute)	$C_9H_{18}CHOH$	$C_9H_{18}CO$
Formule topologique		
Température d'ébullition	215°C	209°C
Température de fusion	43°C	- 6,5°C

A. Quelle fonction organique est respectivement présente dans le menthol et la menthone ?

Menthol (0,5 point)	
Menthone (0,5 point)	

B. Expliquer la différence de température de fusion entre les deux composés sur base de leur structure.

Explication (2 points)	
------------------------	--



L'oxydation de 15,6 g de menthol en menthone est réalisée à reflux en milieu aqueux acide avec un excès de MnO_4^- (couple oxydo-réducteur $\text{MnO}_4^-/\text{Mn}^{2+}$). Une fois la réaction terminée, la purification de la menthone est faite par extraction liquide-liquide avec du cyclohexane, un solvant organique de masse volumique $\rho = 0,78 \text{ g dm}^{-3}$ et de température d'ébullition de 81°C . Parmi les espèces chimiques présentes dans le ballon, seule la menthone est soluble dans le cyclohexane. Le contenu du ballon est transvasé dans une ampoule à décanter et du cyclohexane est ajouté.

C. Quelle est la phase surnageante dans l'ampoule à décanter ? Justifier.

<p>Explication (2 points)</p>	
-------------------------------	--

Après agitation et décantation, deux phases se séparent. La phase organique est alors récoltée et évaporée pour obtenir une masse de 11,2 g de menthone.

D. Quel est le rendement de la réaction.

<p>Rendement (5 points)</p>	



OLYMPIADE FRANCOPHONE DE CHIMIE 2026
NIVEAU 2 (élèves de sixième année)
SECONDE ÉPREUVE : PROBLÈMES

6

Numéro
d'identification

En parfumerie, on utilise de l'huile essentielle de menthe poivrée dans laquelle on peut extraire un composé très odorant dérivé du menthol. Il est possible de synthétiser ce composé chimiquement à partir du menthol lui-même et d'acide acétique (ou acide éthanoïque).

- E. Écrire l'équation (réactifs et produits) de réaction entre le menthol et l'acide acétique (4 points).
Comment s'appelle cette réaction ? (1 point)

Nom de la réaction (1 point)	



OLYMPIADE FRANCOPHONE DE CHIMIE 2026
NIVEAU 2 (élèves de sixième année)
SECONDE ÉPREUVE : PROBLÈMES

6

Numéro
d'identification

BROUILLON