



LE GOUVERNEMENT
DU GRAND-DUCHÉ DE LUXEMBOURG
Ministère de l'Éducation nationale,
de l'Enfance et de la Jeunesse

EXAMEN DE FIN D'ÉTUDES SECONDAIRES CLASSIQUES Sessions 2022

Chimie	CB / CC	19.09.22	
		ÉPREUVE ÉCRITE	
Chimie	CB / CC	Date de l'épreuve :	08:15 - 11:25 19.09.22
		Durée de l'épreuve :	08:15 - 11:25
		Numéro du candidat :	

Partie obligatoire			
Question	Nb points	Sujet	Obligatoire
I.	10	Les piles bouton	X
II.	7	Le savon d'Alep	X
III.	22	Le menthol	X
IV.	10	La butan-2-amine	X
Partie au choix : Choisissez 1 question parmi les 2 suivantes et indiquez votre choix avec un X.			
Question	Nb points	Sujet	Choix du candidat (1 seul X à ajouter !)
V.	11	Solutions d'acides et de bases	
ou			
VI.	11	L'acide benzoïque	

I. Les piles bouton**10 points**

Les piles bouton sont composées d'oxyde d'argent(I) et de zinc. Lors de la décharge, il se forme de l'argent métallique et de l'oxyde de zinc(II). La réaction se déroule en milieu basique, une solution d'hydroxyde de potassium servant d'électrolyte.

Ces piles présentent une tension de 1,55 V et sont souvent utilisées dans les montres.

1. Dresser le système redox de cette pile. Indiquer l'anode, la cathode et les pôles. ANN2/QC1
2. Calculer la capacité d'une pile de montre en mA·h, sachant qu'elle a une masse totale de 2,2 g et qu'elle contient 32 % d'oxyde d'argent(I). AN3,5
On donne constante de Faraday : $F = 96485 \text{ C/mol}$
3. Calculer la masse d'argent contenue dans cette pile après la décharge complète. AN1,5
4. Est-ce que la tension de cette pile serait suffisante pour réaliser l'électrolyse d'une solution de bromure de zinc(II) ? Motiver votre réponse par un calcul. AN1/ANN1

II. Le savon d'Alep**7 points**

Le savon d'Alep, un savon traditionnel originaire de la ville d'Alep en Syrie, date de plus de 3000 ans. Il est fabriqué à partir d'huile d'olive, de soude et d'huile de baie de laurier. Le pouvoir hydratant et adoucissant de l'huile d'olive et les propriétés purifiantes et désinfectantes de l'huile de baie de laurier sont responsables des qualités régénératrices de ce savon et permettent de traiter des problèmes de peau comme l'eczéma et l'acné.

Supposons que le savon d'Alep est produit à partir d'un triglycéride avec 3 chaînes carbonées mono-insaturées identiques.

1. Dresser l'équation de la saponification avec l'hydroxyde de sodium. (poser R=chaîne carbonée mono-insaturée) QC2
2. Avec 30 mL d'une solution d'hydroxyde de sodium 2 M, on obtient 13,13 g de savon. Sachant que le rendement de la réaction est de 72% et que la liaison double se trouve en C9, déterminer la formule semi-développée du savon.

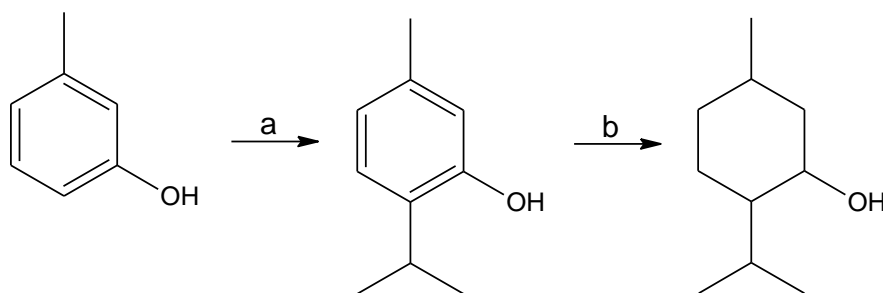
ANN1/AN4

III. Le menthol

22 points

Le menthol **C** est une substance aromatisante, naturellement présente dans de nombreuses herbes, notamment la menthe, le basilic et la sauge. Grâce à ses propriétés désinfectantes et anesthésiantes, le menthol est utilisé dans les médicaments, gels et crèmes pour soulager les maux de gorge, démangeaisons et brûlures.

Comme la demande de menthol excède largement l'extraction à partir des sources naturelles, le menthol est aussi obtenu en synthèse, par exemple à partir du m-crésol **A**.

Synthèse du menthol C**A:** m-crésol**B:** thymol**C:** mentholRéaction a :

1. De quel type de réaction et de mécanisme s'agit-il ? ANN1
2. Quel est le 2^e réactif nécessaire ? Donner le nom et la formule en bâtonnets. ANN1
3. Détailler le mécanisme réactionnel, y compris l'analyse électronique. QC6
4. Expliquer la position du substituant isopropyle à l'aide des formes contributives à la mésomérie de **A** (considérer le groupe méthyle comme n'ayant pas d'influence sur la position du substituant isopropyle). QC4

Réaction b : Hydrogénation du thymol B en menthol C

5. Donner le nom IUPAC du menthol. ANN1,5
6. De quel type de réaction s'agit-il ? ANN0,5

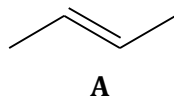
Réactions du menthol

7. Le menthol **C** est oxydé par le permanganate de potassium en milieu acide en un produit **D**. Établir les demi-équations d'oxydation et de réduction et en déduire l'équation redox. QC3
8. On fait réagir le menthol avec l'acide propanoïque en présence d'acide sulfurique concentré. Établir l'équation de cette réaction. ANN2
9. Expliquer, à l'aide de schémas, la différence entre la volatilité des aldéhydes/cétones et des alcools de masses molaires comparables. QC3

IV. La butan-2-amine

10 points

La butan-2-amine est un liquide incolore à odeur d'ammoniac qui est utilisé comme fongicide. La butan-2-amine peut être synthétisée à partir de l'alcène **A** représenté ci-dessous.



1. Donner le nom IUPAC de l'alcène **A** et préciser sa configuration spatiale. ANN1
2. On réalise l'hydratation du composé **A** en milieu acide. Dresser l'équation globale de la réaction. ANN2
3. Étudier en détail le mécanisme réactionnel, y compris l'analyse électronique. QC4
4. Le produit de la réaction est un composé chiral **B**. Représenter l'énantiomère R de ce composé. ANN1
5. Représenter l'énantiomère R en projection de Newman selon l'axe $C_1 \rightarrow C_2$ dans la conformation la plus stable. ANN1
6. Le composé **B** réagit avec l'ammoniac pour former la butan-2-amine. De quel type de réaction et de mécanisme s'agit-il ? (On ne demande pas d'équation.) ANN1

V. QUESTION AU CHOIX- Solutions d'acides et de bases

11 points

1. Une solution d'acide nitrique concentrée à 69 % ($\rho=1,409$ g/mL) est diluée 20 fois. Calculer le pH de la solution d'acide nitrique diluée. AN4
2. a) À 5 mL d'une solution d'acide cyanhydrique de concentration 2 M, on ajoute 4,83 g de cyanure de potassium solide, puis de l'eau distillée pour obtenir un volume final de 100 mL. Calculer le pH de la solution obtenue. AN2
b) À cette solution, on ajoute 10 mL d'une solution d'hydroxyde de sodium 1 M. Établir l'équation de la réaction et calculer le pH de la solution finale.

ANN1/AN4

VI. QUESTION AU CHOIX- L'acide benzoïque

11 points

L'acide benzoïque est naturellement présent dans certains aliments comme les framboises, les myrtilles mais aussi les produits laitiers et le miel. L'acide benzoïque bloque le développement de certaines moisissures et levures dans les produits alimentaires et est par conséquent utilisé comme conservateur sous le code E210 par exemple dans des boissons aromatisées.

Afin de déterminer la concentration en acide benzoïque d'une boisson aromatisée à la cerise, on procède au titrage d'une prise de 100 mL de cette boisson. La consommation d'hydroxyde de sodium 0,01 M au point d'équivalence vaut 10,7 mL.

1. Dresser l'équation correspondant au titrage. ANN1
 2. S'agit-il d'une réaction complète ? Justifier par un calcul ! AN1
 3. Calculer la concentration molaire et la concentration massique de l'acide benzoïque dans la boisson aromatisée. AN2
 4. Calculer le pH
 - a) de la solution initiale. AN2
 - b) après addition de 5 mL d'hydroxyde de sodium. AN2
 - c) après addition de 20 mL d'hydroxyde de sodium. AN3
-

Annexe I : Tableau des potentiels d'électrode standard

	oxydant	réducteur	E° (V)	milieu
force oxydante	F ₂	F ⁻	+2,87	
	S ₂ O ₈ ²⁻	SO ₄ ²⁻	+2,01	
	H ₂ O ₂	H ₂ O	+1,78	acide
	Mn ³⁺	Mn ²⁺	+1,54	
	MnO ₄ ⁻	Mn ²⁺	+1,51	acide
	Au ³⁺	Au	+1,50	
	ClO ₃ ⁻	Cl ⁻	+1,45	acide
	Cl ₂	Cl ⁻	+1,36	
	Cr ₂ O ₇ ²⁻	Cr ³⁺	+1,36	acide
	O ₂	H ₂ O	+1,23	
	MnO ₂	Mn ²⁺	+1,22	acide
	Pt ²⁺	Pt	+1,18	
	Br ₂	Br ⁻	+1,07	
	NO ₃ ⁻	NO	+0,96	acide
	Hg ²⁺	Hg	+0,85	
	Ag ⁺	Ag	+0,80	
	Fe ³⁺	Fe ²⁺	+0,77	
	O ₂	H ₂ O ₂	+0,70	acide
	I ₂	I ⁻	+0,54	
	Cu ⁺	Cu	+0,52	
	Cu ²⁺	Cu	+0,34	
	Cu ²⁺	Cu ⁺	+0,15	
	Sn ⁴⁺	Sn ²⁺	+0,15	
	S ₄ O ₆ ²⁻	S ₂ O ₃ ²⁻	+0,08	
	H⁺	H₂	0,00	
	Fe ³⁺	Fe	-0,04	
	Pb ²⁺	Pb	-0,13	
	Sn ²⁺	Sn	-0,14	
	Ni ²⁺	Ni	-0,26	
	Co ²⁺	Co	-0,28	
	Fe ²⁺	Fe	-0,45	
	S	S ²⁻	-0,48	
	NiO ₂	Ni(OH) ₂	-0,49	basique
	Cr ³⁺	Cr	-0,74	
Zn ²⁺	Zn	-0,76		
H ₂ O	H ₂ + 2 OH ⁻	-0,83	basique	
Mn ²⁺	Mn	-1,18		
Ti ³⁺	Ti	-1,21		
Ti ²⁺	Ti	-1,63		
Al ³⁺	Al	-1,68		
Be ²⁺	Be	-1,85		
H ₂	H ⁻	-2,23		
Mg ²⁺	Mg	-2,37		
Na ⁺	Na	-2,71		
Ca ²⁺	Ca	-2,87		
Ba ²⁺	Ba	-2,91		
K ⁺	K	-2,93		
Li ⁺	Li	-3,04		

force réductrice

Annexe III : Tableau des pKa

(abrégations : ac. = acide ; cat. = cation ; an. = anion)

acides forts (plus forts que H ₃ O ⁺) HI, HBr, HCl, HClO ₄ , HNO ₃ , H ₂ SO ₄		bases de force négligeable		pKa
cat. oxonium	H ₃ O ⁺	H ₂ O	eau	-1,74
ac. chlorique	HClO ₃	ClO ₃ ⁻	an. chlorate	-1,00
ac. trichloroéthanoïque	CCl ₃ COOH	CCl ₃ COO ⁻	an. trichloroéthanoate	0,70
ac. iodique	HIO ₃	IO ₃ ⁻	an. iodate	0,80
ac. oxalique	HOCCOOH	HOCCOO ⁻	an. hydrogénéoxalate	1,23
ac. dichloroéthanoïque	CHCl ₂ COOH	CHCl ₂ COO ⁻	an. dichloroéthanoate	1,26
ac. sulfureux	H ₂ SO ₃	HSO ₃ ⁻	an. hydrogénosulfite	1,80
an. hydrogénéosulfate	HSO ₄ ⁻	SO ₄ ²⁻	an. sulfate	1,92
ac. chloreux	HClO ₂	ClO ₂ ⁻	an. chlorite	2,00
ac. phosphorique	H ₃ PO ₄	H ₂ PO ₄ ⁻	an. dihydrogénophosphate	2,12
ac. fluoroéthanoïque	CH ₂ FCOOH	CH ₂ FCOO ⁻	an. fluoroéthanoate	2,57
cat. hexaqua fer III	[Fe(H ₂ O) ₆] ³⁺	[Fe(OH)(H ₂ O) ₅] ²⁺	cat. pentaqua hydroxo fer III	2,83
ac. chloroéthanoïque	CH ₂ ClCOOH	CH ₂ ClCOO ⁻	an. chloroéthanoate	2,86
ac. bromoéthanoïque	CH ₂ BrCOOH	CH ₂ BrCOO ⁻	an. bromoéthanoate	2,90
ac. nitreux	HNO ₂	NO ₂ ⁻	an. nitrite	3,14
ac. iodoéthanoïque	CH ₂ ICOOH	CH ₂ ICOO ⁻	an. iodoéthanoate	3,16
ac. fluorhydrique	HF	F ⁻	an. fluorure	3,17
ac. acétylsalicylique	C ₈ H ₇ O ₂ COOH	C ₈ H ₇ O ₂ COO ⁻	an. acétylsalicylate	3,48
ac. cyanique	HOCN	OCN ⁻	an. cyanate	3,66
ac. méthanoïque	HCOOH	HCOO ⁻	an. méthanoate	3,75
ac. lactique	CH ₃ CHOHCOOH	CH ₃ CHOHCOO ⁻	an. lactate	3,87
ac. ascorbique	C ₆ H ₈ O ₆	C ₆ H ₇ O ₆ ⁻	an. ascorbate	4,17
ac. benzoïque	C ₆ H ₅ COOH	C ₆ H ₅ COO ⁻	an. benzoate	4,19
cat. anilinium	C ₆ H ₅ NH ₃ ⁺	C ₆ H ₅ NH ₂	aniline	4,62
ac. éthanoïque	CH ₃ COOH	CH ₃ COO ⁻	an. éthanoate	4,75
ac. propanoïque	CH ₃ CH ₂ COOH	CH ₃ CH ₂ COO ⁻	an. propanoate	4,87

cat. hexaqua aluminium	$[\text{Al}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$	$[\text{Al}(\text{OH})(\text{H}_2\text{O})_5]^{2+}$	cat. pentaqua hydroxo aluminium	4,95
cat. pyridinium	$\text{C}_5\text{H}_5\text{NH}^+$	$\text{C}_5\text{H}_5\text{N}$	pyridine	5,25
cat. hydroxylammonium	NH_3OH^+	NH_2OH	hydroxylamine	6,00
dioxyde de carbone (aq)	$\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$	HCO_3^-	an. hydrogénocarbonate	6,12
ac. sulfhydrique	H_2S	HS^-	an. hydrogénosulfure	7,04
an. hydrogénosulfite	HSO_3^-	SO_3^{2-}	an. sulfite	7,20
an. dihydrogénophosphate	H_2PO_4^-	HPO_4^{2-}	an. hydrogénophosphate	7,21
ac. hypochloreux	HClO	ClO^-	an. hypochlorite	7,55
cat. hexaqua cadmium	$[\text{Cd}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$	$[\text{Cd}(\text{OH})(\text{H}_2\text{O})_5]^+$	cat. pentaqua hydroxo cadmium	8,50
cat. hexaqua zinc	$[\text{Zn}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$	$[\text{Zn}(\text{OH})(\text{H}_2\text{O})_5]^+$	cat. pentaqua hydroxo zinc	8,96
cat. ammonium	NH_4^+	NH_3	ammoniac	9,20
ac. borique	H_3BO_3	H_2BO_3^-	an. dihydrogénoborate	9,23
ac. hypobromeux	HBrO	BrO^-	an. hypobromite	9,24
ac. cyanhydrique	HCN	CN^-	an. cyanure	9,31
cat. N,N-diméthylméthan-ammonium	$(\text{CH}_3)_3\text{NH}^+$	$(\text{CH}_3)_3\text{N}$	N,N-diméthylméthanamine	9,87
phénol	$\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$	$\text{C}_6\text{H}_5\text{O}^-$	an. phénolate	9,89
an. hydrogénocarbonate	HCO_3^-	CO_3^{2-}	an. carbonate	10,25
ac. hypoiodeux	HIO	IO^-	an. hypoiodite	10,64
cat. méthanammonium	CH_3NH_3^+	CH_3NH_2	méthanamine	10,70
cat. éthanammonium	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{NH}_3^+$	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{NH}_2$	éthanamine	10,75
cat. N,N-diéthyléthan-ammonium	$(\text{C}_2\text{H}_5)_3\text{NH}^+$	$(\text{C}_2\text{H}_5)_3\text{N}$	N,N-diéthyléthanamine	10,81
cat. N-méthylméthan-ammonium	$(\text{CH}_3)_2\text{NH}_2^+$	$(\text{CH}_3)_2\text{NH}$	N-méthylméthanamine	10,87
cat. N-éthyléthanammonium	$(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{NH}_2^+$	$(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{NH}$	N-éthyléthanamine	11,10
an. hydrogénophosphate	HPO_4^{2-}	PO_4^{3-}	an. phosphate	12,32
an. hydrogénosulfure	HS^-	S^{2-}	an. sulfure	12,90
eau	H_2O	OH^-	anion hydroxyde	15,74
acides de force négligeable			bases fortes (plus fortes que OH⁻) O^{2-} , NH_2^- , anion alcoolate RO^-	pK_a

