

EXAMEN DE FIN D'ÉTUDES SECONDAIRES – Sessions 2024**QUESTIONNAIRE**

Date :	18.09.24	Horaire :	08:15 - 11:15	Durée :	180 minutes
Discipline :	CHIMI	Type :	écrit	Section(s) :	CB / CB-4LANG / CC / CC-4LANG
				Numéro du candidat :	

QC: 22 pts

ANN: 19 pts

AN: 19 pts

I. Réactions du cuivre**(5pts)**

Etablir les demi-équations d'oxydation et de réduction et en déduire l'équation bilan pour les deux procédés suivants.

1. En artistique, la gravure sur cuivre est une technique qui permet de graver des motifs variés sur des plaques en cuivre. Le cuivre métallique y est attaqué par une solution de chlorure de fer (III). (ANN2)
2. Pour imprimer des circuits électroniques utilisés dans les ordinateurs on a recours à une autre méthode pour attaquer le cuivre : on trempe les circuits dans une solution acidulée de peroxyde d'hydrogène. (ANN3)

II. Accumulateur lithium-ion**(8pts)**

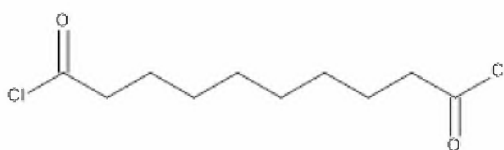
1. Dresser les demi-équations des réactions qui se déroulent lors de la décharge d'un accumulateur lithium-ion. Nommer les électrodes et indiquer les pôles. (QC3)
2. Indiquer les porteurs de charge dans le circuit externe et dans l'électrolyte. (QC1)
3. Un accumulateur disponible dans le commerce a une capacité de charge de 100 A·h. Calculer la masse de graphite nécessaire dans cet accumulateur et le nombre d'ions Li^+ qui peuvent s'associer au maximum à cette masse de graphite (on donne : $F=96485 \text{ C/mol}$). (AN4)

III. Réactions des acides carboxyliques et de leurs dérivés**(20pts)**

1. Le salicylate de méthyle (ou 2-hydroxybenzoate de méthyle) est une molécule à odeur très caractéristique qui fait partie de nombreuses huiles et produits cosmétiques.
 - a) Dresser l'équation de la réaction (avec formules de structure) qui fournit le salicylate de méthyle à partir de l'alcool et de l'acide appropriés en milieu acide. (ANN2)
 - b) Citer deux méthodes (hormis la distillation) qui permettent de déplacer l'équilibre dans le sens de la condensation. (QC1)
 - c) Dresser le mécanisme annoté de l'estérification en milieu acide (avec analyse électronique). Utiliser des formules générales. (QC6)

2. Pour augmenter le rendement de la synthèse du salicylate de méthyle, l'acide peut être traité préalablement avec le dichlorure de thionyle.
 - a) Dresser l'équation de la réaction et donner le nom exact du produit organique de la réaction. (ANN1/QC1)
 - b) Expliquer pourquoi le rendement de l'estérification est plus important lorsqu'on utilise un chlorure d'acyle. (QC2)
 - c) Dresser le mécanisme de la réaction d'estérification avec le chlorure d'acyle en milieu basique (avec analyse électronique). Utiliser des formules générales. (QC4)

3. Dresser l'équation de la réaction (avec formules de structure) entre l'hexane-1,6-diamine et le dichlorure de décanedioyle qui mène à la formation du polyamide 6.10. (ANN3)



dichlorure de décanedioyle

IV. Composés organiques acides et basiques	(11pts)
---	----------------

1. Il existe huit amines isomères à chaîne carbonée saturée et ouverte de formule brute $C_4H_{11}N$.
 - a) Dresser les formules semi-développées de 3 isomères de façon que chaque amine appartienne à une classe différente. Nommer les molécules. (ANN3)
 - b) Comparer la force basique des 3 molécules sur base de la structure moléculaire. (QC2)
 - c) Un des huit isomères de formule brute $C_4H_{11}N$ est chiral.
 - i. Dresser la formule spatiale de l'énantiomère S. (ANN1)
 - ii. Dresser la projection de Newman de l'énantiomère S dans la conformation la plus stable en regardant de C_2 vers C_1 . (ANN1)

2. On considère des acides carboxyliques à chaîne carbonée saturée et ouverte avec une chaîne principale contenant 3 atomes de carbone.
 - a) Dresser les formules en bâtonnets des molécules possibles et nommer les molécules. (ANN2)
 - b) Comparer la force acide des molécules sur base de la structure moléculaire. (QC2)

V. L'aniline**(16pts)**

1. Une solution aqueuse d'aniline ($c_0 = 0,1\text{M}$) présente un pH de 8,8.
 - a) Justifier par un calcul que l'aniline n'est pas une base forte. (AN2)
 - b) Calculer le pK_b de l'aniline à partir de ces données. (AN2)

2. A 25 mL de la solution d'aniline 0,1M on ajoute progressivement de l'acide bromhydrique 0,2M.
 - a) Montrer que la réaction entre l'aniline et l'acide bromhydrique est complète. (AN1)
 - b) Calculer le volume d'acide à verser pour atteindre le point d'équivalence. (AN1)

Pour les points c) et d) utiliser le pK_a de l'aniline du tableau en annexe.

- c) Calculer le pH de la solution au point d'équivalence. Justifier le caractère acido-basique de la solution à l'aide d'une réaction de protolyse appropriée. (AN3/ANN1)
- d) Calculer le pH de la solution après ajout de
 - i. 10 mL d'acide bromhydrique 0,2M. (AN3)
 - ii. 17 mL d'acide bromhydrique 0,2M. (AN3)

Annexe I : Tableau des potentiels d'électrode standard















	oxydant	réducteur	E° (V)	milieu
	F ₂	F ⁻	+2,87	
	O ₃	O ₂ + H ₂ O	+2,08	acide
	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	
	BrO ₃ ⁻	Br ₂	+1,48	acide
	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	acide
	MnO ₂	Mn ²⁺	+1,22	acide
	Pt ²⁺	Pt	+1,18	
	IO ₃ ⁻	I ⁻	+1,09	acide
	Br ₂	Br ⁻	+1,07	
	NO ₃ ⁻	NO	+0,96	acide ⁽¹⁾
	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	
	S ₂ O ₃ ²⁻	S	+0,50	acide
	Cu ²⁺	Cu	+0,34	
	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
	P	PH ₃	-0,87	basique
	Mn ²⁺	Mn	-1,18	
	Al ³⁺	Al	-1,68	
	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 oxydante

force réductrice

⁽¹⁾ L'anion nitrate est uniquement un oxydant fort s'il est introduit dans le milieu réactionnel sous forme d'acide nitrique concentré

Annexe II : Tableau de quelques indicateurs acido-basiques

nom	domaine (pH) de virage de couleur	pK _a
rouge de crésol (1 ^{er} virage)	 0,2 1,8 rouge jaune-orange	1,0
bleu de thymol (1 ^{er} virage)	 1,2 2,8 rouge-violet jaune-orange	1,7
méthylorange	 3,1 4,4 rose-rouge jaune	3,4
vert de bromocrésol	 3,8 5,4 jaune bleu	4,7
rouge de méthyle	 4,4 6,2 rouge jaune-orange	5,0
tournesol	 5,0 8,0 rouge bleu	6,5
bleu de bromothymol	 5,8 7,6 jaune bleu	7,1
rouge de phénol	 6,5 8,0 jaune-orange rouge-violet	7,4
rouge de crésol (2 ^e virage)	 7,0 8,8 jaune-orange pourpre	8,3
bleu de thymol (2 ^e virage)	 8,0 9,6 jaune bleu	8,9
phénolphtaléine	 8,2 9,8 incolore rose-violet	9,4
thymolphtaléine	 9,0 10,5 incolore bleu	9,9
jaune d'alizarine R	 10,1 12,0 jaune rouge	11,2
carmin d'indigo	 11,4 13,0 bleu jaune	12,2

Annexe III : Tableau des pK_a

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

acides forts (plus forts que H_3O^+)		bases de force négligeable		pK_a
HCl, HBr, HI, $HClO_4$, $HBrO_4$, HIO_4 , HNO_3 , H_2SO_4		Cl^- , Br^- , I^- , ClO_4^- , BrO_4^- , IO_4^- , NO_3^- , HSO_4^-		
cat. oxonium	H_3O^+	H_2O	eau	-1,74
ac. chlorique	$HClO_3$	ClO_3^-	an. chlorate	-1,00
ac. trichloroéthanoïque	CCl_3COOH	CCl_3COO^-	an. trichloroéthanoate	0,70
ac. iodique	HIO_3	IO_3^-	an. iodate	0,80
ac. oxalique	$HOOC-COOH$	$HOOC-COO^-$	an. hydrogénéooxalate	1,23
ac. dichloroéthanoïque	$CHCl_2COOH$	$CHCl_2COO^-$	an. dichloroéthanoate	1,26
ac. sulfureux	H_2SO_3	HSO_3^-	an. hydrogénosulfite	1,80
an. hydrogénosulfate	HSO_4^-	SO_4^{2-}	an. sulfate	1,92
ac. chloreux	$HClO_2$	ClO_2^-	an. chlorite	2,00
ac. phosphorique	H_3PO_4	$H_2PO_4^-$	an. dihydrogénophosphate	2,12
ac. fluoroéthanoïque	CH_2FCOOH	CH_2FCOO^-	an. fluoroéthanoate	2,57
cat. hexaqua fer III	$[Fe(H_2O)_6]^{3+}$	$[Fe(OH)(H_2O)_5]^{2+}$	cat. pentaqua hydroxo fer III	2,83
ac. chloroéthanoïque	$CH_2ClCOOH$	CH_2ClCOO^-	an. chloroéthanoate	2,86
ac. bromoéthanoïque	$CH_2BrCOOH$	CH_2BrCOO^-	an. bromoéthanoate	2,90
ac. nitreux	HNO_2	NO_2^-	an. nitrite	3,14
ac. iodoéthanoïque	CH_2IOOH	CH_2IOO^-	an. iodoéthanoate	3,16
ac. fluorhydrique	HF	F^-	an. fluorure	3,17
ac. acétylsalicylique	$C_8H_7O_2COOH$	$C_8H_7O_2COO^-$	an. acétylsalicylate	3,48
ac. cyanique	$HOCN$	OCN^-	an. cyanate	3,66
ac. méthanoïque	$HCOOH$	$HCOO^-$	an. méthanoate	3,75
ac. lactique	$CH_3CHOHCOOH$	$CH_3CHOHCOO^-$	an. lactate	3,87
ac. ascorbique	$C_6H_8O_6$	$C_6H_7O_6^-$	an. ascorbate	4,17
ac. benzoïque	C_6H_5COOH	$C_6H_5COO^-$	an. benzoate	4,19
cat. anilinium	$C_6H_5NH_3^+$	$C_6H_5NH_2$	aniline	4,62
ac. éthanoïque	CH_3COOH	CH_3COO^-	an. éthanoate	4,75
ac. propanoïque	CH_3CH_2COOH	$CH_3CH_2COO^-$	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-diméthylméthanammonium	$(\text{CH}_3)_3\text{NH}^+$	$(\text{CH}_3)_3\text{N}$	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-diéthyléthanammonium	$(\text{C}_2\text{H}_5)_3\text{NH}^+$	$(\text{C}_2\text{H}_5)_3\text{N}$	N,N-diéthyléthanamine	10,81
cat. N-méthylméthanammonium	$(\text{CH}_3)_2\text{NH}_2^+$	$(\text{CH}_3)_2\text{NH}$	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 OH^- , NH_3 , alcool ROH	bases fortes (plus fortes que OH^-) O^{2-} , NH_2^- , anion alcoolate RO^-			pK_a

Annexe IV : Tableau périodique des éléments

I	II											III	IV	V	VI	VII	VIII			
1	2											13	14	15	16	17	18			
1.0 H		masse atomique → A										10.8	12.0	14.0	16.0	19.0	20.2	4.0		
2.1 He		numéro atomique → Z										5	6	7	8	9	10	2		
		← X →										27.0	28.1	31.0	32.1	35.5	39.9			
		↑ EN										électronégativité selon Pauling								
												(solide, liquide, gazeux [aux CNTPI])								
6.9 Li	9.0 Be	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18			
3 Na	23.0 Mg	39.1 K	40.1 Ca	45.0 Sc	47.9 Ti	50.9 V	52.0 Cr	54.9 Mn	55.8 Fe	58.9 Co	58.7 Ni	63.5 Cu	65.4 Zn	69.7 Ga	72.6 Ge	74.9 As	79.0 Se	79.9 Br	83.8 Kr	
11 Fr	0.7 Ra	87	88	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	
		19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr	
37 Rb	87.6 Sr	85.5 K	87.6 Ca	88.9 Sc	91.2 Ti	92.9 V	95.9 Cr	(98) Mn	101.1 Fe	102.9 Co	106.4 Ni	107.9 Cu	112.4 Zn	114.8 Ga	118.7 Ge	121.8 As	127.6 Se	126.9 Br	131.3 Kr	
132.9 Cs	137.3 Ba	132.9 K	137.3 Ca	175.0 Lu	178.5 Hf	180.9 Ta	183.8 W	186.2 Re	190.2 Os	192.2 Ir	195.1 Pt	197.0 Au	200.6 Hg	204.4 Tl	207.2 Pb	209.0 Bi	(209) Po	(210) At	(222) Rn	
55 Fr	0.7 Ra	55 K	56 Ca	71 Lu	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn	
(223)	226.0	(223)	226.0	(266)	(267)	(268)	(269)	(270)	(277)	(278)	(281)	(282)	(285)	(286)	(289)	(290)	(293)	(294)	(294)	
		103	104	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	
		103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118			
		138.9 La	140.1 Ce	140.9 Pr	144.2 Nd	(145) Pm	150.4 Sm	152.0 Eu	157.3 Gd	158.9 Tb	162.5 Dy	164.9 Ho	167.3 Er	168.9 Tm	173.0 Yb					
		57 La	58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb					
		227.0 Ac	232.0 Th	231.0 Pa	238.0 U	237.0 Np	(244) Pu	(243) Am	(247) Cm	(247) Bk	(251) Cf	(252) Es	(257) Fm	(258) Md	(259) No					
		89 Ac	90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No					

métaux

métaux de transition

semi-métaux (métalloïdes)

non-métaux

lanthanides et actinides

non classés

hachuré: éléments synthétiques (artificiels)