

**EXAMEN DE FIN D'ÉTUDES SECONDAIRES CLASSIQUES**  
**Sessions 2023 – QUESTIONNAIRE ÉCRIT**

Date :	25.09.23	Durée :	08:15 - 11:15	Numéro candidat :	
Discipline :	Chimie	Section(s) :	CB / CB-4LANG / CC / CC-4LANG		

**I. Les réactions redox**

**(9 points)**

- a. En vous basant sur le tableau des potentiels redox ci-joint, déterminer quelle est la réaction qui peut avoir lieu entre l'acide nitrique concentré  $\text{HNO}_3$  et le peroxyde d'hydrogène (eau oxygénée)  $\text{H}_2\text{O}_2$  (ne pas considérer la réaction entre deux molécules de peroxyde d'hydrogène). Écrire l'équation d'oxydation, de réduction et la réaction redox globale. Indiquer les nombres d'oxydation des atomes oxydés respectivement réduits. (ANN 4)
- b. Décrire la pile à hydrogène (= pile à combustible) et donner les équations des réactions à la cathode et à l'anode ainsi que l'équation bilan pour cette pile. (QC 5)

**II. Les molécules organiques oxygénées**

**(21 points)**

1. Le 2,3-dihydroxypropanal (nom systématique) est également appelé glycéraldéhyde (nom trivial). À la représentation de Fischer de sa forme dextrogyre on a attribué la désignation D.
- a. Représenter cette molécule dans sa configuration D en projection de Fischer. (ANN 2)
- b. Est-ce que toute molécule dextrogyre est de configuration D ? Justifier votre réponse. (ANN 1)
- c. Représenter la formule spatiale du D-2,3-dihydroxypropanal et indiquer sa configuration absolue selon la nomenclature de Cahn-Ingold-Prelog. (ANN 2)
- d. Nommer le réactif par lequel on peut mettre en évidence le 2,3-dihydroxypropanal et indiquer ce qu'on peut observer. (ANN 1)
2. Le pentan-2-ol est une des très nombreuses molécules contenues dans les bananes. Au laboratoire, cette molécule peut être synthétisée en milieu acide par réaction entre le pent-1-ène et l'eau.
- a. Donner le mécanisme de la réaction qui conduit du pent-1-ène à la formation du pentan-2-ol en milieu acide. Commencer par une analyse électronique et indiquer le type de mécanisme. (QC 5)
- b. Le pentan-2-ol peut être oxydé en milieu acide par le permanganate de potassium. Écrire l'équation d'oxydation, de réduction et la réaction redox globale. Indiquer les nombres d'oxydation des atomes oxydés respectivement réduits. (QC 2 + ANN 2)
- c. Calculer le volume d'une solution de permanganate de potassium de concentration  $c = 0,025 \text{ mol/L}$  nécessaire pour oxyder de cette façon 1,60 g de pentan-2-ol. (AN 3)
- d. Expliquer pourquoi le pentan-2-ol a une température d'ébullition plus élevée que la pentan-2-one. (ANN 3)

**III. Les acides carboxyliques et leurs dérivés****(11 points)**

Un autre composé qui se trouve dans les bananes est le 3-méthylbutan-1-ol.

- a. Est-ce que ce composé est chiral ? Argumenter votre réponse. (ANN 1)
- b. Cet alcool forme avec l'acide éthanoïque un autre composé, qui se trouve également dans les bananes. Écrire l'équation pour cette réaction à l'aide des formules semi-développées et donner le nom systématique et la fonction chimique du composé organique formé. (ANN 3)
- c. Dans des conditions déterminées, la constante d'équilibre pour cette réaction vaut  $K_c = 6,5$ . Calculer la masse du produit organique qu'on obtient si on fait réagir 8,80 g de 3-méthylbutan-1-ol avec 6,00 g d'acide éthanoïque. (AN 4)
- d. Donner deux méthodes pour augmenter le rendement de cette réaction, sachant que la température d'ébullition de l'acide éthanoïque est de 118 °C, celle du 3-méthylbutan-1-ol est de 131 °C et que celle du produit organique est de 142 °C. (QC 3)

**IV. Les amines****(7 points)**

La composition centésimale d'une amine primaire linéaire (non ramifiée) a révélé un pourcentage de masse en azote de 16,1 %.

- a. Déterminer la masse molaire de cette amine sachant qu'il n'y a pas d'autre fonction chimique dans la molécule. (AN 2)
- b. Déterminer sa formule brute et sa formule de structure développée sachant que cette amine primaire est chirale. (ANN 2)
- c. Comparer la force basique de cette amine avec celle d'une amine secondaire de même masse molaire. (QC 3)

**V. Les acides et les bases****(12 points)**

L'acide fluorhydrique est un acide faible.

- a. Expliquer pourquoi l'acide fluorhydrique HF est un acide faible alors que l'acide chlorhydrique HCl est un acide fort. (QC 2)
- b. Calculer le pH d'une solution aqueuse de 250 mL contenant 1,00 g de HF. (AN 2)
- c. On se propose de titrer 40 mL de cette solution par une solution d'hydroxyde de sodium de concentration  $c = 0,5$  mol/L. Calculer le volume d'hydroxyde de sodium NaOH nécessaire pour neutraliser la solution acide. (AN 2)
- d. Calculer le pH de la solution ainsi obtenue. (AN 3)
- e. Calculer le pH de la solution obtenue après ajout de 20 mL de NaOH 0,5 M lors de ce titrage. (AN 3)

QC 20 AN 21 AN 19

\* \* \*















**Tableau des potentiels d'électrode standard**

	oxydant	réducteur	$E^\circ$ (V)	milieu
force oxydante	F <sub>2</sub>	F <sup>-</sup>	+2,87	
	O <sub>3</sub>	O <sub>2</sub>	+2,08	acide
	S <sub>2</sub> O <sub>8</sub> <sup>2-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	+2,01	
	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O	+1,78	acide
	Mn <sup>3+</sup>	Mn <sup>2+</sup>	+1,54	
	MnO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	Mn <sup>2+</sup>	+1,51	acide
	Au <sup>3+</sup>	Au	+1,50	
	BrO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Br <sub>2</sub>	+1,48	acide
	ClO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	+1,45	acide
	Cl <sub>2</sub>	Cl <sup>-</sup>	+1,36	
	Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub> <sup>2-</sup>	Cr <sup>3+</sup>	+1,36	acide
	O <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O	+1,23	acide
	MnO <sub>2</sub>	Mn <sup>2+</sup>	+1,22	acide
	Pt <sup>2+</sup>	Pt	+1,18	
	IO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	I <sup>-</sup>	+1,09	acide
	Br <sub>2</sub>	Br <sup>-</sup>	+1,07	
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NO	+0,96	acide <sup>(1)</sup>
	Hg <sup>2+</sup>	Hg	+0,85	
	Ag <sup>+</sup>	Ag	+0,80	
	Fe <sup>3+</sup>	Fe <sup>2+</sup>	+0,77	
	O <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	+0,70	acide
	I <sub>2</sub>	I <sup>-</sup>	+0,54	
	S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	S	+0,50	acide
	Cu <sup>2+</sup>	Cu	+0,34	
	Sn <sup>4+</sup>	Sn <sup>2+</sup>	+0,15	
	S <sub>4</sub> O <sub>6</sub> <sup>2-</sup>	S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	+0,08	
	<b>H<sup>+</sup></b>	<b>H<sub>2</sub></b>	<b>0,00</b>	
	Fe <sup>3+</sup>	Fe	-0,04	
	Pb <sup>2+</sup>	Pb	-0,13	
	Sn <sup>2+</sup>	Sn	-0,14	
	Ni <sup>2+</sup>	Ni	-0,26	
	Co <sup>2+</sup>	Co	-0,28	
	Fe <sup>2+</sup>	Fe	-0,45	
	S	S <sup>2-</sup>	-0,48	
NiO <sub>2</sub>	Ni(OH) <sub>2</sub>	-0,49	basique	
Cr <sup>3+</sup>	Cr	-0,74		
Zn <sup>2+</sup>	Zn	-0,76		
H <sub>2</sub> O	H <sub>2</sub> + 2 OH <sup>-</sup>	-0,83	basique	
P	PH <sub>3</sub>	-0,87	basique	
Mn <sup>2+</sup>	Mn	-1,18		
Al <sup>3+</sup>	Al	-1,68		
H <sub>2</sub>	H <sup>-</sup>	-2,23		
Mg <sup>2+</sup>	Mg	-2,37		
Na <sup>+</sup>	Na	-2,71		
Ca <sup>2+</sup>	Ca	-2,87		
Ba <sup>2+</sup>	Ba	-2,91		
K <sup>+</sup>	K	-2,93		
Li <sup>+</sup>	Li	-3,04		

force réductrice

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

**Tableau de quelques indicateurs acido-basiques**

nom	domaine (pH) de virage de couleur	pK <sub>a</sub>
rouge de crésol (1 <sup>er</sup> virage)	 0,2 1,8 rouge jaune-orange	1,0
bleu de thymol (1 <sup>er</sup> 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 <sup>e</sup> virage)	 7,0 8,8 jaune-orange pourpre	8,3
bleu de thymol (2 <sup>e</sup> 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

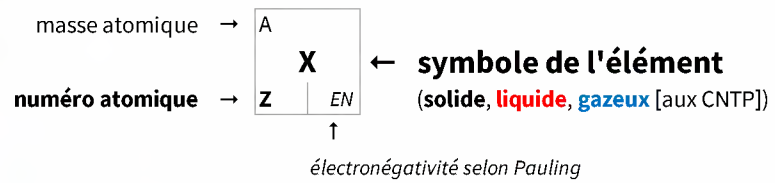
**Tableau des  $pK_a$** 

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

<b>acides forts</b> (plus forts que $H_3O^+$ )		<b>bases de force négligeable</b>		<b><math>pK_a</math></b>
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	$CH_2ICOOH$	$CH_2ICOO^-$	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	$\text{NH}_3\text{OH}^+$	$\text{NH}_2\text{OH}$	hydroxylamine	6,00
dioxyde de carbone (aq)	$\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$	$\text{HCO}_3^-$	an. hydrogénocarbonate	6,12
ac. sulfhydrique	$\text{H}_2\text{S}$	$\text{HS}^-$	an. hydrogénosulfure	7,04
an. hydrogénosulfite	$\text{HSO}_3^-$	$\text{SO}_3^{2-}$	an. sulfite	7,20
an. dihydrogénophosphate	$\text{H}_2\text{PO}_4^-$	$\text{HPO}_4^{2-}$	an. hydrogénophosphate	7,21
ac. hypochloreux	$\text{HClO}$	$\text{ClO}^-$	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	$\text{NH}_4^+$	$\text{NH}_3$	ammoniac	9,20
ac. borique	$\text{H}_3\text{BO}_3$	$\text{H}_2\text{BO}_3^-$	an. dihydrogénoborate	9,23
ac. hypobromeux	$\text{HBrO}$	$\text{BrO}^-$	an. hypobromite	9,24
ac. cyanhydrique	$\text{HCN}$	$\text{CN}^-$	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	$\text{HCO}_3^-$	$\text{CO}_3^{2-}$	an. carbonate	10,25
ac. hypoiodeux	$\text{HIO}$	$\text{IO}^-$	an. hypoiodite	10,64
cat. méthanammonium	$\text{CH}_3\text{NH}_3^+$	$\text{CH}_3\text{NH}_2$	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	$\text{HPO}_4^{2-}$	$\text{PO}_4^{3-}$	an. phosphate	12,32
an. hydrogénosulfure	$\text{HS}^-$	$\text{S}^{2-}$	an. sulfure	12,90
eau	$\text{H}_2\text{O}$	$\text{OH}^-$	anion hydroxyde	15,74
<b>acides de force négligeable</b> $\text{OH}^-$ , $\text{NH}_3$ , alcool ROH	<b>bases fortes</b> (plus fortes que $\text{OH}^-$ ) $\text{O}^{2-}$ , $\text{NH}_2^-$ , anion alcoolate $\text{RO}^-$			<b>pK<sub>a</sub></b>

		I		II														III	IV	V	VI	VII	VIII															
		1		2														13	14	15	16	17	18															
1	1.0	H																						4.0														
	1	2.1																						2														
2	6.9	Li		Be														10.8	12.0	14.0	16.0	19.0	20.2															
	3	1.0		4		1.5														5	2.0	6	2.5	7	3.0	8	3.5	9	4.0	10								
3	23.0	Na		Mg														27.0	28.1	31.0	32.1	35.5	39.9															
	11	0.9		12		1.2		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	1.5	14	1.8	15	2.1	16	2.5	17	3.0	18										
4	39.1	K		Ca		Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr																	
	19	0.8		20		1.0		21	1.3	22	1.5	23	1.6	24	1.6	25	1.5	26	1.8	27	1.8	28	1.8	29	1.9	30	1.6	31	1.6	32	1.8	33	2.0	34	2.4	35	2.8	36
5	85.5	Rb		Sr		Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe																	
	37	0.8		38		1.0		39	1.3	40	1.4	41	1.6	42	1.8	43	1.9	44	2.2	45	2.2	46	2.2	47	1.9	48	1.7	49	1.7	50	1.8	51	1.9	52	2.1	53	2.5	54
6	132.9	Cs		Ba		Lu	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn																	
	55	0.7		56		0.9		71	1.2	72	1.3	73	1.5	74	1.7	75	1.9	76	2.2	77	2.2	78	2.2	79	1.9	80	1.9	81	1.8	82	1.8	83	1.9	84	2.0	85	2.2	86
7	(223)	Fr		Ra		Lr	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg	Cn	Nh	Fl	Mc	Lv	Ts	Og																	
	87	0.7		88		0.9		103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118															



138.9	140.1	140.9	144.2	(145)	150.4	152,0	157.3	158.9	162.5	164.9	167.3	168.9	173,0
La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb
57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
227,0	232,0	231,0	238,0	237,0	(244)	(243)	(247)	(247)	(251)	(252)	(257)	(258)	(259)
Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No
89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102

métaux

métaux de transition

semi-métaux (métalloïdes)

non-métaux

lanthanides et actinides

non classés

hachuré: éléments synthétiques (artificiels)