

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

<i>Date :</i>	08.06.23	<i>Durée :</i>	8:15 - 10:45	<i>Numéro candidat :</i>	
<i>Discipline :</i>	Chimie	<i>Section(s) :</i>	GSN		

Remarque générale : il n'y a qu'une seule réponse correcte pour les questions à choix multiples.
(multiple choice questions)

I. Réactions acide-base (6 + 5 + 5 = 16 points)

Question 1: Solutions de sels (3 + 3 = 6 points)

- a) Le dihydrogénophosphate de magnésium est dissous dans l'eau. Donnez l'équation de la dissolution du sel dans l'eau. Déterminez ensuite le caractère acido-basique de la solution. Justifiez votre réponse en détail et indiquez toute équation de protolyse pertinente. (3)

A full-page view of a blank sheet of graph paper. The grid consists of thin, light gray horizontal and vertical lines forming small squares across the entire page. There are no margins, text, or other markings on the paper.

- b) Vous devez préparer par dilution 250 mL d'une solution de carbonate d'ammonium ayant une concentration molaire de $c = 0,020 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$. Vous avez à votre disposition une solution concentrée de carbonate d'ammonium ($\omega = 6,0 \%$; $\rho_{\text{sol}} = 1,04 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$). Quel volume de solution concentrée devez-vous prélever ? (3)

[illegible]

[illegible]

Question 2: Acide sorbique et sorbate de potassium (3 + 2 = 5 points)

L'acide sorbique (C_5H_7COOH) est un acide faible avec $pK_A = 4,76$. L'acide sorbique est utilisé sous la dénomination E 200 comme agent de conservation pour différents aliments tels que le pain, le fromage ou la margarine.

La base correspondante de l'acide sorbique est appelée sorbate. Le sorbate de potassium (E 202) est également utilisé comme conservateur.

- a) À 80 mL d'une solution d'acide sorbique ($c = 0,25 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$), on ajoute 0,003 mol d'hydroxyde de calcium. Formulez l'équation de la réaction et calculez le pH de la solution résultante. (3)

- b) Quel volume de solution de sorbate de potassium ($\gamma(\text{C}_5\text{H}_7\text{COOK}) = 15 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$) doit être ajouté à 0,020 mol d'acide sorbique pour obtenir un mélange avec un pH de 4,76 ? (2)

A full-page view of a blank sheet of graph paper. The grid consists of thin, light gray horizontal and vertical lines forming small squares across the entire page. There are no margins, text, or other markings on the paper.

Question 3: Titration (1 + 1 + 3 = 5 points)

Lors du titrage de 20,0 mL d'une solution inconnue de sel de sodium avec de l'acide chlorhydrique 0,100 M, le point d'équivalence est atteint après l'ajout de 24,4 mL d'acide chlorhydrique. Le pH au point de demi-équivalence est de 9,40.

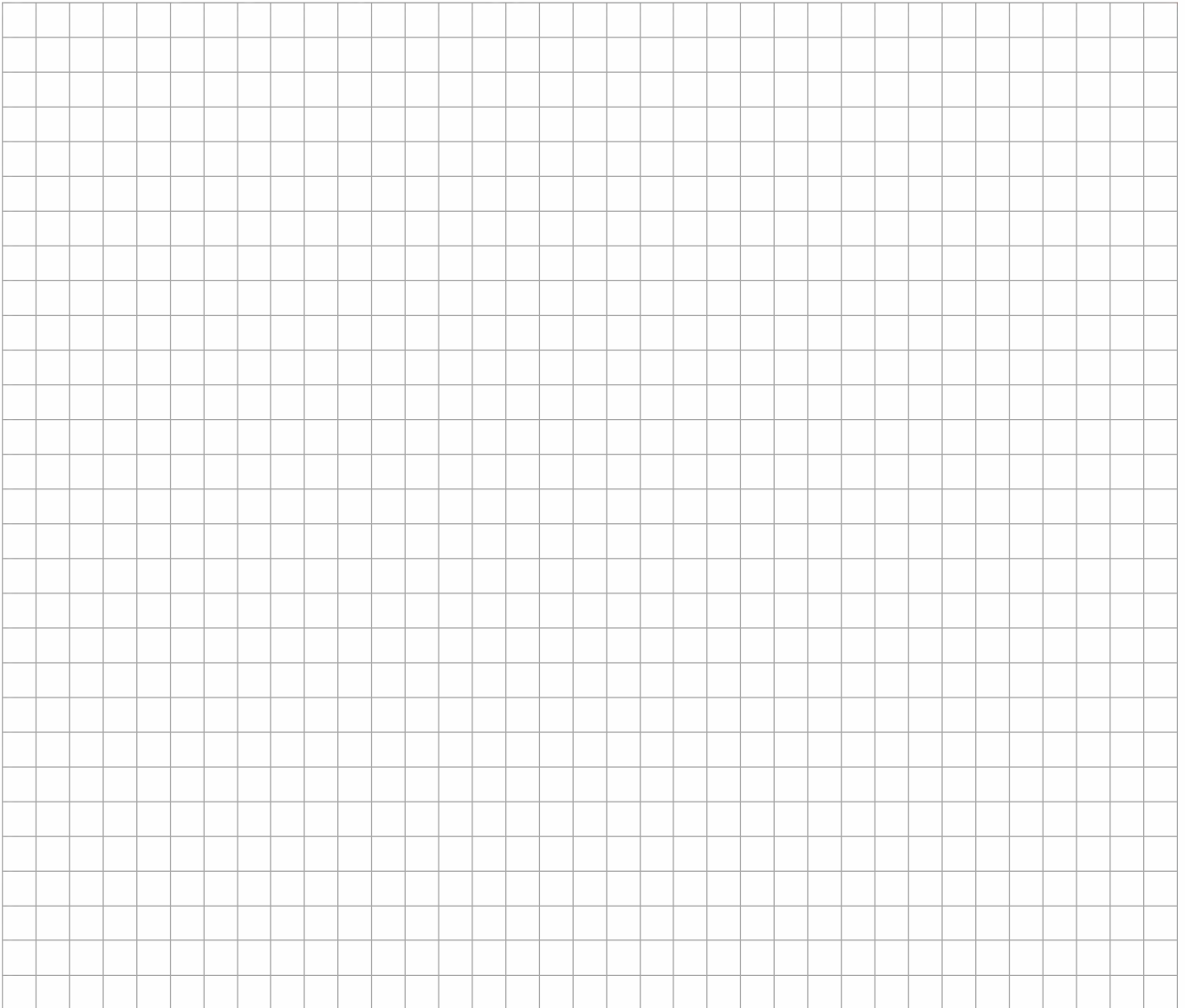
- a) Identifiez l'anion du sel, sachant qu'il s'agit d'une base faible du tableau ci-joint. Justifiez brièvement votre réponse. (1)

[illegible]

- b) Calculez la concentration molaire de la base faible avant le titrage. (1)

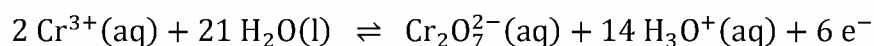
[illegible]

c) Calculez le pH au point d'équivalence. (3)

A large grid of graph paper, consisting of 20 columns and 20 rows of small squares, intended for the student to perform calculations.

Question 5: Questions à choix multiple (1 + 1 + 1 + 1 = 4 points)

a) L'équation partielle suivante a un potentiel standard de 1,33 V :



Quel est le nombre d'oxydation du chrome dans $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$? (1)

- ☐ A +III
- ☐ B +VI
- ☐ C +VII
- ☐ D +VIII

b) Quelle affirmation concernant l'élément de Daniell est *correcte*? (1)

- ☐ A Le zinc métallique est oxydé.
- ☐ B L'électrode de cuivre correspond au pôle négatif.
- ☐ C L'électrode de cuivre se dissout lentement.
- ☐ D Les électrons circulent via un conducteur de l'électrode de cuivre vers l'électrode de zinc

c) Quelle affirmation concernant l'électrolyse de l'iodure de zinc est *fausse* ? (1)

- ☐ A Les ions iodure sont oxydés à l'anode.
- ☐ B L'anode correspond au pôle positif.
- ☐ C Au niveau de la cathode, le liquide prend une couleur brune/jaune.
- ☐ D Les cations de zinc se déplacent dans la solution vers la cathode.

d) Pile à combustible oxygène-hydrogène à électrolyte acide et à électrolyte basique.

Quelle affirmation est *fausse* ? (1)

Indépendamment du fait qu'il s'agisse d'une pile à combustible à électrolyte acide ou basique,

- ☐ A Le dioxygène est réduit à la cathode.
- ☐ B L'eau se forme comme produit au pôle positif.
- ☐ C La tension est de 1,23 V.
- ☐ D Le dihydrogène est oxydé au pôle négatif.

- ii. Oxydation du produit principal de i. avec de l'oxyde de cuivre (II). Indiquez les 4 nombres d'oxydation pertinents. (2)

- d) Une autre phéromone utilisée comme phéromone d'alarme par certaines espèces de fourmis est l'hexan-3-ol. L'élimination de l'hexan-3-ol en présence d'un acide peut donner naissance à 4 alcènes différents et isomères (isomères de constitution et de configuration). Dessinez la formule squelettique des 4 isomères possibles. (2)

[illegible]

Question 7: Le Protocole de Montréal (2 + 4 + 10 = 16 points)

Le Protocole de Montréal est un accord international sur l'environnement qui régleme les substances (principalement les halogénoalcanes) qui détruisent la couche d'ozone. C'est le premier accord de l'histoire des Nations unies à être signé par tous les membres et il est considéré comme "peut-être l'accord international le plus réussi de tous les temps".

- a) L'une des substances réglementées par le Protocole de Montréal est le réfrigérant dichlorodifluoroéthane, dont il existe 4 isomères de constitution. Dessinez les 4 isomères de constitution à l'aide de la formule de constitution semi-développée. (2)

[illegible]

b) Le 1-bromo-2-fluoroéthane est également réglementé.

- i. Le 1-bromo-2-fluoroéthane peut être produit par la réaction du fluoroéthane avec le dibrome sous l'influence de la lumière. Formulez l'équation globale correspondante à l'aide des formules moléculaires. (1)

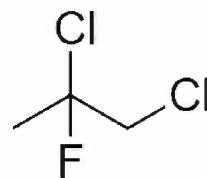
[illegible]

- ii. Formulez, à l'aide de formules de structure, les deux équations de la réaction en chaîne du mécanisme de la réaction du fluoroéthane avec le dibrome, qui conduisent au 1-bromo-2-fluoroéthane comme produit. (2)

- iii. Formulez, à l'aide de formules de structure, la réaction de terminaison de chaîne qui conduit à un difluoroalcane. (1)

[illegible]

c) Une autre molécule fortement contrainte par le protocole est représentée à droite.



i. Nommez la molécule selon l' UICPA (angl. IUPAC). (0,5)

[illegible]

ii. Dessinez l'énantiomère (S) de la molécule en utilisant la représentation de *CRAM*. Justifiez votre réponse en indiquant les priorités selon CIP et en marquant l'atome C asymétrique. (1,5)

[illegible]

iii. La molécule peut être produite par la réaction du 2-fluoroprop-1-ène avec le dichlore. Formulez le mécanisme réactionnel détaillé, accompagné d'explications textuelles. (4,5)

This image shows a full page of blank graph paper. The grid consists of thin, light gray horizontal and vertical lines that intersect to form a uniform pattern of small squares across the entire surface. There are no margins, text, or other markings on the paper.



- iv. Quelle molécule réagit le plus rapidement avec le dichlore : le 2-fluoroprop-1-ène ou le 2-méthylbut-2-ène ? Justifiez votre réponse en dessinant les deux molécules à l'aide de la formule de constitution squelettique et en expliquant en détail l'influence des effets inductifs. (3,5)



Question 9: Réaction de saponification (4,5 points)

Formulez le mécanisme complet (à l'aide des formules semi-développées) de la décomposition alcaline de l'ester hexanoate de méthyle et nommez chaque étape. Il n'est pas nécessaire de nommer les substances. Vous pouvez utiliser R- pour abrégé une partie de l'ester. (4,5)



This image shows a full page of blank graph paper. The grid consists of thin, light gray horizontal and vertical lines that intersect to form small squares across the entire surface. There are no margins, text, or other markings on the paper.

Liste avec des indicateurs colorés

indicateur coloré	forme acide	zone de virage	forme basique	pK _a (HIn)
bleu de thymol	rouge	1,2 – 2,8	jaune	1,7
orange de méthyle	orange	3,1 – 4,4	jaune	3,4
vert de bromocrésol	jaune	3,8 – 5,4	bleu	4,7
rouge de méthyle	rouge	4,2 – 6,3	jaune	5,0
bleu de bromothymol	jaune	6,0 – 7,7	bleu	7,1
bleu de thymol	jaune	8,0 – 9,6	bleu	8,9
phénolphthaléine	incolore	8,2 – 10	rouge	9,4
thymolphthaléine	incolore	9,3 – 10,5	bleu	10,0
jaune d'alizarine R	jaune	10,1 – 12,1	rouge	11,2

Formules pour le calcul du pH

Acides forts HA

$$\text{pH} = -\log[\text{H}_3\text{O}^+] = -\log[\text{HA}]_0$$

Acides faibles HA

$$\text{pH} = \frac{1}{2} (\text{pK}_\text{A} - \log[\text{HA}]_0)$$

Bases fortes A⁻

$$\text{pOH} = -\log[\text{OH}^-] = -\log[\text{A}^-]_0$$

$$\text{pH} = 14 - \text{pOH} = 14 + \log[\text{A}^-]_0$$

Bases faibles A⁻

$$\text{pOH} = \frac{1}{2} (\text{pK}_\text{B} - \log[\text{A}^-]_0)$$

$$\text{pH} = 14 - \text{pOH} = 14 - \frac{1}{2} (\text{pK}_\text{B} - \log[\text{A}^-]_0)$$

Solutions tampon

$$\text{pH} = \text{pK}_\text{A} + \log \frac{[\text{A}^-]}{[\text{HA}]} = \text{pK}_\text{A} + \log \frac{n(\text{A}^-)}{n(\text{HA})}$$

Table avec les pK_A et pK_B en solution aqueuse à 25 °C

pK_A	acide		base correspondante		pK_B
Protolyse complète	acide perchlorique	HClO_4	ClO_4^-	ion perchlorate	Aucune protolyse
	acide iodhydrique	HI	I^-	ion iodure	
	acide bromhydrique	HBr	Br^-	ion bromure	
	acide chlorhydrique	HCl	Cl^-	ion chlorure	
	acide sulfurique	H_2SO_4	HSO_4^-	ion hydrogénosulfate	
	acide nitrique	HNO_3	NO_3^-	ion nitrate	
	ion oxonium	H_3O^+	H_2O	eau	
1,42	acide oxalique	$\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$	HC_2O_4^-	ion hydrogénéooxalate	12,58
1,92	ion hydrogénosulfate	HSO_4^-	SO_4^{2-}	ion sulfate	12,08
2,13	acide phosphorique	H_3PO_4	H_2PO_4^-	ion dihydrogénophosphate	11,87
2,22	ion hexaaqua fer(III)	$[\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$	$[\text{Fe}(\text{OH})(\text{H}_2\text{O})_5]^{2+}$	ion pentaaqua hydroxo fer(III)	11,78
3,14	acide fluorhydrique	HF	F^-	ion fluorure	10,86
3,35	acide nitreux	HNO_2	NO_2^-	ion nitrite	10,65
3,75	acide formique (acide méthanoïque)	HCOOH	HCOO^-	ion méthanoate (formiate)	10,25
4,75	acide acétique (acide éthanoïque)	CH_3COOH	CH_3COO^-	ion éthanoate (acétate)	9,25
4,85	ion hexaaqua aluminium	$[\text{Al}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$	$[\text{Al}(\text{OH})(\text{H}_2\text{O})_5]^{2+}$	ion pentaaqua hydroxo aluminium	9,15
6,52	acide carbonique	H_2CO_3	HCO_3^-	ion hydrogénocarbonate	7,48
6,92	acide sulfhydrique sulfure d'hydrogène	H_2S	HS^-	ion hydrogénosulfure	7,08
7,00	ion hydrogénosulfite	HSO_3^-	SO_3^{2-}	ion sulfite	7,00
7,20	ion dihydrogénophosphate	H_2PO_4^-	HPO_4^{2-}	ion hydrogénophosphate	6,80
9,25	ion ammonium	NH_4^+	NH_3	ammoniaque	4,75
9,40	acide cyanhydrique cyanure d'hydrogène	HCN	CN^-	ion cyanure	4,60
10,40	ion hydrogénocarbonate	HCO_3^-	CO_3^{2-}	ion carbonate	3,60
11,62	peroxyde d'hydrogène	H_2O_2	HO_2^-	ion peroxyde d'hydrogène	3,38
12,36	ion hydrogénophosphate	HPO_4^{2-}	PO_4^{3-}	ion phosphate	1,64
13,00	ion hydrogénosulfure	HS^-	S^{2-}	ion sulfure	1,00
	eau	H_2O	OH^-	ion hydroxyde	
Aucune protolyse	éthanol	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{O}^-$	ion éthanolate	Protolyse complète
	méthanol	CH_3OH	CH_3O^-	ion méthanolate	
	ammoniaque	NH_3	NH_2^-	ion amide	
	ion hydroxyde	OH^-	O^{2-}	ion oxyde	
	hydrogène	H_2	H^-	ion hydrure	

Potentiels standard à 25 °C

Red	⇌ Ox + n e ⁻	E° / V
2 F ⁻ (aq)	⇌ F ₂ (g) + 2 e ⁻	+2,87
2 SO ₄ ²⁻ (aq)	⇌ S ₂ O ₈ ²⁻ (aq) + 2 e ⁻	+2,00
4 H ₂ O(l)	⇌ H ₂ O ₂ (aq) + 2 H ₃ O ⁺ (aq) + 2 e ⁻	+1,78
PbSO ₄ (s) + 5 H ₂ O(l)	⇌ PbO ₂ (s) + HSO ₄ ⁻ (aq) + 3 H ₃ O ⁺ (aq) + 2 e ⁻	+1,69
MnO ₂ (s) + 6 H ₂ O(l)	⇌ MnO ₄ ⁻ (aq) + 4 H ₃ O ⁺ (aq) + 3 e ⁻	+1,68
Mn ²⁺ (aq) + 12 H ₂ O(l)	⇌ MnO ₄ ⁻ (aq) + 8 H ₃ O ⁺ (aq) + 5 e ⁻	+1,49
Pb ²⁺ (aq) + 6 H ₂ O(l)	⇌ PbO ₂ (s) + 4 H ₃ O ⁺ (aq) + 2 e ⁻	+1,46
Au(s)	⇌ Au ³⁺ (aq) + 3 e ⁻	+1,42
2 Cl ⁻ (aq)	⇌ Cl ₂ (g) + 2 e ⁻	+1,36
2 Cr ³⁺ (aq) + 21 H ₂ O(l)	⇌ Cr ₂ O ₇ ²⁻ (aq) + 14 H ₃ O ⁺ (aq) + 6 e ⁻	+1,33
6 H ₂ O(l)	⇌ O ₂ (g) + 4 H ₃ O ⁺ (aq) + 4 e ⁻	+1,23
Mn ²⁺ (aq) + 6 H ₂ O(l)	⇌ MnO ₂ (s) + 4 H ₃ O ⁺ (aq) + 2 e ⁻	+1,21
Pt(s)	⇌ Pt ²⁺ (aq) + 2 e ⁻	+1,20
I ₂ (s) + 18 H ₂ O(l)	⇌ 2 IO ₃ ⁻ (aq) + 12 H ₃ O ⁺ (aq) + 10 e ⁻	+1,20
2 Br ⁻ (aq)	⇌ Br ₂ (aq) + 2 e ⁻	+1,07
NO(g) + 6 H ₂ O(l)	⇌ NO ₃ ⁻ (aq) + 4 H ₃ O ⁺ (aq) + 3 e ⁻	+0,96
Hg(l)	⇌ Hg ₂ ²⁺ (aq) + 2 e ⁻	+0,85
Ag(s)	⇌ Ag ⁺ (aq) + e ⁻	+0,80
2 Hg(l)	⇌ Hg ₂ ²⁺ (aq) + 2 e ⁻	+0,80
Fe ²⁺ (aq)	⇌ Fe ³⁺ (aq) + e ⁻	+0,77
H ₂ O ₂ (aq) + 2 H ₂ O(l)	⇌ O ₂ (g) + 2 H ₃ O ⁺ (aq) + 2 e ⁻	+0,68
MnO ₂ (s) + 4 OH ⁻ (aq)	⇌ MnO ₄ ⁻ (aq) + 2 H ₂ O(l) + 3 e ⁻	+0,59
2 I ⁻ (aq)	⇌ I ₂ (s) + 2 e ⁻	+0,54
Cu(s)	⇌ Cu ⁺ (aq) + e ⁻	+0,52
Cl ₂ (g) + 4 OH ⁻ (aq)	⇌ 2 OCl ⁻ (aq) + 2 H ₂ O(l) + 2 e ⁻	+0,42
4 OH ⁻ (aq)	⇌ O ₂ (g) + 2 H ₂ O(l) + 4 e ⁻	+0,40
2 Ag(s) + 2 OH ⁻ (aq)	⇌ Ag ₂ O(s) + H ₂ O(l) + 2 e ⁻	+0,34
Cu(s)	⇌ Cu ²⁺ (aq) + 2 e ⁻	+0,34
2 Hg(l) + 2 Cl ⁻ (aq)	⇌ Hg ₂ Cl ₂ (s) + 2 e ⁻	+0,27
Ag(s) + Cl ⁻ (aq)	⇌ AgCl(s) + e ⁻	+0,22
H ₂ SO ₃ (aq) + 5 H ₂ O(l)	⇌ SO ₄ ²⁻ (aq) + 4 H ₃ O ⁺ (aq) + 2 e ⁻	+0,20
Cu ⁺ (aq)	⇌ Cu ²⁺ (aq) + e ⁻	+0,16
H ₂ S(g) + 2 H ₂ O(l)	⇌ S(s) + 2 H ₃ O ⁺ (aq) + 2 e ⁻	+0,14
Ag(s) + Br ⁻ (aq)	⇌ AgBr(s) + e ⁻	+0,07
H ₂ (g) + 2 H ₂ O(l)	⇌ 2 H ₃ O ⁺ (aq) + 2 e ⁻	+0,00
Fe(s)	⇌ Fe ³⁺ (aq) + 3 e ⁻	-0,04
Pb(s)	⇌ Pb ²⁺ (aq) + 2 e ⁻	-0,13
Sn(s)	⇌ Sn ²⁺ (aq) + 2 e ⁻	-0,14
H ₂ O ₂ (aq) + 2 OH ⁻ (aq)	⇌ O ₂ (g) + 2 H ₂ O(l) + 2 e ⁻	-0,15
Ag(s) + I ⁻ (aq)	⇌ AgI(s) + e ⁻	-0,15
Ni(s)	⇌ Ni ²⁺ (aq) + 2 e ⁻	-0,23
Pb(s) + SO ₄ ²⁻ (aq)	⇌ PbSO ₄ (s) + 2 e ⁻	-0,36
Cd(s)	⇌ Cd ²⁺ (aq) + 2 e ⁻	-0,40
Fe(s)	⇌ Fe ²⁺ (aq) + 2 e ⁻	-0,41
Zn(s)	⇌ Zn ²⁺ (aq) + 2 e ⁻	-0,76
H ₂ (g) + 2 OH ⁻ (aq)	⇌ 2 H ₂ O(l) + 2 e ⁻	-0,83
SO ₃ ²⁻ (aq) + 2 OH ⁻ (aq)	⇌ SO ₄ ²⁻ (aq) + H ₂ O(l) + 2 e ⁻	-0,92
N ₂ H ₄ (aq) + 4 OH ⁻ (aq)	⇌ N ₂ (g) + 4 H ₂ O(l) + 4 e ⁻	-1,16
Al(s)	⇌ Al ³⁺ (aq) + 3 e ⁻	-1,66
Mg(s)	⇌ Mg ²⁺ (aq) + 2 e ⁻	-2,38
Na(s)	⇌ Na ⁺ (aq) + e ⁻	-2,71
Ca(s)	⇌ Ca ²⁺ (aq) + 2 e ⁻	-2,76
Ba(s)	⇌ Ba ²⁺ (aq) + 2 e ⁻	-2,90
K(s)	⇌ K ⁺ (aq) + e ⁻	-2,92
Li(s)	⇌ Li ⁺ (aq) + e ⁻	-3,02

Tableau périodique des éléments chimiques

1	I A															VIII A	2
H																	He
1,0079	II A											III A	IV A	V A	VI A	VII A	4,0026
3	4											5	6	7	8	9	10
Li	Be											B	C	N	O	F	Ne
6,941	9,01218											10,81	12,011	14,0067	15,9994	18,9984	20,179
11	12											13	14	15	16	17	18
Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar
22,98977	24,305	III B	IV B	V B	VI B	VII B	VIII B	VIII B	VIII B	I B	II B	26,98154	28,086	30,97376	32,06	35,453	39,948
19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
39,098	40,08	44,9559	47,9	50,9414	51,996	54,938	55,847	58,9332	58,71	63,546	65,38	69,72	72,59	74,9216	78,96	79,904	83,8
37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
85,4578	87,62	88,9059	91,22	92,9064	95,94	98,9062	101,07	102,9055	106,4	107,868	112,4	114,82	118,69	121,75	127,6	126,9045	131,3
55	56	57	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86
Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
132,9054	137,34	138,9055	178,49	180,9479	183,85	186,2	190,2	192,22	195,09	196,9665	200,59	204,37	207,2	208,9804	209	210	222
87	88	89	104	105	106	107	108	109									
Fr	Ra	Ac	§	§	§	§	§	§									
223	226,0254	227,03	261	262	263	262	265	267									
				58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71
				Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
				140,12	140,9077	144,24	145	150,4	151,96	157,25	158,9254	162,5	164,9304	197,26	168,9342	173,04	174,97
				90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103
				Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr
				232,0381	231,0359	238,029	237,0482	244	243	247	249	251	254	257	258	259	260

Nomenclature organique : Liste de priorité des fonctions

fonction	suffixe	préfixe
acide carboxylique	acide ...oïque	carboxy...
ester	...oate d'...yle	
aldéhyde	...al	oxo...
cétone	...one	oxo...
alcool	...ol	hydroxy...
amine	...amine	amino...
alcène	...ène	
halogène	/	halogéno...