

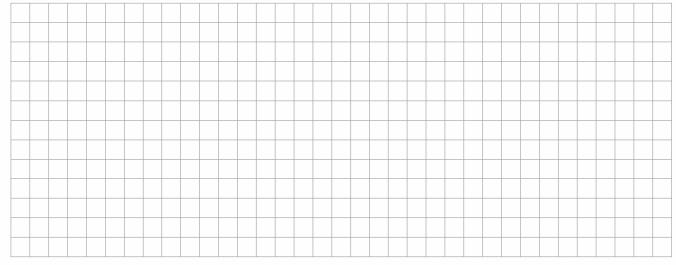
Remarque générale : il n'y a qu'une seule réponse correcte pour les questions à choix multiples.

(multiple choice questions)

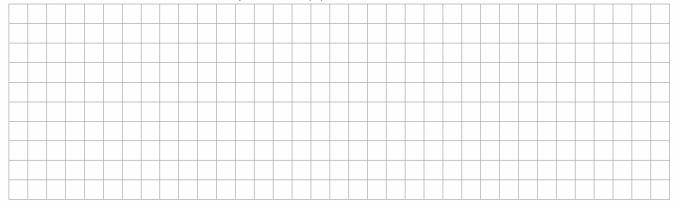
I. Réactions acide-base (6 + 5 + 5 = 16 points)

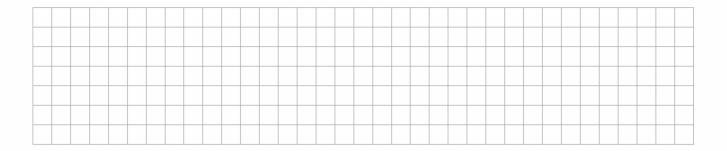
Question 1: Solutions de sels (3 + 3 = 6 points)

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)



b) Vous devez préparer par dilution 250 mL d'une solution de carbonate d'ammonium ayant une concentration molaire de $c=0.020~{\rm mol\cdot L^{-1}}$. Vous avez à votre disposition une solution concentrée de carbonate d'ammonium ($\omega=6.0~\%$; $\rho_{\rm sol}=1.04~{\rm g\cdot cm^{-3}}$). Quel volume de solution concentrée devez-vous prélever ? (3)





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

L'acide sorbique (C_5H_7COOH) est un acide faible avec p $K_A=4,76$. 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 ($c=0.25~{
m mol}\cdot{
m L}^{-1}$), 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 ($\gamma(C_5H_7COOK)=15~g\cdot L^{-1}$) doit être ajouté à 0,020 mol d'acide sorbique pour obtenir un mélange avec un pH de 4,76 ? (2)



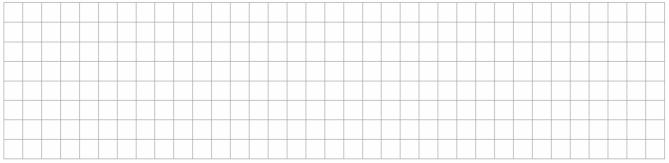
Question 3: Titrage (1 + 1 + 3 = 5 points)

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)



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



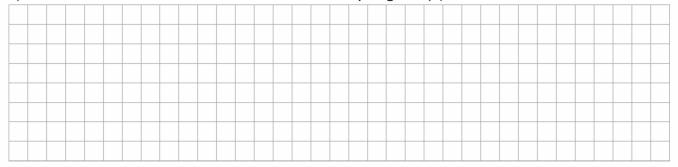
c) Calculez le pH au point d'équivalence. (3)



II. Réactions redox et électrochimie (5 + 4 = 9 points)

Question 4: Électrode standard à hydrogène standard et prédiction des réactions (2 + 3 = 5 points)

a) Décrivez la structure d'une électrode standard à hydrogène. (2)



- b) Lors d'une expérience, une feuille de cuivre est plongée dans une solution d'acide nitrique. Une réaction spontanée se produit-elle ?
 - Justifiez votre réponse en détail en indiquant d'abord toutes les particules présentes dans le mélange et en énumérant tous les couples redox possibles par potentiel standard décroissant. Expliquez ensuite, à l'aide de la série des potentiels électrochimiques, dans quelle mesure une réaction spontanée a lieu. Dans le cas d'une réaction spontanée, formulez les équations partielles pour l'oxydation et la réduction ainsi que l'équation globale. (3)



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

a١	L'équation	partielle suivante a	ııın	notentiel	standard	de 1	33 1	v·
a į	Lequation	partielle sulvante a	ull	potentier	stanuaru	ac T	, , , , ,	v.

$$2 \operatorname{Cr}^{3+}(aq) + 21 \operatorname{H}_2 O(l) \rightleftharpoons \operatorname{Cr}_2 O_7^{2-}(aq) + 14 \operatorname{H}_3 O^+(aq) + 6 \operatorname{e}^-$$

Quel est le nombre d'oxydation du chrome dans $Cr_2O_7^{2-}$? (1)

- A +III
- \square 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.
 - 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,

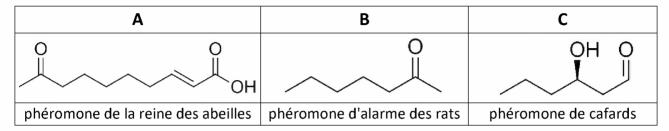
- A Le dioxygène est réduit à la cathode.
- **B** L'eau se forme comme produit au pôle positif.
- C La tension est de 1,23 V.
- **D** Le dihydrogène est oxydé au pôle négatif.

III. Chimie organique (10 + 16 + 4,5 + 4,5 = 35 points)

Question 6: phéromones (3 + 2 + 3 + 2 = 10 points)

Les phéromones sont des neurotransmetteurs libérés par les êtres vivants pour communiquer avec leurs congénères. Les phéromones contrôlent de nombreux phénomènes différents. La reine des abeilles, par exemple, émet une phéromone qui inhibe la formation des ovaires de ses ouvrières.

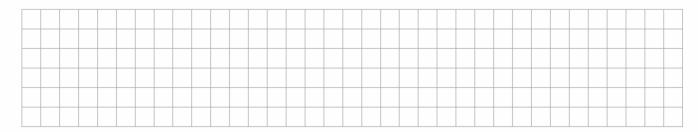
Les 3 phéromones suivantes sont prises en considération :



a) Nommez les phéromones **A** et **C** par leur nom IUPAC complet, y compris l'indication de leur configuration. (3)

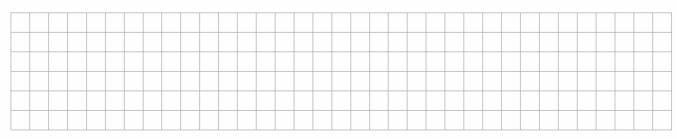


b) Pour laquelle des phéromones un miroir d'argent se forme-t-il avec le réactif de Tollens ? Justifiez votre réponse en formulant l'équation globale, à l'aide des formules de constitution squelettiques, qui se déroule alors. (2)

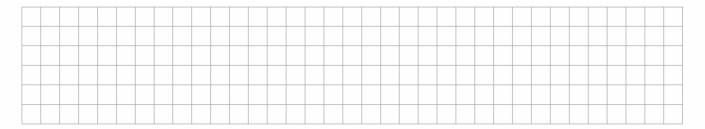


c) La phéromone **B** peut être synthétisée en deux étapes à partir de l'hept-1-ène. Formulez les équations globales correspondantes avec des formules de constitution squelettiques.

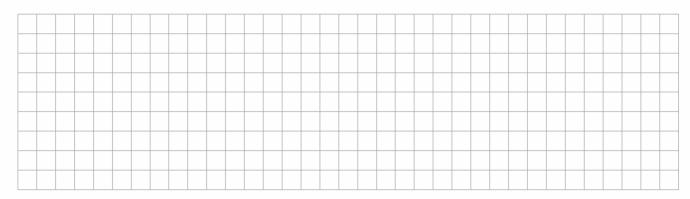
i. Addition d'eau à l'hept-1-ène (n'indiquer que le produit principal). (1)



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)



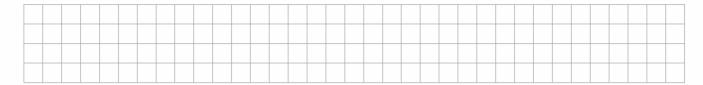
Question 7: Le Protocole de Montréal (2 + 4 + 10 = 16 points)

Le Protocole de Montréal est un accord international sur l'environnement qui réglemente 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)



- 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)



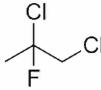
ii. Formulez, à l'aide de formules de structure, les deux équations de la réaction en chaîne du mécanisme de la réaction du fluoroéthane avec le dibrome, qui conduisent au 1-bromo-2-fluoroéthane comme produit. (2)



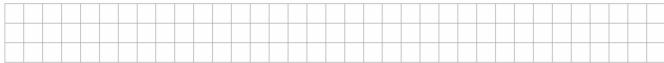
iii. Formulez, à l'aide de formules de structure, la réaction de terminaison de chaîne qui conduit à un difluoroalcane. (1)



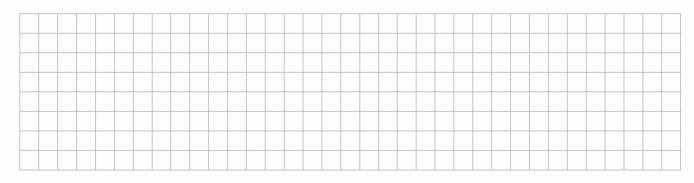
c) Une autre molécule fortement contrainte par le protocole est représentée à droite.



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



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)



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)





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)



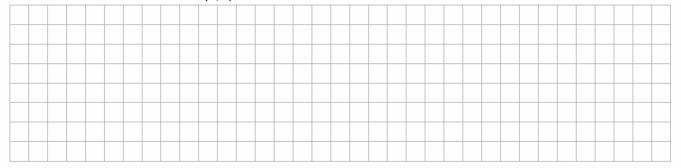
Question 8: Identification de la structure d'un ester (2 + 1,5 + 1 = 4,5 points)

Un laborantin trouve tout au fond de l'armoire une bouteille dont l'étiquette est à moitié déchirée. Il ne peut que reconnaître que le nom se termine par "ester ...oate de méthyle". En outre, il peut encore lire la formule brute $C_6H_{12}O_2$.

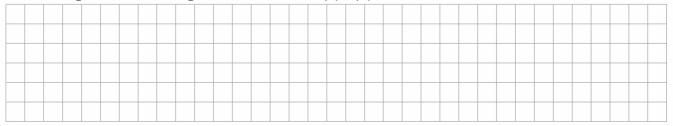
a) À l'aide de ces informations, le nombre d'isomères de constitution possibles peut être réduit à 4. Dessinez les formules de constitution semi-développées des 4 isomères de constitution qui entrent en considération. (2)



b) Par une expérience, on constate que la substance tourne le plan de la lumière polarisée vers la gauche. Expliquez de quel isomère parmi les 4 isomères de constitution il doit s'agir. Nommez l'isomère de constitution. (1,5)



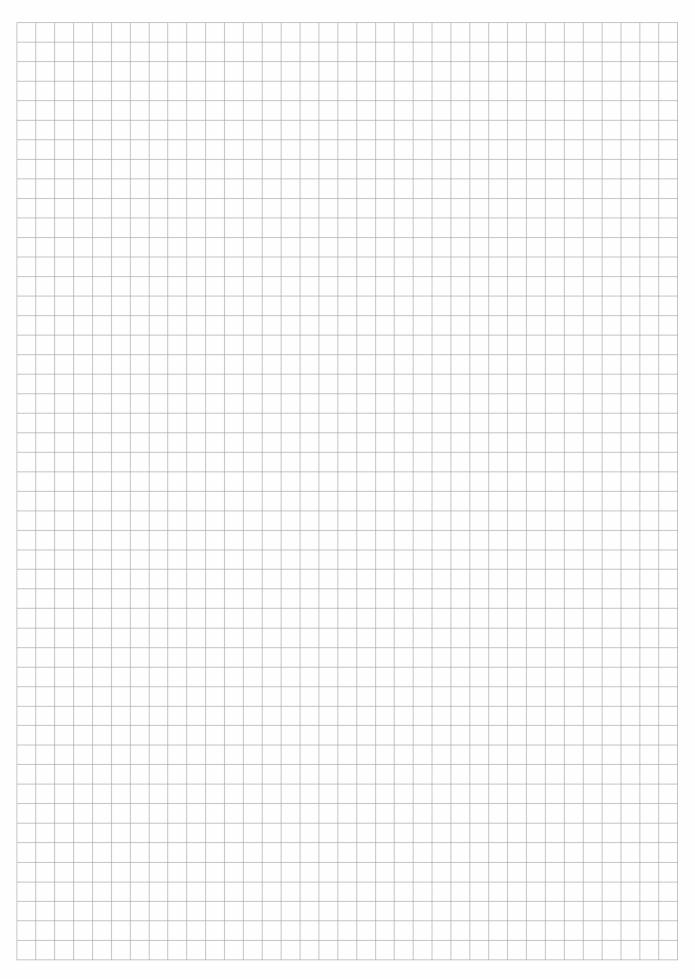
c) Commentez l'affirmation suivante du laborantin : "Puisque l'ester tourne la lumière polarisée vers la gauche, il doit s'agir de l'énantiomère (S)". (1)



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 abréger une partie de l'ester. (4,5)





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
phénolphtaléine	incolore	8,2 – 10	rouge	9,4
thymolphtaléine	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

$$pH = -log[H3O+] = -log[HA]0$$

Acides faibles HA

$$pH = \frac{1}{2} (pK_A - log[HA]_0)$$

Bases fortes A-

$$pOH = -log[OH^{-}] = -log[A^{-}]_{0}$$

 $pH = 14 - pOH = 14 + log[A^{-}]_{0}$

Bases faibles A-

$$\begin{aligned} & pOH = \frac{1}{2} \left(pK_B - log[A^-]_0 \right) \\ & pH = 14 - pOH = 14 - \frac{1}{2} \left(pK_B - log[A^-]_0 \right) \end{aligned}$$

Solutions tampon

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

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

1,92 Ion hydrogénosulfate HSO4 ⁻ SO4 ² ion sulfate 12,08 2,13 acide phosphorique H ₂ PO4 H ₂ PO4 ⁻ ion dihydrogénophosphate 11,87 3,24 ion hexaaqua fer(III) [Fe(H ₂ O) ₆] ³⁺ [Fe(OH)(H ₂ O) ₅] ²⁺ ion pentaaqua hydroxo fer(III) 11,78 3,35 acide fluorhydrique HF F ion fluorure 10,86 3,35 acide fluorhydrique (acide methanoique) HCOOH HCOO ⁻ ion méthanoate (formiate) 10,25 4,75 acide acétique (acide éthanoique) HCOOH HCOO ⁻ ion éthanoate (acétate) 9,25 4,85 ion hexaaqua aluminium [AI(H ₂ O) ₆] ³⁺ [AI(OH)(H ₂ O) ₅] ²⁺ ion pentaaqua hydroxo aluminium 9,15 6,92 acide carbonique H ₂ CO ₃ HCO ₃ ⁻ ion hydrogénocarbonate 7,48 6,92 acide sulfhydrique sulfure d'hydrogène H ₂ S HS ⁻ ion hydrogénosulfure 7,08 7,00 ion hydrogénosulfite HSO ₃ ⁻ SO ₃ ²⁻ ion sulfite 7,00 9,25 ion ammo	p <i>K</i> _A	acide		ba	рКв			
1,42 acide oxalique	P	acide perchlorique	HClO ₄	CIO ₄ -	ion perchlorate	D		
1,42 acide oxalique	otol	acide iodhydrique	HI	1-	ion iodure	ucu		
1,42 acide oxalique	lyse	acide bromhydrique	HBr	Br ⁻	ion bromure	ne p		
1,42 acide oxalique	con	acide chlorhydrique	HCl	CI-	ion chlorure	_ -		
1,42 acide oxalique	nplè	acide sulfurique	H ₂ SO ₄	HSO ₄ ⁻	ion hydrogénosulfate	olys		
1,42 acide oxalique H2C2O4 HC2O4 ⁻ ion hydrogénooxalate 12,58 1,92 ion hydrogénosulfate HSO4 ⁻ SO4 ² ion sulfate 12,08 2,13 acide phosphorique H3PO4 H2PO4 ⁻ ion dihydrogénophosphate 11,87 2,22 ion hexaaqua fer(III) [Fe(H2O)c]3 ³⁺ [Fe(OH)(H2O)c]2 ²⁺ ion pentaaqua hydroxo fer(III) 11,78 3,14 acide fluorhydrique HF F° ion fluorure 10,86 3,35 acide intreux HNO2 NO2 ⁻ ion nitrite 10,65 3,75 acide formique (acide méthanoïque) HCOOH HCOO ⁻ ion méthanoate (formiate) 10,25 4,75 acide acétique (acide méthanoïque) CH3COOH CH3COO ⁻ ion éthanoate (acétate) 9,25 4,85 ion hexaaqua aluminium [Al(H2O)c]3 ³⁺ [Al(OH)(H2O)c]3 ²⁺ ion pentaaqua hydroxo aluminium 9,15 6,92 acide sulfhydrique acide acétique (acide ethanoïque) H2CO3 HCO3 ⁻ ion hydrogénocarbonate 7,48 6,92 acide sulfhydrique acide acétique (acide exhanoïque) H2CO3 HCO3 ⁻ ion hydrogénocarbonate 7,08 7,00 ion hydrogénosulfite	te	acide nitrique	HNO ₃	NO ₃ ⁻	ion nitrate	T O		
1,92 Ion hydrogénosulfate HSO4 ⁻ SO4 ² ion sulfate 12,08 2,13 acide phosphorique H ₂ PO4 H ₂ PO4 ⁻ ion dihydrogénophosphate 11,87 3,24 ion hexaaqua fer(III) [Fe(H ₂ O) ₆] ³⁺ [Fe(OH)(H ₂ O) ₅] ²⁺ ion pentaaqua hydroxo fer(III) 11,78 3,35 acide fluorhydrique HF F ion fluorure 10,86 3,35 acide fluorhydrique (acide methanoique) HCOOH HCOO ⁻ ion méthanoate (formiate) 10,25 4,75 acide acétique (acide éthanoique) HCOOH HCOO ⁻ ion éthanoate (acétate) 9,25 4,85 ion hexaaqua aluminium [AI(H ₂ O) ₆] ³⁺ [AI(OH)(H ₂ O) ₅] ²⁺ ion pentaaqua hydroxo aluminium 9,15 6,92 acide carbonique H ₂ CO ₃ HCO ₃ ⁻ ion hydrogénocarbonate 7,48 6,92 acide sulfhydrique sulfure d'hydrogène H ₂ S HS ⁻ ion hydrogénosulfure 7,08 7,00 ion hydrogénosulfite HSO ₃ ⁻ SO ₃ ²⁻ ion sulfite 7,00 9,25 ion ammo		ion oxonium	H₃O⁺	H ₂ O	eau			
2,13 acide phosphorique H ₃ PO ₄ H ₂ PO ₄ ion dihydrogénophosphate 11,87 2,22 ion hexaaqua fer(III) [Fe(H ₂ O) ₆] ³⁺ [Fe(OH)(H ₂ O) ₅] ²⁺ ion pentaaqua hydroxo fer(III) 11,78 3,14 acide fluorhydrique HF F ⁻ ion fluorure 10,86 3,75 acide formique (acide méthanoique) HCOOH HCOO ⁻ ion méthanoate (formiate) 10,25 4,75 acide acétique (acide éthanoique) HCOOH HCOO ⁻ ion éthanoate (acétate) 9,25 4,85 ion hexaaqua aluminium [Al(H ₂ O) ₆] ³⁺ [Al(OH)(H ₂ O) ₃] ²⁺ ion pentaaqua hydroxo aluminium 9,15 6,52 acide carbonique H ₂ CO ₃ HCO ₃ ⁻ ion hydrogénocarbonate 7,48 6,92 acide sulfhydrique sulfure d'hydrogène H ₂ S HS ⁻ ion hydrogénosulfure 7,08 7,00 ion hydrogénosulfite HSO ₃ ⁻ SO ₃ ²⁻ ion sulfite 7,00 7,20 ion dihydrogénosulfite HSO ₃ ⁻ SO ₃ ²⁻ ion hydrogénophosphate 6,80 9,25	1,42	acide oxalique	H ₂ C ₂ O ₄	HC ₂ O ₄ ⁻	ion hydrogénooxalate	12,58		
2,22 ion hexaaqua fer(III) [Fe(H ₂ O) ₆] ³⁺ [Fe(OH)(H ₂ 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 acétique (acide méthanoique) HCOOH HCOO- ion méthanoate (formiate) 10,25 4,85 acide acétique (acide éthanoïque) CH ₃ COOH CH ₃ COO- ion éthanoate (acétate) 9,25 4,85 ion hexaaqua aluminium [Al(H ₂ O) ₆] ³⁺ [Al(OH)(H ₂ O) ₅] ²⁺ ion pentaaqua hydroxo aluminium 9,15 6,92 acide carbonique H ₂ CO ₃ HCO ₃ - ion hydrogénocarbonate 7,48 6,92 acide carbonique H ₂ CO ₃ HCO ₃ - ion hydrogénosulfure 7,08 7,00 ion hydrogénosulfite HSO ₃ - SO ₃ ²⁻ ion sulfite 7,00 7,00 ion dihydrogénophosphate H ₂ PO ₄ - HPO ₄ ²⁻ ion hydrogénophosphate 6,80 9,25 ion hydrogénophosphate	1,92	ion hydrogénosulfate	HSO ₄ ⁻	SO ₄ ²⁻	ion sulfate	12,08		
3,14 acide fluorhydrique HF F° ion fluorure 10,86 3,35 acide nitreux HNO2 NO2° ion nitrite 10,65 3,75 acide formique (acide méthanoique) HCOOH HCOO° ion méthanoate (formiate) 10,25 4,75 acide acétique (acide éthanoique) CH₃COOH CH₃COO° ion éthanoate (acétate) 9,25 4,85 ion hexaaqua aluminium [Al(H₂O)6]³* [Al(OH)(H₂O)5]²* ion pentaaqua hydroxo aluminium 9,15 6,52 acide carbonique H₂CO₃ HCO₃* ion hydrogénocarbonate 7,48 6,92 acide carbonique H₂CO₃ HCO₃* ion hydrogénosulfure 7,08 7,00 ton hydrogénosulfite HSO₃* SO₃²* ion sulfite 7,00 7,00 ton hydrogénosulfite HSO₃* NH₃* ammoniaque 4,75 9,25 ion ammonium NH₄* NH₃ ammoniaque 4,75 9,26 ion hydrogénosulfite HCO₃* CN° ion carbonate 4,60 9,25	2,13	acide phosphorique	H₃PO₄	H ₂ PO ₄ ⁻	ion dihydrogénophosphate	11,87		
3,35 acide nitreux	2,22	ion hexaaqua fer(III)	[Fe(H ₂ O) ₆] ³⁺	[Fe(OH)(H ₂ O) ₅] ²⁺	ion pentaaqua hydroxo fer(III)	11,78		
3,75 acide formique (acide méthanoïque) HCOOH HCOO- ion méthanoate (formiate) 10,25 4,75 acide acétique (acide éthanoïque) CH₃COOH CH₃COO- ion éthanoate (acétate) 9,25 4,85 ion hexaaqua aluminium [Al(H₂O)s]³+ [Al(OH)(H₂O)s]²+ ion pentaaqua hydroxo aluminium 9,15 6,52 acide carbonique H₂CO₃ HCO₃⁻ ion hydrogénocarbonate 7,48 6,92 acide sulfhydrique sulfure d'hydrogène H₂S HS⁻ ion hydrogénosulfure 7,08 7,00 ion hydrogénosulfite HSO₃⁻ SO₃²⁻ ion sulfite 7,00 7,20 ion dihydrogénophosphate H₂PO₄⁻ HPO₄²⁻ ion hydrogénophosphate 6,80 9,25 ion ammonium NH₄⁴ NH₃ ammoniaque 4,75 9,40 acide cyanhydrique cyanure d'hydrogène HCN CN⁻ ion cyanure 4,60 10,40 ion hydrogénocarbonate HCO₃⁻ CO₃²⁻ ion carbonate 3,60 11,62 peroxyde d'hydrogène H₂O HO₂⁻ ion per	3,14	acide fluorhydrique	HF	F ⁻	ion fluorure	10,86		
méthanoïque) 4,75 acide acétique (acide éthanoïque) 4,85 ion hexaaqua aluminium [Al(H ₂ O) ₆] ³ * [Al(OH)(H ₂ O) ₅] ² * ion pentaaqua hydroxo aluminium [Al(H ₂ O) ₆] ³ * [Al(OH)(H ₂ O) ₅] ² * ion hydrogénocarbonate 7,48 acide carbonique H ₂ CO ₃ HCO ₃ HCO ₃ HCO ₃ [Al(OH)(H ₂ O) ₅] ² * ion pentaaqua hydroxo aluminium 9,15 6,52 acide carbonique H ₂ CO ₃ HCO ₃ HCO ₃ HCO ₃ ion hydrogénocarbonate 7,48 6,92 sulfure d'hydrogène HSS SO ₃ ² ion sulfite 7,00 ion dihydrogénosulfite HSO ₃ SO ₃ ² ion sulfite 7,00 ion dihydrogénophosphate H ₂ PO ₄ HPO ₄ ² HPO ₄ ² ion hydrogénophosphate HCN CN CN ion cyanure 4,60 10,40 ion hydrogénocarbonate HCO CN CN ion cyanure 4,60 10,40 ion hydrogénocarbonate HCO CO CO CO ion carbonate 3,60 3,38 12,36 ion hydrogénophosphate HPO ₄ ² PO ₄ ion phosphate 1,64 13,00 ion hydrogénosulfure HSC S ² ion sulfure 1,00 eau H ₂ O OH ion hydroxyde Wéthanol CH ₃ CH ₂ OH CH ₃ CH ₂ OT ion méthanolate Wéthanol Méthanol CH ₃ CH ₂ OH CH ₃ CH ₂ OT ion amide ion hydroxyde ion hydroxyde Ion oxyde	3,35	acide nitreux	HNO ₂	NO ₂ -	ion nitrite	10,65		
4,75 éthanoïque) CH3COH CH3COO CH3C	3,75	T	НСООН	HCOO-	ion méthanoate (formiate)	10,25		
A,85 Ion nexaaqua aluminium A(I(H ₂ O) ₆] ⁻¹ IA(I(OH)(H ₂ O) ₅] ⁻¹ aluminium 9,15	4,75	• •	CH₃COOH	CH₃COO⁻	ion éthanoate (acétate)	9,25		
acide sulfhydrique sulfure d'hydrogène H ₂ S HS SO ₃ ²⁻ ion hydrogénosulfure 7,08 7,00 ion hydrogénosulfite HSO ₃ SO ₃ ²⁻ ion sulfite 7,00 7,20 ion dihydrogénophosphate H ₂ PO 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 ₂ O ₂ HO ₂ ion peroxyde d'hydrogène 3,38 12,36 ion hydrogénosulfure HS S ²⁻ ion sulfure 1,00 eau H ₂ O OH ion hydroxyde éthanol CH ₃ CH ₂ OH CH ₃ CH ₂ O ⁻ ion méthanolate méthanol CH ₃ OH CH ₃ O ⁻ ion méthanolate méthanol CH ₃ OH CH ₃ O ⁻ ion amide ion hydroxyde ion hydroxyde ion hydroxyde ion oxyde	4,85	ion hexaaqua aluminium	[Al(H₂O) ₆] ³⁺	[Al(OH)(H ₂ O) ₅] ²⁺		9,15		
sulfure d'hydrogène 7,00 ion hydrogénosulfite HSO3 ⁻ SO3 ²⁻ ion sulfite 7,00 7,20 ion dihydrogénophosphate H2PO4 ⁻ HPO4 ²⁻ ion hydrogénophosphate 6,80 9,25 ion ammonium NH4 ⁺ NH3 ammoniaque 4,75 9,40 acide cyanhydrique cyanure d'hydrogène HCN CN ⁻ ion cyanure 4,60 10,40 ion hydrogénocarbonate HCO3 ⁻ CO3 ²⁻ ion carbonate 3,60 11,62 peroxyde d'hydrogène H2O2 HO2 ⁻ ion peroxyde d'hydrogène 3,38 12,36 ion hydrogénosulfure HPO4 ²⁻ PO4 ³⁻ ion phosphate 1,64 13,00 ion hydrogénosulfure HS ⁻ S ²⁻ ion sulfure 1,00 eau H2O OH ⁻ ion hydroxyde éthanol CH3CH2OH CH3CH2OH CH3CH2OT ion amide ion hydroxyde ion hydroxyde ion oxyde	6,52	acide carbonique	H ₂ CO ₃	HCO ₃ -	ion hydrogénocarbonate	7,48		
7,20 ion dihydrogénophosphate H ₂ PO 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 3,60 10,40 ion hydrogénocarbonate HCO ₃ ⁻ CO ₃ ²⁻ ion carbonate 3,60 11,62 peroxyde d'hydrogène H ₂ O 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 ₂ O OH ⁻ ion hydroxyde éthanol CH ₃ CH ₂ OH CH ₃ CH ₂ O ⁻ ion éthanolate ion hydroxyde ion oxyde	6,92		H₂S	HS ⁻	ion hydrogénosulfure	7,08		
9,25 ion ammonium NH ₄ * NH ₃ ammoniaque 4,75 9,40 acide cyanhydrique cyanure d'hydrogène HCN CN ion cyanure 3,60 10,40 ion hydrogénocarbonate HCO ₃ - CO ₃ ² - ion carbonate 3,60 11,62 peroxyde d'hydrogène H ₂ O 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 ₂ O OH- ion hydroxyde éthanol CH ₃ CH ₂ OH CH ₃ CH ₂ O- ion éthanolate méthanol CH ₃ OH CH ₃ O- ion méthanolate méthanol NH ₃ NH ₂ - ion amide ion hydroxyde OH- O ² - ion oxyde	7,00	ion hydrogénosulfite	HSO ₃ ⁻	SO ₃ ²⁻	7,00			
9,40 acide cyanhydrique cyanure d'hydrogène HCN CN ion cyanure 4,60 10,40 ion hydrogénocarbonate HCO ₃ CO ₃ CO ₃ ion carbonate 3,60 11,62 peroxyde d'hydrogène H2O ₂ HO ₂ ion peroxyde d'hydrogène 3,38 12,36 ion hydrogénophosphate HPO ₄ PO ₄ PO ₄ ion hydrogénosulfure HS S ² ion sulfure 1,00 eau H ₂ O OH ion hydroxyde éthanol CH ₃ CH ₂ OH méthanol CH ₃ CH ₂ OH CH ₃ O CH ₃ O ion méthanolate méthanol méthanol CH ₃ OH	7,20	ion dihydrogénophosphate	H ₂ PO ₄ ⁻	HPO ₄ ²⁻	HPO ₄ ²⁻ ion hydrogénophosphate			
cyanure d'hydrogène 10,40 ion hydrogénocarbonate HCO3 ⁻ CO3 ²⁻ ion carbonate 3,60 11,62 peroxyde d'hydrogène H2O2 HO2 ⁻ ion peroxyde d'hydrogène 3,38 12,36 ion hydrogénophosphate HPO4 ²⁻ PO4 ³⁻ ion phosphate 1,64 13,00 ion hydrogénosulfure HS ⁻ S ²⁻ ion sulfure 1,00 eau H2O OH ⁻ ion hydroxyde éthanol CH ₃ CH ₂ OH CH ₃ CH ₂ O ion méthanolate méthanol CH ₃ OH CH ₃ O OH ⁻ ion méthanolate ion hydroxyde ion hydroxyde OH ⁻ O ²⁻ ion oxyde	9,25	ion ammonium	NH ₄ ⁺	NH ₃	ammoniaque	4,75		
11,62 peroxyde d'hydrogène H ₂ O 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 ₂ O OH ⁻ ion hydroxyde éthanol CH ₃ CH ₂ OH CH ₃ CH ₂ O ⁻ ion éthanolate méthanol CH ₃ OH CH ₃ O ⁻ ion méthanolate ammoniaque NH ₃ NH ₂ ⁻ ion amide ion hydroxyde OH ⁻ O ²⁻ ion oxyde	9,40		HCN	CN-	ion cyanure	4,60		
12,36 ion hydrogénophosphate HPO4 ²⁻ PO4 ³⁻ ion phosphate 1,64 13,00 ion hydrogénosulfure HS ⁻ S ²⁻ ion sulfure 1,00 eau H ₂ O OH ⁻ ion hydroxyde éthanol CH ₃ CH ₂ OH CH ₃ CH ₂ O ⁻ ion éthanolate méthanol CH ₃ OH CH ₃ O ⁻ ion méthanolate ammoniaque NH ₃ NH ₂ ⁻ ion amide ion hydroxyde OH ⁻ O ²⁻ ion oxyde	10,40	ion hydrogénocarbonate	HCO ₃ -	CO ₃ ²⁻	ion carbonate	3,60		
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	11,62	peroxyde d'hydrogène	H_2O_2	HO ₂ -	ion peroxyde d'hydrogène	3,38		
eau H ₂ O OH ⁻ ion hydroxyde éthanol CH ₃ CH ₂ OH CH ₃ CH ₂ O ⁻ ion éthanolate méthanol CH ₃ OH CH ₃ O ⁻ ion méthanolate ammoniaque NH ₃ NH ₂ ⁻ ion amide ion hydroxyde OH ⁻ O ²⁻ ion oxyde	12,36	ion hydrogénophosphate	HPO ₄ ²⁻	PO ₄ 3-	ion phosphate	1,64		
$\begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	13,00	ion hydrogénosulfure	HS ⁻	S ²⁻	ion sulfure	1,00		
éthanol CH ₃ CH ₂ OH CH ₃ CH ₂ O ⁻ ion éthanolate méthanol CH ₃ OH CH ₃ O ⁻ ion méthanolate méthanol NH ₃ NH ₂ ⁻ ion amide ion hydroxyde OH ⁻ O ²⁻ ion oxyde hydrogène H ₂ H ⁻ ion hydrure		eau	H₂O	OH-	ion hydroxyde			
méthanol CH ₃ OH CH ₃ O ⁻ ion méthanolate MH ₂	Ą	éthanol	CH₃CH₂OH	CH₃CH₂O⁻	ion éthanolate	Prc		
$ \begin{array}{ c c c c c c c c c c c c c c c c c c c$	ıcune	méthanol	CH₃OH	CH₃O ⁻	ion méthanolate	tolys		
ion hydroxyde OH ⁻ O ²⁻ ion oxyde Dhydrogène H ₂ H ⁻ ion hydrure	pro	ammoniaque	NH ₃	NH ₂ ⁻	ion amide)3 e cc		
ទី hydrogène H ₂ H ⁻ ion hydrure ថ្ងឺ	otoly	ion hydroxyde	OH-	O ²⁻	ion oxyde	Jmpl		
injuriosente injur	'Se	hydrogène	H ₂	H-	ion hydrure	lète		

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)	=	$S_2O_8^{2-}(aq) + 2 e^-$	+2,00
4 H ₂ O(I)	=	H ₂ O ₂ (aq) + 2 H ₃ O ⁺ (aq) + 2 e ⁻	+1,78
$PbSO_4(s) + 5 H_2O(l)$	=	$PbO_2(s) + HSO_4^-(aq) + 3 H_3O^+(aq) + 2 e^-$	+1,69
$MnO_2(s) + 6 H_2O(l)$	=	$MnO_4^-(aq) + 4 H_3O^+(aq) + 3 e^-$	+1,68
$Mn^{2+}(aq) + 12 H_2O(I)$;	$MnO_4^-(aq) + 8 H_3O^+(aq) + 5 e^-$	+1,49
$Pb^{2+}(aq) + 6 H_2O(I)$. ⇌	$PbO_2(s) + 4 H_3O^+(aq) + 2 e^-$	+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(I)	≓	$Cr_2O_7^{2-}(aq) + 14 H_3O^+(aq) + 6 e^-$	+1,33
6 H ₂ O(I)	, =	$O_2(g) + 4 H_3O^+(aq) + 4 e^-$	+1,23
$Mn^{2+}(aq) + 6 H_2O(I)$, =	$MnO_2(s) + 4 H_3O^+(aq) + 2 e^-$	+1,21
Pt(s)	=	Pt ²⁺ (aq) + 2 e ⁻	+1,20
$I_2(s) + 18 H_2O(l)$	=	$2 \log_3^-(aq) + 12 H_3O^+(aq) + 10 e^-$	+1,20
2 Br ⁻ (aq)	=	$Br_2(aq) + 2e^-$	+1,07
$NO(g) + 6 H_2O(I)$	=	$NO_3^-(aq) + 4 H_3O^+(aq) + 3 e^-$	+0,96
Hg(I)	=	Hg ²⁺ (aq) + 2 e ⁻	+0,85
Ag(s)	+	Ag $^+$ (aq) + e $^-$	+0,83
2 Hg(I)	+	$Hg_2^{2+}(aq) + 2 e^-$	+0,80
2 g(i) Fe ²⁺ (aq)	=	$Fe^{3+}(aq) + e^{-}$	
	+	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	+0,77
$H_2O_2(aq) + 2 H_2O(l)$		$O_2(g) + 2 H_3O^+(aq) + 2 e^-$	+0,68
$MnO_2(s) + 4 OH^-(aq)$	=	$MnO_4^-(aq) + 2 H_2O(1) + 3 e^-$	+0,59
2 l ⁻ (aq)	=	$l_2(s) + 2e^{-s}$	+0,54
Cu(s)	=	Cu ⁺ (aq) + e ⁻	+0,52
$Cl_2(g) + 4 OH^-(aq)$	=	2 OCI ⁻ (aq) + 2 H ₂ O(I) + 2e ⁻	+0,42
4 OH ⁻ (aq)	=	$O_2(g) + 2 H_2O(I) + 4 e^-$	+0,40
2 Ag(s) + 2 OH ⁻ (aq)	_	$Ag_2O(s) + H_2O(l) + 2 e^-$	+0,34
Cu(s)	=	Cu ²⁺ (aq) + 2 e ⁻	+0,34
2 Hg(I) + 2 Cl ⁻ (aq)	-	$Hg_2Cl_2(s) + 2 e^{-s}$	+0,27
$Ag(s) + Cl^{-}(aq)$	=	$AgCI(s) + e^{-}$	+0,22
$H_2SO_3(aq) + 5 H_2O(l)$	=	$SO_4^{2-}(aq) + 4 H_3O^+(aq) + 2 e^-$	+0,20
Cu ⁺ (aq)	=	$Cu^{2+}(aq) + e^{-}$	+0,16
$H_2S(g) + 2 H_2O(I)$	=	S(s) + 2 H3O+(aq) + 2 e-	+0,14
$Ag(s) + Br^{-}(aq)$	=	AgBr(s) + e ⁻	+0,07
$H_2(g) + 2 H_2O(l)$	=	$2 H_3O^+(aq) + 2 e^-$	+0,00
Fe(s)	=	Fe ³⁺ (aq) + 3 e ⁻	-0,04
Pb(s)	\rightleftharpoons	Pb ²⁺ (aq) + 2 e ⁻	-0,13
Sn(s)	\rightleftharpoons	Sn ²⁺ (aq) + 2 e ⁻	-0,14
$H_2O_2(aq) + 2 OH^-(aq)$	\rightleftharpoons	$O_2(g) + 2 H_2O(I) + 2 e^-$	-0,15
Ag(s) + I ⁻ (aq)	\rightleftharpoons	$AgI(s) + e^{-}$	-0,15
Ni(s)	\rightleftharpoons	Ni ²⁺ (aq) + 2 e ⁻	-0,23
$Pb(s) + SO_4^{2-}(aq)$	\rightleftharpoons	PbSO ₄ (s) + 2 e ⁻	-0,36
Cd(s)	\rightleftharpoons	Cd ²⁺ (aq) + 2 e ⁻	-0,40
Fe(s)	\rightleftharpoons	Fe ²⁺ (aq) + 2 e ⁻	-0,41
Zn(s)	\rightleftharpoons	Zn ²⁺ (aq) + 2 e ⁻	-0,76
$H_2(g) + 2 OH^-(aq)$	\rightleftharpoons	2 H ₂ O(I) + 2 e ⁻	-0,83
$SO_3^{2-}(aq) + 2 OH^-(aq)$	\rightleftharpoons	$SO_4^{2-}(aq) + H_2O(I) + 2 e^-$	-0,92
N₂H₄(aq) + 4 OH⁻(aq)	\rightleftharpoons	$N_2(g) + 4 H_2O(I) + 4 e^-$	-1,16
Al(s)	=	Al ³⁺ (aq) + 3 e ⁻	-1,66
Mg(s)	\rightleftharpoons	Mg ²⁺ (aq) + 2 e ⁻	-2,38
Na(s)	\rightleftharpoons	Na ⁺ (aq) + e ⁻	-2,71
Ca(s)	\rightleftharpoons	Ca ²⁺ (aq) + 2 e ⁻	-2,76
Ba(s)	\rightleftharpoons	Ba ²⁺ (aq) + 2 e ⁻	-2,90
K(s)	\rightleftharpoons	K ⁺ (aq) + e ⁻	-2,92
Li(s)	\rightleftharpoons	Li ⁺ (aq) + e ⁻	-3,02

Tableau périodique des éléments chimiques

1	ΙA															VIII A	2
Н																	Не
1,0079	II A											III A	IV A	VA	VI A	VII A	4,0026
3	4											5	6	7	8	9	10
Li	Be											В	C	N	О	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
2,98977	24,305	III B	IV B	VВ	VI B	VII B	VIII B	VIII B	VIII B	ΙB	II B	26,98154	28,086	30,97376	32,06	35,453	39,948
19	24,303	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
70.000	40.00	44.0550	47.0	50.0414	51.006	54.030	55.047	50 0222	50.71	63.546	65.30	60.70	70.50	74 0016	70.06	70.004	07.0
39,098 37	40,08 38	44,9559 39	47,9 40	50,9414 41	51,996 42	54,938 43	55,847 44	58,9332 45	58,71 46	63,546 47	65,38 48	69,72 49	72,59 50	74,9216 51	78,96 52	79,904 53	83,8 54
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
IVD	51		2.41	110	1710	10	Ku	IXII	ı u	Ag	Cu	111	ЭП	50	10	- 1	210
35,4578	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
32,9054	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	acideoïque	carboxy
ester	oate d'yle	
aldéhyde	al	oxo
cétone	one	oxo
alcool	ol	hydroxy
amine	amine	amino
alcène	ène	
halogène	/	halogéno