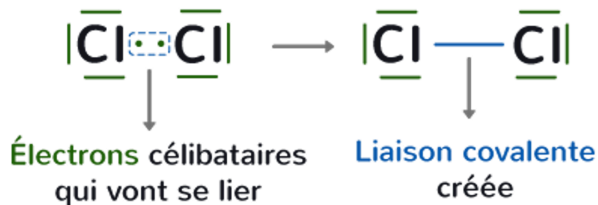


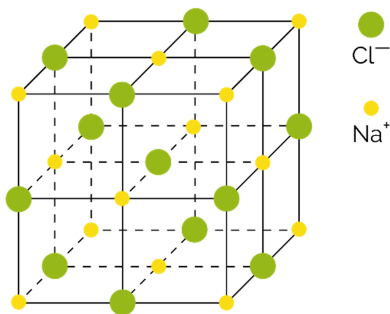
S11 – Comprendre "ce qu'on mesure" en contrôle qualité

0 Entités chimiques : repères indispensables

- **Atome** : entité neutre (ex : Na, Cl)
- **Ion** : entité chargée (gain/perte d'électrons)
 - **cation** : charge + (ex : Na^+)
 - **anion** : charge - (ex : Cl^-)
- **Molécule** : entité neutre formée d'atomes liés (ex : H_2O , CO_2 , Cl_2)
- **Composé ionique** : association d'ions globalement neutre (ex : NaCl)



Cl_2 et CO_2 : molécules



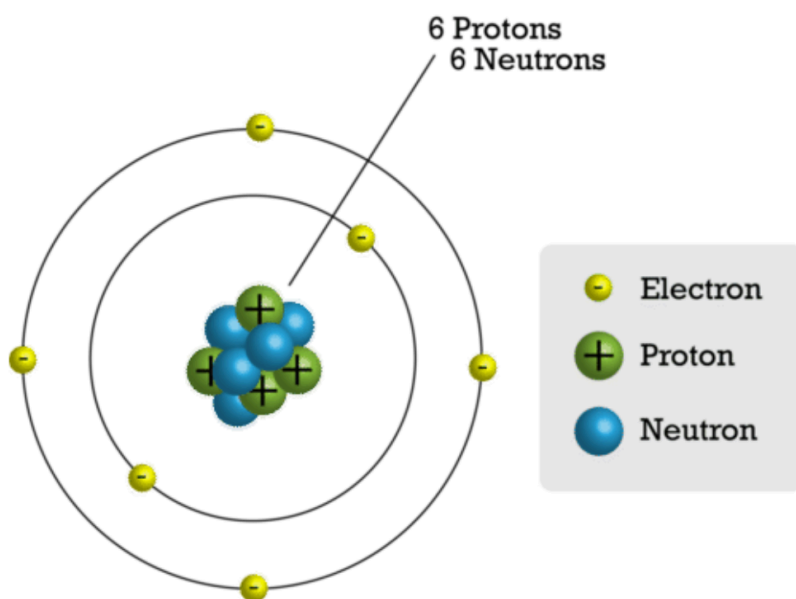
NaCl : composé ionique (association d'ions)

1 Structure de l'atome

Composition de l'atome

L'**atome** est le constituant élémentaire de la matière. Il est constitué de :

Particule	Symbole	Charge	Masse	Localisation
Proton	p^+	Positive (+)	$\approx 1 \text{ u}$	Noyau
Neutron	n	Nulle (0)	$\approx 1 \text{ u}$	Noyau
Électron	e^-	Négative (-)	≈ 0	Autour du noyau



Structure de l'atome de carbone

Neutralité électrique de l'atome

Atome neutre : nombre de protons = nombre d'électrons

Exemple : L'atome de carbone C possède 6 protons et 6 électrons \rightarrow charge totale = 0

2 Tableau périodique et numéro atomique Z

Définition

Le **numéro atomique Z** est le nombre de protons contenus dans le noyau d'un atome.

$$Z = \text{nombre de protons} = \text{nombre d'électrons (atome neutre)}$$

Lecture dans le tableau périodique

11	← Numéro atomique Z
Na	← Symbole de l'élément
Sodium	← Nom de l'élément
23,0	← Masse atomique

Exemples

Élément	Symbole	Z	Protons	Électrons
Hydrogène	H	1	1	1
Carbone	C	6	6	6
Oxygène	O	8	8	8
Sodium	Na	11	11	11
Chlore	Cl	17	17	17
Calcium	Ca	20	20	20

✚ À RETENIR :

$Z = \text{nombre de protons} = \text{nombre d'électrons}$
(pour un atome neutre)

Tableau périodique des éléments

wiki-forum
chimie physique biologie

Numéro atomique

Nom de l'élément

Masses atomiques, basées sur ^{12}C

[] : nombre de masse de l'isotope le plus stable

Énergie de première ionisation (eV)

Symbole de l'élément (en gris : aucun isotope stable)

Électronégativité (échelle de Pauling)

Configuration électronique (en rouge : exception à la règle de Kochemowski)

Principaux nombres d'oxydation
(le plus fréquent en gras)

1 H Hydrogène 1,008 1s ¹ -1 +1	2 He Hélium 4,003 1s ² 0	13 B Bore 10,81 1s ² 2s ² 2p ¹ +3	14 C Carbone 12,01 1s ² 2s ² 2p ² +2 -4	15 N Azote 14,01 1s ² 2s ² 2p ³ -3 +1 -2 -3 +4 +5	16 O Oxygène 16,00 1s ² 2s ² 2p ⁴ -2 -1 -2	17 F Fluor 19,00 1s ² 2s ² 2p ⁵ -1	18 Ne Néon 20,18 1s ² 2s ² 2p ⁶ 0										
3 Li Lithium 6,94 1s ² 2s ¹ +1	4 Be Béryllium 9,012 1s ² 2s ² +2	5 B Bore 10,81 1s ² 2s ² 2p ¹ +3	6 C Carbone 12,01 1s ² 2s ² 2p ² +2 -4	7 N Azote 14,01 1s ² 2s ² 2p ³ -3 +1 -2 -3 +4 +5	8 O Oxygène 16,00 1s ² 2s ² 2p ⁴ -2 -1 -2	9 F Fluor 19,00 1s ² 2s ² 2p ⁵ -1	10 Ne Néon 20,18 1s ² 2s ² 2p ⁶ 0										
11 Na Sodium 22,99 [Ne] 3s ¹ +1	12 Mg Magnésium 24,31 [Ne] 3s ² +2	13 Al Aluminium 26,98 [Ne] 3s ² 3p ¹ +3	14 Si Silicium 28,09 [Ne] 3s ² 3p ² +4 -4	15 P Phosphore 30,97 [Ne] 3s ² 3p ³ -3 -3 +3 +5	16 S Soufre 32,06 [Ne] 3s ² 3p ⁴ -2 -2 +4 +6	17 Cl Chlore 35,45 [Ne] 3s ² 3p ⁵ -1	18 Ar Argon 39,95 [Ne] 3s ² 3p ⁶ 0										
19 K Potassium 39,10 [Ar] 4s ¹ +1	20 Ca Calcium 40,08 [Ar] 4s ² +2	21 Sc Scandium 44,96 [Ar] 3d ¹ 4s ² +3	22 Ti Titane 47,87 [Ar] 3d ² 4s ² +2 -3 +4	23 V Vanadium 50,94 [Ar] 3d ³ 4s ² +2 -3 +4 +5	24 Cr Chrome 52,00 [Ar] 3d ⁵ 4s ¹ +2 +3 +5	25 Mn Manganèse 54,94 [Ar] 3d ⁵ 4s ² +2 +3 +4 +5 +7	26 Fe Fer 55,85 [Ar] 3d ⁶ 4s ² +2 +3	27 Co Cobalt 58,93 [Ar] 3d ⁷ 4s ² +2 +3	28 Ni Nickel 58,69 [Ar] 3d ⁸ 4s ² +2 +3	29 Cu Cuivre 63,55 [Ar] 3d ¹⁰ 4s ¹ +1 +2	30 Zn Zinc 65,38 [Ar] 3d ¹⁰ 4s ² +2	31 Ga Gallium 69,72 [Ar] 3d ¹⁰ 4s ² 4p ¹ +3	32 Ge Germanium 72,63 [Ar] 3d ¹⁰ 4s ² 4p ² +2 +4	33 As Arsenic 74,92 [Ar] 3d ¹⁰ 4s ² 4p ³ -3 -3 +3 +5	34 Se Sélénium 78,96 [Ar] 3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁴ -2 -2 +4 +6	35 Br Brome 79,90 [Ar] 3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁵ -1	36 Kr Krypton 83,80 [Ar] 3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁶ 0
37 Rb Rubidium 85,47 [Kr] 5s ¹ +1	38 Sr Strontium 87,62 [Kr] 5s ² +2	39 Y Yttrium 88,91 [Kr] 4d ¹ 5s ² +3	40 Zr Zirconium 91,22 [Kr] 4d ² 5s ² +2 +3 +4	41 Nb Niobium 92,91 [Kr] 4d ⁴ 5s ¹ +3 +5	42 Mo Molybdène 95,96 [Kr] 4d ⁵ 5s ¹ +2 +3 +4 +5 +6	43 Tc Technétium [98] [Kr] 4d ⁵ 5s ² +7	44 Ru Ruthénium 101,07 [Kr] 4d ⁷ 5s ¹ +2 +3 +4 +5 +6	45 Rh Rhodium 102,91 [Kr] 4d ⁸ 5s ¹ +2 +3 +4	46 Pd Palladium 106,42 [Kr] 4d ¹⁰ +2 +4	47 Ag Argent 107,87 [Kr] 4d ¹⁰ 5s ¹ +1	48 Cd Cadmium 112,41 [Kr] 4d ¹⁰ 5s ² +2	49 In Indium 114,82 [Kr] 4d ¹⁰ 5s ² 5p ¹ +2 +3	50 Sn Étain 118,71 [Kr] 4d ¹⁰ 5s ² 5p ² +2 +4	51 Sb Antimoine 121,76 [Kr] 4d ¹⁰ 5s ² 5p ³ -3 -3 +3 +5	52 Te Tellure 127,60 [Kr] 4d ¹⁰ 5s ² 5p ⁴ -2 -2 +4 +6	53 I Iode 126,90 [Kr] 4d ¹⁰ 5s ² 5p ⁵ -1 -1 +3 +5 +7	54 Xe Xénon 131,29 [Kr] 4d ¹⁰ 5s ² 5p ⁶ 0
55 Cs Césium 132,91 [Xe] 6s ¹ +1	56 Ba Baryum 137,33 [Xe] 6s ² +2	57 à 71 Lanthanides	72 Hf Hafnium 178,49 [Xe] 4f ¹⁴ 5d ² 6s ² +4	73 Ta Tantale 180,95 [Xe] 4f ¹⁴ 5d ³ 6s ² +2 -3 +4 +5 +6	74 W Tungstène 183,84 [Xe] 4f ¹⁴ 5d ⁴ 6s ² +2 -3 +4 +5 +6	75 Re Rhenium 186,21 [Xe] 4f ¹⁴ 5d ⁵ 6s ² +2 +3 +4 +5 +6 +7	76 Os Osmium 190,23 [Xe] 4f ¹⁴ 5d ⁶ 6s ² +2 -3 +4 +5 +6	77 Ir Iridium 192,22 [Xe] 4f ¹⁴ 5d ⁷ 6s ² +2 +3 +4 +5	78 Pt Platine 195,08 [Xe] 4f ¹⁴ 5d ⁹ 6s ¹ +2 +4	79 Au Or 196,97 [Xe] 4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ¹ +1 +3	80 Hg Mercure 200,59 [Xe] 4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ² +1 +2	81 Tl Thallium 204,38 [Xe] 4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ² 6p ¹ +1 +3	82 Pb Plomb 207,2 [Xe] 4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ² 6p ² +2 +4	83 Bi Bismuth 208,98 [Xe] 4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ² 6p ³ +3 +5	84 Po Polonium [209] [Xe] 4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ² 6p ⁴ +2 +4	85 At Astate [210] [Xe] 4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ² 6p ⁵ -1 -1 +3 +5 +7	86 Rn Radon [222] [Xe] 4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ² 6p ⁶ 0
87 Fr Francium [223] [Rn] 7s ¹ +1	88 Ra Radium [226] [Rn] 7s ² +2	89 à 103 Actinides	104 Rf Rutherfordium [267] [Rn] 5f ¹⁴ 6d ² 7s ² +4	105 Db Dubnium [268] [Rn] 5f ¹⁴ 6d ³ 7s ² +5	106 Sg Seaborgium [271] [Rn] 5f ¹⁴ 6d ⁴ 7s ² +6	107 Bh Bohrium [272] [Rn] 5f ¹⁴ 6d ⁵ 7s ² +7	108 Hs Hassium [277] [Rn] 5f ¹⁴ 6d ⁶ 7s ² +8	109 Mt Meitnerium [276] [Rn] 5f ¹⁴ 6d ⁷ 7s ² +7	110 Ds Darmstadtium [281] [Rn] 5f ¹⁴ 6d ⁸ 7s ² +8	111 Rg Roentgenium [280] [Rn] 5f ¹⁴ 6d ⁹ 7s ² +8	112 Cn Copernicium [285] [Rn] 5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7s ² +8	113 Nh Nihonium [286] [Rn] 5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7s ² 7p ¹ +7	114 Fl Flerovium [289] [Rn] 5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7s ² 7p ² +6	115 Mc Moscovium [288] [Rn] 5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7s ² 7p ³ +5	116 Lv Livermorium [293] [Rn] 5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7s ² 7p ⁴ +6	117 Ts Tennessee [294] [Rn] 5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7s ² 7p ⁵ +7	118 Og Oganesson [294] [Rn] 5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7s ² 7p ⁶ 0

* Pure Appl. Chem., Vol. 78, No. 1, pp. 2051–2098, 2006. Actualisé en 2016 selon recommandations de l'Union Internationale de Chimie Pure et Appliquée.

© 2016, Grégoire Darrieu - Animate Science - www.darrieu.net - www.animate-science.com

* Pure Appl. Chem., Vol. 78, No. 11, pp. 2051–2066, 2006. Actualisé en 2016 selon recommandations de l'Union Internationale de Chimie Pure et Appliquée.

© 2016, Clovis Darigan - Anima-Science / www.darigan.net - www.anima-science.fr

Lanthanides 6	57 La Lanthane 138,91 5d ¹ 6s ² +3	58 Ce Cérium 140,12 [Xe] 4f ¹ 6s ² +3	59 Pr Praséodyme 140,91 [Xe] 4f ³ +3 +4	60 Nd Néodyme 144,24 [Xe] 4f ⁴ +3	61 Pm Prométhium [145] [Xe] 4f ⁵ +3	62 Sm Samarium 150,36 [Xe] 4f ⁶ +2 +3	63 Eu Europium 151,96 [Xe] 4f ⁷ +2 +3	64 Gd Gadolinium 157,25 [Xe] 4f ⁷ 5d ¹ +3	65 Tb Terbium 158,93 [Xe] 4f ⁹ +3 +4	66 Dy Dysprosium 162,50 [Xe] 4f ¹⁰ +3	67 Ho Holmium 164,93 [Xe] 4f ¹¹ +3	68 Er Erbium 167,26 [Xe] 4f ¹² +3	69 Tm Thulium 168,93 [Xe] 4f ¹³ +3	70 Yb Ytterbium 173,05 [Xe] 4f ¹⁴ +2 +3	71 Lu Lutétium 174,97 [Xe] 4f ¹⁴ 5d ¹ +3
Actinides 7	89 Ac Actinium [227] [Rn] 7s ² 6d ¹ +3	90 Th Thorium 232,04 [Rn] 7s ² 6d ² +4	91 Pa Protactinium 231,04 [Rn] 7s ² 6d ¹ 5f ² +4 +5	92 U Uranium 238,03 [Rn] 7s ² 6d ² 5f ⁴ +3 +4 +5 +6	93 Np Neptunium [237] [Rn] 7s ² 6d ¹ 5f ⁵ +3 +4 +5 +6	94 Pu Plutonium [244] [Rn] 7s ² 6d ² 5f ⁶ +3 +4 +5 +6	95 Am Américium [243] [Rn] 7s ² 6d ¹ 5f ⁷ +3 +4 +5 +6	96 Cm Curium [247] [Rn] 7s ² 6d ² 5f ⁸ +3	97 Bk Berkélium [247] [Rn] 7s ² 6d ¹ 5f ⁹ +3 +4	98 Cf Californium [251] [Rn] 7s ² 6d ² 5f ¹⁰ +3	99 Es Einsteinium [252] [Rn] 7s ² 6d ¹ 5f ¹¹ +3	100 Fm Fermium [257] [Rn] 7s ² 6d ² 5f ¹² +3	101 Md Mendélévium [258] [Rn] 7s ² 6d ¹ 5f ¹³ +3	102 No Nobélium [259] [Rn] 7s ² 6d ² 5f ¹⁴ +3	103 Lr Lawrencium [262] [Rn] 7s ² 6d ¹ 5f ¹⁵ +3

- Z = nombre de protons
- Dans un atome neutre : Z = nombre d'électrons

3 Les électrons de valence

Les couches électroniques

Les électrons sont répartis en **couches** autour du noyau :

Couche	Nom	Nombre maximum d'électrons
1ère	K	2
2ème	L	8
3ème	M	18

Règle de remplissage : On remplit les couches dans l'ordre K → L → M.

Définition des électrons de valence

Les **électrons de valence** sont les électrons de la **couche externe** (la plus éloignée du noyau).

Électrons de valence = électrons de la couche externe

Ce sont eux qui participent aux réactions chimiques et aux liaisons.

Lien avec le tableau périodique

Le numéro de la **colonne** indique le nombre d'électrons de valence :

Colonne	1	2	13	14	15	16	17	18
e ⁻ de valence	1	2	3	4	5	6	7	8
Exemples	Na, K	Mg, Ca	Al	C, Si	N, P	O, S	Cl, Br	Ne, Ar

Exemple : le sodium (Na)

Sodium : $Z = 11 \rightarrow 11$ électrons

Répartition : K^2 L^8 M^1
 ↑ ↑ ↑
 2 8 1 électron de valence

Repère :

- colonne 1 \rightarrow 1 électron de valence \rightarrow ion +1
- colonne 2 \rightarrow 2 électrons de valence \rightarrow ion +2
- colonne 17 \rightarrow 7 électrons de valence \rightarrow ion -1
- colonne 16 \rightarrow 6 électrons de valence \rightarrow ion -2

Formation des ions

Définition

Un **ion** est un atome (ou groupe d'atomes) qui a **gagné** ou **perdu** un ou plusieurs électrons.

Pourquoi former un ion ?

Les atomes cherchent à atteindre la **configuration électronique stable** des gaz nobles (colonne 18) : couche externe complète avec **8 électrons** (ou 2 pour l'hélium).

Les deux types d'ions

Type	Formation	Charge	Symbole	Éléments concernés
Cation	Perte d'électrons	Positive (+)	Na^+ , Ca^{2+}	Colonnes 1, 2, 13
Anion	Gain d'électrons	Négative (-)	Cl^- , O^{2-}	Colonnes 16, 17

✚ ASTUCE MNÉMOTECHNIQUE :

- CaTion contient un "T" comme le signe "+"
- ANion commence par "AN" comme "ANégatif"

Exemple 1 : Formation du cation sodium Na^+

Na (atome)		Na^+ (ion)
11 protons		11 protons
11 électrons		10 électrons
Charge : 0	PERD 1 e^-	Charge : +1
	→	
Configuration : $\text{K}^2 \text{L}^8 \text{M}^1$		Configuration : $\text{K}^2 \text{L}^8$ (comme Ne)

Exemple 2 : Formation de l'anion chlorure Cl^-

Cl (atome)		Cl^- (ion)
17 protons		17 protons
17 électrons		18 électrons
Charge : 0	GAGNE 1 e^-	Charge : -1
	→	
Configuration : $\text{K}^2 \text{L}^8 \text{M}^7$		Configuration : $\text{K}^2 \text{L}^8 \text{M}^8$ (comme Ar)

Ions courants

Ion	Formule	Formation
Sodium	Na^+	Na perd 1 e^-
Potassium	K^+	K perd 1 e^-
Calcium	Ca^{2+}	Ca perd 2 e^-
Magnésium	Mg^{2+}	Mg perd 2 e^-
Chlorure	Cl^-	Cl gagne 1 e^-
Oxyde	O^{2-}	O gagne 2 e^-
Sulfure	S^{2-}	S gagne 2 e^-

5 Électroneutralité et composés ioniques

Règle d'électroneutralité

Un **composé ionique** est toujours **électriquement neutre** :

$$\sum \text{charges positives} + \sum \text{charges négatives} = 0$$

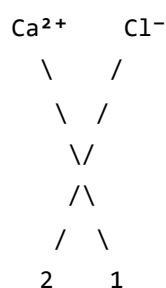
Exemples de composés ioniques

Composé	Ions	Vérification
Chlorure de sodium NaCl	$\text{Na}^+ + \text{Cl}^-$	$(+1) + (-1) = 0 \checkmark$
Chlorure de calcium CaCl_2	$\text{Ca}^{2+} + 2 \text{Cl}^-$	$(+2) + 2 \times (-1) = 0 \checkmark$
Oxyde de sodium Na_2O	$2 \text{Na}^+ + \text{O}^{2-}$	$2 \times (+1) + (-2) = 0 \checkmark$
Oxyde de magnésium MgO	$\text{Mg}^{2+} + \text{O}^{2-}$	$(+2) + (-2) = 0 \checkmark$

Méthode : croiser les charges

Pour écrire la formule d'un composé ionique, on **croise les valeurs des charges** (sans le signe) :

Exemple : Chlorure de calcium



→ CaCl_2

6 Ions et mesures en contrôle qualité

Le pH : mesure des ions H_3O^+

Le **pH** mesure la concentration en **ions hydronium H_3O^+** :

Concentration en H_3O^+	pH	Caractère
Élevée	Bas (< 7)	Acide
Faible	Élevé (> 7)	Basique

La conductivité : présence d'ions mobiles

La **conductivité** d'une solution dépend de la présence d'**ions mobiles** :

Type de solution	Ions présents	Conductivité
Eau pure	Très peu	Très faible
Eau salée (NaCl)	Na^+ , Cl^-	Élevée
Eau déminéralisée	Aucun	Quasi nulle

✚ LIEN MICRO ↔ MACRO :

- pH bas = beaucoup d'ions H_3O^+
- Conductivité élevée = beaucoup d'ions en solution

Ions courants en cosmétique

Ion	Formule	Exemple INCI	Rôle
Sodium	Na^+	Sodium Chloride	Ajusteur de viscosité
Potassium	K^+	Potassium Sorbate	Conservateur
Calcium	Ca^{2+}	Calcium Pantothenate	Actif (vitamine B5)
Chlorure	Cl^-	Sodium Chloride	Sel
Hydroxyde	OH^-	Sodium Hydroxide	Ajusteur de pH
Hydronium	H_3O^+	—	Acidité

À retenir pour l'E2

Définitions essentielles

Terme	Définition
Atome	Constituant élémentaire (noyau + électrons)
Z	Numéro atomique = nombre de protons
Électrons de valence	Électrons de la couche externe
Ion	Atome ayant gagné ou perdu des électrons
Cation	Ion positif (perte d'e ⁻)
Anion	Ion négatif (gain d'e ⁻)
Électroneutralité	Somme des charges = 0

Règles pratiques

Règle	Application
Colonne 1 → ion +1	Na ⁺ , K ⁺
Colonne 2 → ion +2	Mg ²⁺ , Ca ²⁺
Colonne 16 → ion -2	O ²⁻ , S ²⁻
Colonne 17 → ion -1	Cl ⁻ , Br ⁻

Vocabulaire à maîtriser

- **Proton / Électron** : particules de l'atome
- **Cation / Anion** : types d'ions
- **Couche de valence** : couche externe
- **Composé ionique** : assemblage de cations et d'anions
- **Électroneutralité** : équilibre des charges



Lien avec la suite de la progression

Séance	Réinvestissement
S12	Lewis – Représentation des liaisons
S13	Interactions – Polarité et solubilité
S14	Acido-basicité – Couples acide/base
S21	Conductivité – Mesure et interprétation



Fiche méthode associée

→ Fiche méthode 05 – Lire le tableau périodique