



Formation et charge des ions Modèle de l'octet

Pour acquérir le maximum de stabilité, certains atomes perdent ou gagnent des électrons, devenant ainsi des ions positifs ou négatifs.

La charge de ces ions monoatomiques est en relation directe avec l'acquisition d'un octet ou d'un duet d'électrons sur leur dernière couche électronique.

Eau minérale naturelle gazeuse. Déferrisée selon la réglementation en vigueur et regazéifiée avec son propre gaz. Eau soumise à une technique d'adsorption autorisée.

Natuurlijk sprankelend mineraalwater.
Ontijzerd en met eigen koolzuur toe bereid. Water onderworpen aan een erkende adsorptietechniek.

SOURCE ROYALE
COMPOSITION MOYENNE en mg/l :
GEMIDDELDE SAMENSTELLING IN mg/l :

Bicarbonates HCO_3^-4368	Sodium Na^+1708
Chlorures Cl^-322	Potassium K^+132
Sulfates SO_4^{2-}174	Calcium Ca^{2+}90
Fluorures F^-1	Magnésium Mg^{2+}11

Minéralisation totale, extrait sec à 180°C : 4774 mg/l-pH : 6,6
Totale mineralisatie, droog extract op 180°C : 4774 mg/l-pH : 6,6

Par son origine et sa composition unique, ST-YORRE est l'eau la plus appropriée à la vie d'aujourd'hui. Bicarbonates et minéraux qu'elle stimule la digestion.

Dankzij zijn...

COMPO

Roze Korrels Engrais Rose

UNIVERSELE MESTSTOF
ENGRAIS UNIVERSEL

ENGRAIS CE
Engrais NPK 15-20-26
Engrais composé complet NPK
15% azote total (N)
8.5% azote nitrique
6.5% azote ammoniacal
20 % anhydride phosphorique
(P_2O_5) soluble dans l'eau
26% oxyde de potassium (K_2O)
soluble dans l'eau
Pauvre en chlore.

Mise en situation

Tu as appris, précédemment, ce qu'est un ion et tu as pris conscience de l'existence d'ions monoatomiques Na^+ , Ca^{2+} , F^- , Cl^- , ..., mais sans pouvoir justifier la charge de ceux-ci.

Ayant acquis maintenant le modèle atomique de Bohr, nous devrions être à même de justifier la charge spécifique des ions monoatomiques et leur stabilité particulière.

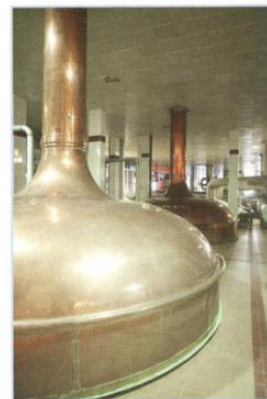
Dans ce cadre, nous allons nous intéresser à un certain nombre d'ions contenus dans les eaux de distribution.

Comme tu vas le voir, certains ont un rôle bénéfique lors d'un usage particulier tel que la fabrication de la bière.

D'autres ont un rôle néfaste.

Dans ce cas, les procédés de fabrication prendront en compte leur élimination ou neutralisation.

Le document ci-dessous te donne les principaux effets de ces ions.



Ions favorables

Cl^-	favorise la décantation de la bière et améliore la stabilité et le moelleux de la bière (si la concentration en Cl^- est $< 300 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$)
SO_4^{2-}	assure un bon brassage, favorise une bière sèche et amère
CO_3^{2-}	neutralise une acidité trop élevée
Ca^{2+}	stimule l'activité des enzymes qui décomposent les protéines du malt, aide à éliminer le trouble
Al^{3+}	peut acidifier (normalement absent des eaux de distribution)

Ions défavorables

K^+	défavorise l'activité des levures (si la concentration en K^+ $> 10 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$)
Na^+	provoque un goût de moins bonne qualité
NO_3^-	défavorise l'activité des levures (si la concentration en NO_3^- $> 30 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$)
HCO_3^-	empêche un bon brassage
S^{2-}	provoque un mauvais goût ou une mauvaise odeur (normalement absent des eaux de distribution)

Ions indifférents

F^-	est sans rôle dans la fabrication de la bière mais protège de la carie dentaire
--------------	---



Expliquer la charge des ions.

- 1 Mettre en relation la charge des ions monoatomiques figurant dans le document et leur modèle de Bohr.
 - a Dresse la liste qui distingue les cations et les anions monoatomiques repris dans le document.
 - b Compare la charge de ces ions au nombre d'électrons de la couche externe des atomes correspondants. Sont-ils identiques ?
 - c Détaille, selon le modèle de Bohr, la répartition électronique des cations et anions monoatomiques. Qu'ont-ils de commun sur leur dernière couche ?
- 2 Mettre en relation la charge des ions polyatomiques et la formule des acides correspondants.
 - a Dresse la liste des ions polyatomiques repris dans le document.
 - b Établis la formule moléculaire des acides correspondant à ces ions.
- 3 Rédiger un rapport reprenant :
 - a les listes demandées ;
 - b la répartition électronique des ions monoatomiques ;
 - c la réponse aux questions posées ;
 - d une méthode permettant de déterminer la charge des ions polyatomiques à partir des formules moléculaires des acides correspondants.

Charge des cations monoatomiques

Modèle de l'octet

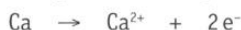
Pour les cations contenus dans l'eau de distribution, tu as remarqué que le nombre de charge(s) des ions et le nombre d'électrons sur la couche externe des atomes correspondants sont les mêmes.

Ainsi,

- l'atome sodium Na possède **un seul électron sur la couche externe** : en libérant un électron, il forme l'ion Na^+ qui a une charge égale à 1+ :



- l'atome calcium Ca possède **deux électrons sur la couche externe** : en libérant deux électrons, il forme l'ion Ca^{2+} qui a une charge égale à 2+ :



- l'atome aluminium Al possède **trois électrons sur la couche externe** : en libérant trois électrons, il forme l'ion Al^{3+} qui a une charge égale à 3+ :



Le tableau ci-après permet de comparer la répartition électronique des atomes Na, Ca, Al à celle de leurs ions Na^+ , Ca^{2+} , Al^{3+} .

Nous remarquons que les ions formés possèdent tous **8 électrons sur leur couche externe** : ces 8 électrons constituent ce qu'on appelle un **octet d'électrons**.

Or, dans le tableau périodique, il existe une famille d'atomes possédant un octet d'électrons sur leur couche externe : la **famille des gaz inertes**.

Ainsi, Na^+ et Al^{3+} ont une répartition électronique semblable à celle du gaz inerte Ne et Ca^{2+} a une répartition électronique semblable à celle du gaz inerte Ar.

Ces ions ont donc la répartition électronique des gaz inertes qui les précèdent directement dans le

Atomes	Couches			
	K	L	M	N
Na	2	8	1	
Ca	2	8	8	2
Al	2	8	3	
Ne	2	8		
Ar	2	8	8	

tableau périodique. (Ils s'en distinguent cependant par la composition de leur noyau).

De plus, au chapitre précédent, tu as appris que les gaz inertes possédaient un indice de propriétés I.P. égal à 0, ce qui signifie qu'ils se caractérisent par une stabilité chimique remarquable. C'est pourquoi on les appelle gaz inertes.

On peut admettre que les atomes métalliques des familles Ia, IIa et IIIa donnent respectivement 1, 2 ou 3 électrons pour obtenir la répartition électronique du gaz inerte qui les précède dans le tableau périodique et donc acquérir le maximum de stabilité. Les atomes métalliques des familles a sont donc des **donneurs d'électrons** ; ils deviennent ainsi des cations (ions positifs).

Remarque

Pour des raisons que nous n'explicitons pas dans le cadre de ce cours, les atomes des familles b (de transition) peuvent, pour certains, former plusieurs types d'ions.

Nous nous limiterons aux ions les plus souvent rencontrés.

Ainsi,

- le cuivre peut former les ions Cu^+ et Cu^{2+}
- le mercure¹ Hg^+ et Hg^{2+}
- le fer Fe^{2+} et Fe^{3+}
- le chrome Cr^{2+} et Cr^{3+}

Par contre,

- l'argent ne forme que l'ion Ag^+
- le zinc Zn^{2+}
- le cadmium Cd^{2+}
- le nickel Ni^{2+}

	Couches			Ions
	K	L	M	
-1e→	2	8		Na^+
-2e→	2	8	8	Ca^{2+}
-3e→	2	8		Al^{3+}

¹ En réalité, l'ion Hg^+ n'existe que sous la forme Hg_2^+ .

Modèle du duet

Contrairement aux autres gaz inertes et stables, l'hélium He ne possède que **2 électrons sur sa seule couche électronique K**. On parle, dans ce cas, d'un **duet d'électrons**.

Cette couche électronique K étant complète avec 2 électrons, l'hélium est donc aussi un gaz inerte stable.

Cela explique que le lithium Li se stabilise en devenant Li^+ , suite à la libération de son électron externe. Il a une charge égale à $1+$:



Il en va de même pour le béryllium Be qui se stabilise en devenant Be^{2+} , suite à la libération de ses deux électrons externes. Il a une charge égale à $2+$:



Ils acquièrent ainsi le même nombre d'électrons externes que He qui les précède dans le tableau périodique, comme le montre le tableau ci-dessous :

Atomes	Couches			Couche	Ions
	K	L			
Li	2	1	-1e ⁻	2	Li^+
Be	2	2		-2e ⁻	2
He	2				

L'hydrogène est un cas particulier puisqu'il est placé dans la famille Ia alors qu'il n'a pas les mêmes propriétés que les alcalins.

Par contre, il possède comme eux un électron sur sa couche externe. Il a donc tendance à le libérer et à devenir l'ion H^+ dont la charge vaut $+1$.

Tu étudieras en 6^e les propriétés particulières de cet ion.

Atomes	Couches		
	K	L	M
F	2	7	
Cl	2	8	7
S	2	8	6
Ne	2	8	
Ar	2	8	8

	Couches			Ions
	K	L	M	
+1e ⁻	2	8		F^-
+1e ⁻	2	8	8	Cl^-
+2e ⁻	2	8	8	S^{2-}

Charge des anions monatomiques

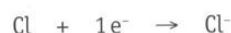
Pour les anions contenus dans l'eau de distribution, tu as remarqué que le nombre de charge(s) d'un anion est égal au nombre d'électron(s) capté(s) par l'atome correspondant.

Ainsi,

- l'atome fluor, avec 7 électrons sur la couche externe, devient l'ion F^- , en captant 1 électron. Sa charge est $1-$:



- l'atome chlore, avec 7 électrons sur la couche externe, devient l'ion Cl^- , en captant 1 électron. Sa charge est $1-$:



- l'atome soufre, avec 6 électrons sur la couche externe, devient l'ion S^{2-} , en captant 2 électrons. Sa charge est $2-$:



Le tableau ci-après permet de comparer la répartition électronique des atomes F, Cl et S à celle de leurs ions F^- , Cl^- et S^{2-} .

Nous remarquons que les ions formés possèdent 8 électrons sur leur couche externe, c'est-à-dire un octet.

Ainsi, F^- a une répartition électronique semblable à celle du gaz inerte néon Ne et Cl^- et S^{2-} ont une répartition électronique semblable à celle du gaz inerte argon Ar.

Ces ions ont donc la répartition électronique des gaz inertes qui les suivent directement dans le tableau périodique et sont donc stables.

On peut donc admettre que les atomes des familles VIA et VIIa captent respectivement 1 ou 2 électrons sur leur couche externe pour acquérir un octet et donc une stabilité semblable à celle du gaz inerte qui les suit dans le tableau périodique.

Les atomes non-métalliques des familles VIA et VIIa sont donc des capteurs d'électrons et deviennent des anions (ions négatifs).

Les atomes des familles IVa et Va non envisagés jusqu'à présent, acquerront un octet d'électrons d'une autre manière : tu l'étudieras au chapitre 23.

Charge des ions polyatomiques

Dans la liste des ions présents dans l'eau de distribution et pouvant avoir un effet favorable ou défavorable lors de la fabrication de la bière, tu as remarqué qu'il y a, outre des ions monoatomiques, des **groupements d'atomes affectés d'une charge** : NO_3^- , HCO_3^- , SO_4^{2-} , ... : ce sont des **ions polyatomiques**.

La plupart des ions polyatomiques sont des anions. L'objet de ce paragraphe n'est pas d'étudier leur formation ou de justifier leur stabilité, mais bien d'apprendre à retrouver la charge de ces anions.

Pour ce faire, tu utiliseras la **méthode suivante**, basée sur les formules des acides ternaires correspondants.

Ainsi, pour déterminer la charge du groupement SO_4 , il faut :

- écrire la formule de l'acide ternaire correspondant au groupement SO_4 , soit H_2SO_4 ;
- compter le nombre d'ions hydrogène H^+ pouvant être libérés par l'acide, soit 2 ions H^+ de charge totale $2+$;
- déterminer la charge de l'anion égale, mais de charge contraire, à la charge totale positive des H^+ , soit $2-$;
- écrire la formule de l'anion : SO_4^{2-} .

Tu peux de la même façon, déterminer la charge des groupements NO_3 , HCO_3 et CO_3 :

- l'ion nitrate s'écrit toujours NO_3^- car cet ion dérive de l'acide HNO_3 auquel un H^+ a été enlevé ;
- l'ion hydrogénocarbonate s'écrit toujours HCO_3^- car cet ion dérive de l'acide H_2CO_3 auquel un H^+ a été enlevé ;
- l'ion carbonate s'écrit toujours CO_3^{2-} car cet ion dérive de l'acide H_2CO_3 auquel deux H^+ ont été enlevés.

Pour terminer nous attirons ton attention sur deux ions que tu rencontreras par la suite :

- l'anion hydroxyde OH^- dérivant formellement de la molécule H_2O à laquelle un H^+ a été enlevé ;
- le cation ammonium NH_4^+ dérivant de la molécule NH_3 à laquelle un H^+ a été ajouté.

Tu trouveras en Annexe 2 la liste des principaux cations et anions.

Exercices, problèmes et tâches

- 1 Quelle est la raison qui t'a permis de dire que la structure électronique idéale de la couche externe d'un atome est celle des gaz inertes ?
- 2 Quels sont les ions formés à partir des atomes suivants : brome, baryum, potassium, magnésium, strontium, iode ?
- 3 Écris l'équation de formation des ions de la question n° 2.
- 4 Donne la structure électronique des ions suivants : Ca^{2+} , Na^+ , H^+ , S^{2-} , O^{2-} .
- 5 Critique et corrige les formules des ions figurant sur l'étiquette d'eau minérale ci-dessous.

RECONNUE PAR L'ACADEMIE
ROYALE DE MEDECINE
ERKEND DOOR DE
KONINKLIJKE
ACADEMIE
VOOR GENEESKUNDE
VON DER KÖNIGLICHEN
AKADEMIE
FÜR MEDEZIN ANNERKANT
RECONGNISED BY
THE ROYAL ACADEMY
FOR MEDICINE

Analyse - Analysis (mg/L)				
Na	K	Ca	Mg	F
44	2,5	65	18	0,4
Cl	SO ₄	HCO ₃	NO ₃	pH
35	40	305	< 2	7

Résidu sec - Droogrest
Tronckenrückstand
Dry residue (109°) : 385 mg/L

Eau faiblement minéralisée
Zwak mineraalhoudend water
Wasser mit geringem
Minealiengehalt
Water with low mineral content

- 6 Écris la formule des ions contenus dans l'eau minérale dont la composition est fournie ci-dessous.

Composition mg/L			
CATIONS		ANIONS	
Calcium	80	Bicarbonates	263
Sodium	8	Sulfates	13
Potassium	2	Chlorures	12
Magnésium	8	Nitrates	0,6
Résidus secs à 180 °C : 300 mg/L			

- 7 Quel est l'ion qui possède 20 protons dans son noyau et dont la structure élec-

tronique est la suivante : K : 2 ; L : 8 ; M : 8 ?

- 8 Quel est l'ion dont la charge est 2^- et la structure électronique K2 L8 M8 ?
- 9 Parmi les entités suivantes, quelles sont celles qui ont la même configuration électronique : S^{2-} ; Ar ; K ; Ca^{2+} ; Br^- ?
- 10 Complète le tableau suivant :

Ions	Z	Nombre de			A _r
		e ⁻	n ⁰	p ⁺	
Na ⁺	11				
I ⁻				53	127
S ²⁻			16	16	
Mg ²⁺					24

- 11 Le sélénium Se a été découvert par Berzélius, l'auteur des symboles chimiques. En 1817, Berzélius décela le sélénium dans une usine productrice de gaz sulfureux. Il se révéla qu'il accompagnait un autre élément déjà connu, le tellure Te.

Comme le nom « tellure » dérivait du mot « terre » (« tellus » en latin), il s'imposa de donner à son élément satellite un nom évocateur de la Lune (« Selênê » en grec) d'où le nom « sélénium ».

- a) Qu'y a-t-il de commun et de différent entre les atomes S, Se et Te ?
- b) Recherche quels ions peuvent former ces 3 atomes.

- 12 Recherche la charge des ions polyatomiques correspondant aux groupements suivants : HSO_4^- , PO_4^{3-} et SO_3^{2-} .

- 13 Cher chimiste, voici une lettre anonyme que j'ai reçue. Pouvez-vous identifier l'auteur de cette lettre ?

Cher ami Chlore,

Je suis un métal argenté, de rayon atomique pas très grand. Ma densité est de 0,86.

Je suis plus jeune que vous de 33 ans puisque l'année de ma naissance est 1807 : c'est Humphrey Davy qui m'a découvert.