

LC 16 : CLASSIFICATION PÉRIODIQUE

22 mai 2022

Oui

Nathan Berrit & Juliette Colombier

Niveau : MPSI/PCSI

Commentaires du jury

Programme PCSI :

- utiliser le tableau périodique des éléments pour déterminer ou justifier des structures d'entités et des propriétés microscopiques (polarité, polarisabilité, amphiphilie, nucléophilie, électrophilie)
- L'étude de la constitution de la matière s'appuie sur le tableau périodique des éléments, outil essentiel des chimistes, dans l'objectif de développer progressivement les compétences relatives à l'utilisation des informations qu'il contient pour prévoir, dans cette partie, le nombre de liaisons d'un atome et la nature (polaire, ionique) des liaisons chimiques.
- Déterminer, pour les éléments des blocs s et p, le nombre d'électrons de valence d'un atome à partir de la position de l'élément dans le tableau périodique. Citer les éléments des périodes 1 à 3 du tableau périodique (nom, symbole, numéro atomique).
- métaux : Positionner dans le tableau périodique et reconnaître métaux et non métaux.
- Lier la position d'un élément dans le tableau périodique et le caractère oxydant ou réducteur du corps simple correspondant. Prévoir les nombres d'oxydation extrêmes d'un élément à partir de sa position dans le tableau périodique.

Bibliographie

- 🔗 <https://ptable.com/#Propriétés>,¹
- 🔗 *JFLM*, 1 et 2
- 🔗 *Cachau*

- C'est stylé pour montrer l'évolution des propriétés.
- Manip.
- Manip

Prérequis

- Configuration électronique
- oxydoréduction

Expériences



Table des matières

1	Classification périodique de Lavoisier à nos jours	2
1.1	Historique	2
1.2	Étude du tableau périodique actuel	3
2	Classification périodique et structure électronique quantique	4
2.1	Nombres quantiques	4
2.2	Règles de remplissage	4
3	Propriétés chimiques dans la classification	5
3.1	Stabilité	5
3.2	Électronégativité	5
3.3	Caractère oxydant des halogènes	5
3.4	Caractère réducteur des alcalins	5

1. Par soucis de place toujours, je pense pas qu'il soit nécessaire de mettre les références exactes surtout pour un livre classique.

Introduction

Le tableau périodique tout le monde sait à quoi il ressemble, vous vous en êtes déjà servi et vous l'avez beaucoup vu. Si il est autant utilisé c'est parce que c'est un truc très stylé qui a mis bcp de temps à être mis en place. En plus il sert pas seulement à donner tout les éléments mais aussi à en déduire plein de propriétés! Donc aujourd'hui on va regarder tout ça un peu plus en détail.

1 Classification périodique de Lavoisier à nos jours

1.1 Historique

Ça a pris bcp de temps et d'étapes pour faire le tableau périodique, plus d'un siècle. Idée de base : Comment classifier la matière? La première description était platonicienne (à regarder mais c'est un peu spécial je crois). En fait ce qu'il faut comprendre c'est que quand on parle de classification on parle d'élément chimique, aussi ça veut dire "élément mononucléaire ayant un nombre fixe de protons". Cependant la mise en évidence de l'électron et du noyau date de Thomson et Rutherford et donc du début du 20ème siècle. D'où la difficulté historique pour classer les "éléments" : ils n'étaient pas vraiment définis proprement.

En 1789, Lavoisier est un des premiers scientifiques à définir la notion d'élément chimique comme une substance simple qui ne peut être décomposée en d'autres substances. Lavoisier classe les substances connues en 4 catégories :

- les éléments impondérables
- les métaux
- les non métaux
- les terres

172 DES SUBSTANCES SIMPLES.
TABLEAU DES SUBSTANCES SIMPLES.

	Noms nouveaux.	Noms anciens correspondans.
	Lumière.....	Lumière. Chaleur. Principe de la chaleur.
	Calorique.....	Fluide igné. Feu. Manière du feu & de la chaleur.
Substances simples qui appartiennent aux trois règnes & qu'on peut regarder comme les élémens des corps.	Oxygène.....	Air déphlogistiqué. Air empiréal. Air vital. Base de l'air vital.
	Azote.....	Gaz phlogistiqué. Mofete. Base de la mofete.
	Hydrogène.....	Gaz inflammable. Base du gaz inflammable.
Substances simples non métalliques oxidables & acidifiables.	Soufre.....	Soufre.
	Phosphore.....	Phosphore.
	Carbone.....	Charbon pur.
	Radical muriatique..	Inconnu.
	Radical fluorique..	Inconnu.
Substances simples métalliques oxidables & acidifiables.	Radical boracique..	Inconnu.
	Antimoine.....	Antimoine.
	Argent.....	Argent.
	Arfenic.....	Arfenic.
	Bismuth.....	Bismuth.
	Cobolt.....	Cobolt.
	Cuivre.....	Cuivre.
	Etain.....	Etain.
	Fer.....	Fer.
	Manganèse.....	Manganèse.
	Mercure.....	Mercure.
Substances simples salifiables terreuses.	Molybdène.....	Molybdène.
	Nickel.....	Nickel.
	Or.....	Or.
	Platine.....	Platine.
	Plomb.....	Plomb.
	Tungstène.....	Tungstène.
	Zinc.....	Zinc.
	Chaux.....	Terre calcaire, chaux.
Magnésie.....	Magnésie, base du sel d'Épſom.	
Baryte.....	Barote, terre pesante.	
Alumine.....	Argile, terre de l'alun, base de l'alun.	
Silice.....	Terre siliceuse, terre vitrifiable.	

FIGURE 1 – Classification de Lavoisier

Ok c'est pas mal, mais bon avec ce qu'on sait aujourd'hui ça apparaît un peu bancal..

En 1804 John Dalton étudie la composition des corps simples. Il suppose alors que la matière est faite d'atomes indestructibles. C'est l'introduction des masses atomiques relatives (détermination du volume et de la masse d'un gaz à même température et même pression puisque qu'on avait pas la constante d'Avogadro). Ça rajoute un paramètre à prendre en compte en plus des propriétés physico-chimiques.

En 1859, Jean-Baptiste Dumas reprend l'idée de Dalton de classer les éléments par leur masse atomique et regroupe des éléments possédant les mêmes propriétés chimiques en tétrades (4 éléments). Il remarque que pour passer d'un élément à un autre on ajoute à peu près toujours la même masse atomique : c'est la première introduction de la notion de périodicité. Pour illustrer l'aspect une tétrade=propriétés similaires on va prendre quelques éléments de la famille des halogènes, que vous connaissez.

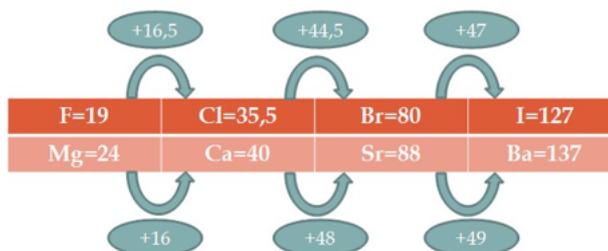


FIGURE 2 – source <https://culturesciences.chimie.ens.fr/thematiques/histoire-de-la-chimie/la-classification-periodique-de-lavoisier-a-mendeleiev>



Tétrades

↩ JFLM 2 p273

⌚ 3 min

On met en évidence les propriétés des halogènes en ajoutant Ag et en observant la formation d'un précipité. Historiquement ça a mis en évidence cette propriété des halogènes : 'même facilité à former un ion monoatomique négatif'. Il faudrait rajouter à la manip un élément d'une autre tétrade pour montrer la différence.

En 1862, c'est Charcourtois qui est le premier à remarquer la périodicité des propriétés chimiques. Il crée une vis tellurique qui est un cylindre en 16 parties et il retrouve l'alignement des tétrades. Dans la même période, Odling (1860) est le premier à considérer des cases vides en se disant qu'il existait des éléments non découverts à ces masses atomiques.

1870 (1869 ?) : Mendeleïev : "Les propriétés des corps simples et composés dépendent d'une fonction périodique des poids atomiques des éléments, pour la seule raison que ces propriétés sont elles-mêmes les propriétés des éléments dont ces corps dérivent." Bon c'est pas très clair tout ça mais déjà il fait la distinction entre corps simple (constitué d'un seul élément) et d'un élément chimique. Il présente donc sa classification, la base de celle qu'on connaît aujourd'hui. Elle se présente sous la forme d'un tableau qui recense tous les éléments découverts ou des cases vides par ordre de masse atomique croissante, enfin presque ! En effet, Mendeleïev a préféré faire primer la réactivité chimique face à la masse atomique et a ainsi inversé certains éléments en ce sens. En fait il avait classé par Z croissant sans faire exprès. Pour regarder on met le site ptable et on change la date pour montrer l'évolution de Mendeleïev à aujourd'hui.

1.2 Étude du tableau périodique actuel

On voit qu'on a 16 lignes (périodes) et 18 colonnes (familles) qui présentent la même réactivité (ah c'était ça les tétrades). On va définir les familles principales qu'il faut connaître :

- Colonne 1 : Alcalins
- Colonne 2 : Alcalino-terreux
- Colonne 17 : Halogènes
- Colonne 18 : Gaz nobles

Ce que vous devez retenir vous c'est les 3 premières lignes, pour cela il existe plusieurs phrases mnémotechniques. Choisissez en une et voilà.

Rq : on peut également introduire les lanthacide et tout à titre culturel je pense qu'on ne peut pas nous le reprocher par contre vous savoir qq trucs pour les questions.

↓
Le tableau périodique c'est un outil super puissant qui a été difficile à mettre en place. Ici on l'a vu de façon historiquement, donc à partir d'observations mais plus fondamentalement est-ce qu'on pourrait expliquer tout ça ?

2 Classification périodique et structure électronique quantique

En fait l'origine de la classification est quantique. On va regarder la configuration électronique qui est la source de la périodicité.

2.1 Nombres quantiques

On caractérise les électrons par 4 nombres quantiques :

- n : nombre quantique principal. Entier strictement positif. Il quantifie la couche électronique (là on peut introduire l'énergie des hydrogénoïdes pour parler un peu plus de n)
- l : nombre quantique secondaire. On a : $0 \leq l \leq n - 1$. Détermine la sous couche à laquelle appartient l'électron. On le note par une lettre (s, p, d, f, \dots). L'énergie dépend également de l .
- m_l nombre quantique magnétique : $-l \leq m \leq l$. peut être interprété comme la multiplicité de la sous-couche électronique. L'énergie de l'électron ne dépend pas de m .

La donnée de (n, l, m_l) décrit complètement l'électron dans l'atome : on appelle ça une orbitale atomique, à part un degré de liberté interne : le spin. Pour cela on peut introduire un quatrième nombre quantique $m_s = \pm 1/2$. On représentera le spin par une flèche vers le haut ou le bas dans la suite.

2.2 Règles de remplissage

Maintenant on va utiliser ces nombres quantiques pour étudier la configuration électronique ie indiquer la répartition des électrons au sein des couches et sous couches. Pour cela on va utiliser cette notation : **Principe d'exclusion de**

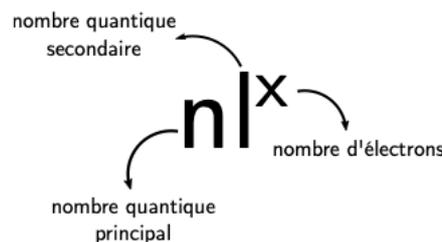


FIGURE 3 – Caption

Pauli

Deux électrons ne peuvent pas avoir les mêmes quatre nombres quantiques donc max deux électrons par orbitales atomique.

Règle de Kletchkowski

Les orbitales se remplissent par ordre de $n + l$ croissant, et à $n + l$ égaux par ordre de n croissant (à part quelques exceptions.) Là il faut faire des exemples au tableau en dessinant la petite pyramide.

Règle de Hund

Pour un niveau dégénéré qui n'a pas assez d'électrons (ex : $2p^4$, l'état de plus basse énergie est obtenu en utilisant un max d'orbitales. Faire l'exemple de l'azote et passer à l'oxygène.

On définit deux catégories d'électrons : ceux de coeur et ceux de valence. Pareil traiter quelques exemples. *Je pense que ça mange pas de pain de faire l'oxygène et le carbone psq ça permet de relier au lycée.*

Maintenant qu'on a dit tout ça revenons sur notre tableau périodique. Aller sur <https://ptable.com/#Électrons> et discuter la position dans le tableau en fonction de la config en se mettant en mode 'électrons'. On voit qu'il faut faire une lecture en bloc ! Et aussi on retrouve la config électronique par bloc (en fait on le voit hyper bien avec le logiciel du coup c'est très simple d'explique donc je détaille pas plus mais bon voilà il faut expliquer quoi).

3 Propriétés chimiques dans la classification

3.1 Stabilité

La dernière colonne de la classification périodique correspond aux gaz nobles. Ils sont particuliers car très inertes, c'est la configuration où la couche est remplie et aussi la plus stable. De ce fait, on peut étudier la stabilité des éléments et comprendre pourquoi ils vont avoir tendance à former des ions de tel ou tel degré d'oxydation.

Ex : halogènes, alcalino terreux, alcalins. On va s'intéresser plus particulièrement aux propriétés redox des halogènes et des alcalins

3.2 Électronégativité

=Capacité d'un atome à attirer les électrons engagés dans une liaison covalente. Repasser sur le site pour montrer comment cette prop évolue dans le tableau. On voit que l'électronégativité diminue dans une colonne, c'est logique parce que les électrons sont de plus en plus loin du noyau donc de moins en moins attirés. Au sein d'une période l'électronégativité augmente.

3.3 Caractère oxydant des halogènes



On voit donc que les halogènes ont tendance à capter un électrons. De ce fait ce sont des oxydants.

Caractère oxydant des halogènes

↗ Fosset p122 théorie+Cachau

⊖ 3min

À voir pendant une séance de manip.

3.4 Caractère réducteur des alcalins

C'est la même chose mais à l'inverse, on peut le voir en en mettant dans l'eau pour voir le dégagement gazeux. (le faire avec Na?)

Questions

- Pourquoi on appelle ça des "terres" ?
- Autres exemples de périodicité observée expérimentalement ? pentades
- Une application à l'halogénure d'argent ? En photographie
- Quelle est la première case vide à avoir été comblée dans la classification de Mendeleïev ? Le gallium (historiquement retentissant)
- Quel est le dernier élément stable de la classification périodique ? Le plomb (débat possible pour Bi skip)
- Quel est le premier élément instable ? Tc, puis Pm qui sont synthétiques et correspondent à des trous dans la vallée de stabilité.
- Citer et expliquer des exceptions à la règle de Klechkowski. $ns^2(n-1)d^4 \rightarrow ns^1(n-1)d^5$ pour donner deux sous-couches à demi remplies. ex : Cr.
- Et des exceptions pour les ions ? Les électrons ns partent avant les (n-1)d.
- Est-ce utile d'aborder les exceptions à la règle de Klechkowski en MPSI ?
- Définir l'électronégativité. Existe-t-il d'autres définitions ? Def de Pauling, de Mulliken.
- Pour le lien électronégativité-liaison regarder le triangle de Ketelaar-Van Arkel (orthographe non contractuelle).

8



- Qu'est ce qu'un pseudo-halogène ? Un groupement moléculaire avec les propriétés d'un halogène (forme des liaisons simples, grande électronégativité). Ex : nitrile -CN, tosyl -TsO.
- Une idée de TP possible autour de ce chapitre ? Plutôt en association avec un autre chapitre, celui là est plutôt pauvre en expériences.
- D'habitude on traite nombres quantiques et classification périodique dans le même chapitre. Tu aurais mis quoi dans le chapitre qui aurait traité les nombres quantiques de tes prérequis ? L'énergie des hydrogénoïdes, les sens des nb quantiques.

FIGURE 4 – Caption