

Classification périodique des éléments (suite)

III - Périodicité des propriétés atomiques

III.1 Effet d'écran et nombre de charge effectif

Introduction

Premiers éléments : schématiser un atome d'hydrogène, un atome d'hélium et un atome de lithium...

Expliquer qualitativement la notion d'effet d'écran à partir de l'attraction nucléaire ressentie par l'électron de valence d'un atome de lithium.

Généralisation :

Les électrons de cœur masquent une partie de la charge du noyau aux électrons de valence : c'est l'effet d'écran.

Tout se passe comme si les électrons de valence percevaient un noyau de numéro atomique non pas Z mais $Z^* = Z - \sigma$

numéro atomique « effectif »

numéro atomique

réel

effet d'écran

Comment « estimer » l'effet d'écran exercé par des électrons plus internes (combien de charges nucléaires sont masquées par un électron interne) ?..

Il existe des modèles plus ou moins élaborés pour faire cela (cf. le modèle de Slater), mais ils sont hors programme.

Cette année, on va se contenter d'une très grossière approximation, qui ne permettra pas de faire des calculs de grandeurs physiques, mais qui permettra de faire des interprétations qualitatives.

On admettra que, pour un électron de valence donné :

- chaque électron de cœur masque exactement UNE charge nucléaire (effet d'écran $\sigma_i = 1$) ;
- les autres électrons de valence NE masquent PAS DU TOUT la charge nucléaire (effet d'écran $\sigma_i = 0$).

Applications :

En utilisant l'approximation ci-dessus, estimer le numéro atomique effectif Z^* ressenti par l'électron de valence des éléments de la première colonne du tableau périodique (H et métaux alcalins)

Même question pour un électron de valence des éléments halogènes/

Conclusion : quand on descend dans une même colonne du tableau périodique, le nombre d'électrons de valence est le même : l'augmentation de Z est donc globalement compensée par l'augmentation du nombre d'électrons de cœur : Z et σ augmentent donc à peu près de la même valeur.

Conséquence :

La charge effective Z^* ressentie par les électrons de valence est sensiblement la même pour tous les éléments d'une même colonne du tableau périodique.

Déterminer l'évolution du numéro atomique quand on se déplace de gauche à droite dans une même ligne du tableau périodique, par exemple pour la deuxième période :

Conclusion : dans une même ligne du tableau périodique, le nombre d'électrons de cœur est constant, donc σ également.

Quand on se déplace de gauche à droite dans une ligne, l'augmentation de Z se traduit donc directement par l'augmentation du numéro atomique effectif Z^* .

La charge effective Z^* ressentie par les électrons de valence augmente significativement quand on se déplace de gauche à droite dans une même ligne du tableau périodique.

III.2 Rayon atomique

a) Définition du rayon atomique

Historiquement, les premières mesures de la taille des atomes ont été déduites de l'analyse de clichés de diffraction des rayons X sur des cristaux, au début du 20^{ème} siècle.

On a ainsi pu mesurer précisément les distances interatomiques dans les corps simples... et de ces mesures on a déduit simplement la définition du rayon d'un atome (faire un schéma) :

Le rayon atomique est défini expérimentalement comme la demi-distance entre deux atomes liés par liaison métallique ou covalente dans le corps simple.

Remarque : il existe d'autres définitions théoriques du rayon atomique, basés sur des calculs à partir des orbitales atomiques.

b) Observation des données (document 18)

Analyser le graphique du document 18, constater la **périodicité** du rayon atomique :

- comment évolue R de gauche à droite dans une même ligne ?
- que se passe-t-il lors du « retour à la ligne » ?
- comment évolue R de haut en bas dans une même colonne ?

Ces évolutions du rayon doivent impérativement être retenues !

Les schématiser sur un tableau périodique :

À retenir :

- le rayon atomique est de l'ordre de grandeur de l'angström (10^{-10} m = 100 pm) ;
- on observe un facteur 4 entre le rayon des plus gros atomes (alcalins de bas de période) et des plus petits atomes (F, O).

c) Interprétation

En utilisant la notion de numéro atomique effectif, interpréter ces évolutions du rayon atomique :

III.3 Électronégativité

Sur un tableau périodique simplifié, rappeler l'évolution de l'électronégativité dans une ligne et dans une colonne.

En utilisant la notion de numéro atomique effectif, interpréter ces évolutions de l'électronégativité :

III.4 Ions monoatomiques courants, rayons ioniques

a) Cations monoatomiques

Rappels :

- Les atomes ayant le plus tendance à devenir des cations sont ceux des éléments à gauche du tableau périodique car ce sont les moins électronégatifs.
- S'il y a peu d'e de valence (1,2,3...) on obtient souvent la perte de tous les électrons de valence

Exemples de cations monoatomiques courants :

alcalins :

alcalino-terreux :

aluminium :

éléments des blocs de transition :

- **Configuration électronique** : attention, pour les cations la règle de Klechkowski n'est pas applicable. On écrit la configuration électronique de l'atome neutre et on retire les électrons en commençant par l'OA la plus haute dans le diagramme des énergies orbitales.

Rayon d'un cation :

Comme on a retiré des électrons, un cation est toujours plus petit que l'atome neutre dont il est issu, surtout si on enlève tous les électrons de valence, car il ne reste alors que le noyau et ses électrons de cœur !

Exemple à commenter :

Rayons ioniques :

Na^+ : 102 pm Mg^{2+} : 72 pm Al^{3+} : 53 pm

b) Anions monoatomiques

Les atomes ayant le plus tendance à devenir des anions sont ceux des éléments à droite du tableau périodique car ce sont les plus électronégatifs.

Ils tendent à compléter leur couche de valence (et donc à acquérir la configuration électronique du gaz noble qui les suit) :

oxygène ou soufre :

halogènes :

Rayon d'un anion :

Un anion est toujours plus gros que l'atome neutre dont il est issu car l'attraction du noyau ne change pas mais la répulsion entre les électrons augmente.

Exemple à commenter :

Rayons ioniques :

O^{2-} : 140 pm F^{-} : 133 pm Cl^{-} : 181 pm