

La géométrie des molécules expliquée avec des ballons!

(Prérequis: savoir établir la formule de Lewis d'une molécule)



1. Avertissement

La connaissance de la géométrie de la molécule est indispensable pour comprendre les propriétés physiques et chimiques d'un corps pur. C'est pour cela qu'il nous semble important d'évoquer cet aspect dès la classe de seconde. Cet exposé doit bien sûr rester très accessible à nos élèves. C'est au professeur de décider ce qu'il peut faire...le but étant de rendre plus attrayant l'enseignement des sciences.

L'exemple de la molécule d'eau est édifiant. La seule formule de Lewis de la molécule d'eau n'explique pas les propriétés de l'eau. C'est la forme coudée de la molécule qui est responsable des propriétés solvantes et hydratantes de l'eau.

Il est donc important de comprendre pourquoi la molécule possède cette forme.

Il faut avoir recours au critère énoncé ci-dessous par Gillespie (non exigible en classe de seconde) pour accéder à la structure spatiale de la molécule. Il n'est pas question d'expliquer dans le détail ce critère.

Nous allons nous efforcer de présenter de façon ludique ce dernier au moyen ...de ballons à gonfler !

Quel rôle attribuer à ces ballons?

Les électrons des doublets n'ont pas de position déterminée. Il est seulement possible de prédire leur position en donnant une probabilité de présence. C'est un peu compliqué à admettre mais c'est pourtant la réalité. Ainsi le ballon délimite l'espace où la probabilité de présence des électrons est maximum. Un doublet liant est représenté par un ballon dont l'axe de symétrie est confondu avec l'axe de la liaison. Cela signifie que les électrons formant cette liaison ont une forte probabilité de se trouver à proximité de cet axe. C'est tout de même logique!

La méthode décrite a été testée auprès d'élèves de seconde, elle s'avère amusante et simple à mettre en œuvre. Quelques ballons achetés dans une boutique de jouets feront l'affaire...Il ne faut pas se priver de mettre à contribution les élèves pour les gonfler !

2. Critère d'éloignement maximum des doublets électroniques :

«Les doublets électroniques (qu'ils soient partagés ou libres) se repoussent et par conséquent se localisent préférentiellement dans des directions telles que leurs interactions soient minimales. » (Gillespie)

Traduisons ce critère en mots plus simples:

«L'ensemble des doublets (liants et non liants) se répartissent autour d'un atome en s'éloignant au maximum les uns des autres».

Cette petite phrase signifie que la direction de chaque doublet (qui détermine la géométrie de la molécule) dépend de la présence ou non d'autres doublets y compris des doublets non liants.



Un professeur Malagasy en pleine explication



3. L'exemple du méthane CH_4 :

Le plan de recherche sera toujours le même :

Étape 1 : établir la formule développée plane avec les doublets liants et non liants (formule de Lewis) de la molécule de méthane.

La méthode est expliquée en détail dans une autre leçon, nous en rappelons les principaux résultats.

Les valences 4 du carbone et 1 de l'hydrogène ainsi que le nombre d'atomes d'hydrogène permettent d'établir rapidement la formule (voir schéma ci-dessous).

La formule de Lewis pourrait faire croire que la molécule est plane. Elle ne donne en fait aucun renseignement sur la structure spatiale.

Étape 2 : Choix de la couleur des ballons.

Autour de l'atome de carbone, il y a 4 doublets liants. On choisira par conséquent **4 ballons de même couleur** (ici noire). Gonfler les 4 ballons pour obtenir des volumes à peu près identiques. Lier la base de chaque ballon avec un fil et faire un nœud bien serré pour assurer une bonne étanchéité.

Passer les fils dans un tube ou un anneau.

géométrie du méthane CH₄

The diagram illustrates the construction of a methane molecule model in four steps:

- 2 - choix des couleurs des ballons pour 4 doublets liants**: Four balloons are attached to a central point, representing the four valence electrons of the carbon atom.
- 3-assemblage**: The balloons are pushed together to form four lobes, representing the formation of four covalent bonds.
- 4 représentation plane formule de Lewis**: A 2D Lewis structure showing a central carbon atom bonded to four hydrogen atoms in a cross shape.
- 5-modèle tétraédrique**: A 3D perspective model of the tetrahedral geometry, showing a bond angle of 109° between two C-H bonds.

Etape 3 : Assemblage des ballons

Tenir le tube d'une main et tirer le fil de chaque ballon avec l'autre main jusqu'à serrer les ballons les uns contre les autres.

Par le contact les ballons respectent spontanément le critère d'éloignement maximum.

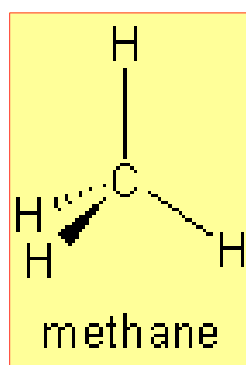
Les axes des 4 ballons s'orientent suivant les sommets d'un tétraèdre dont l'atome de carbone occupe le centre. **La géométrie de la molécule est dite tétraédrique.**

Etape 4 : Représenter le modèle de la molécule en perspective.

On utilise la représentation dite de «**Cram**» (voir schéma ci-dessous).

Les 2 liaisons en trait plein sont dans le plan du document. La liaison renforcée se situe en avant du plan. La liaison pointillée est en arrière du plan.

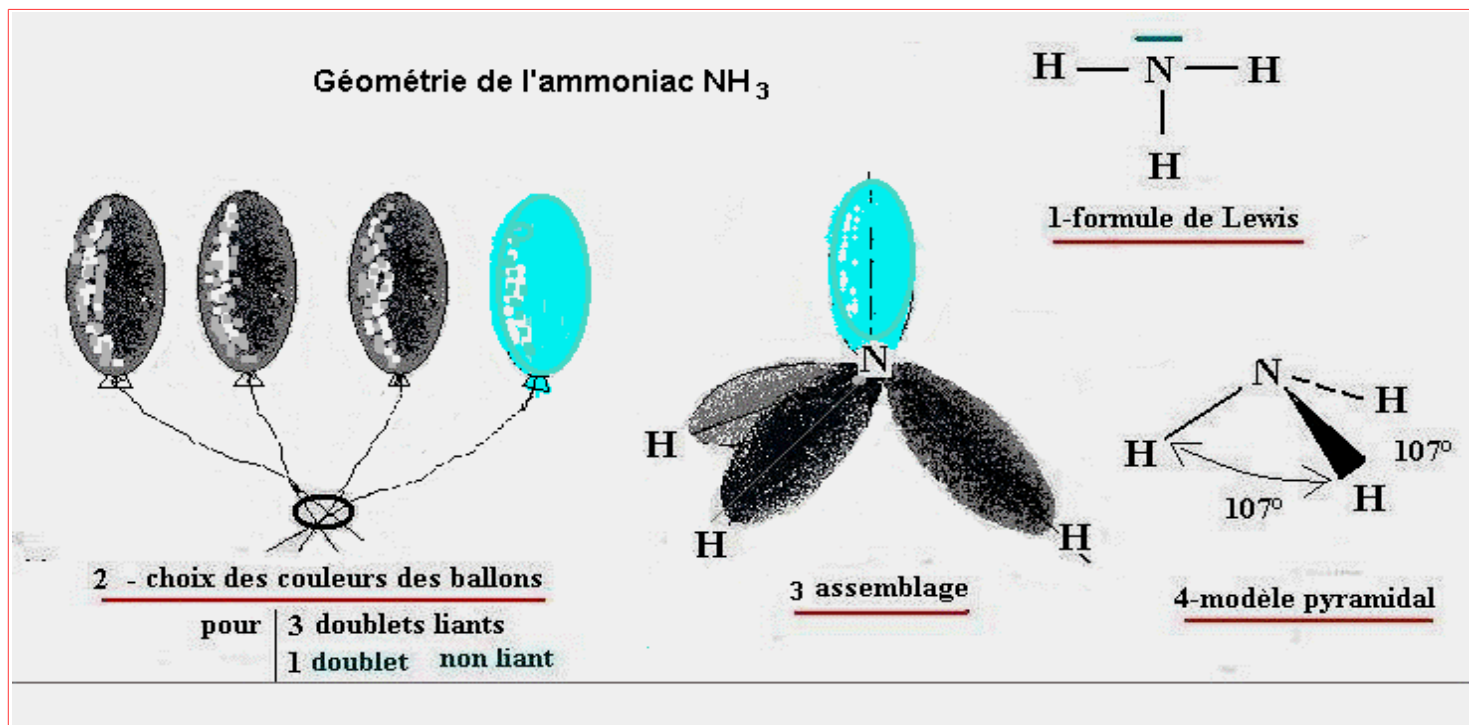
Les angles entre les liaisons ont tous la valeur de **109°**. Ce qui ne serait pas le cas bien sûr si la molécule était plane !





4. La molécule d'ammoniac NH_3 :

Ce qui change par rapport au cas précédent, c'est la présence d'un doublet non liant autour de l'azote. Il faudra choisir un ballon d'une autre couleur pour le représenter.



Le doublet non liant, comme on le voit, rapproche les 3 liaisons les unes vers les autres ce qui donne à la molécule une forme pyramidale.

L'atome d'azote est au centre d'un tétraèdre comme pour le méthane. Cependant les angles entre les liaisons sont un peu différents de 109° .

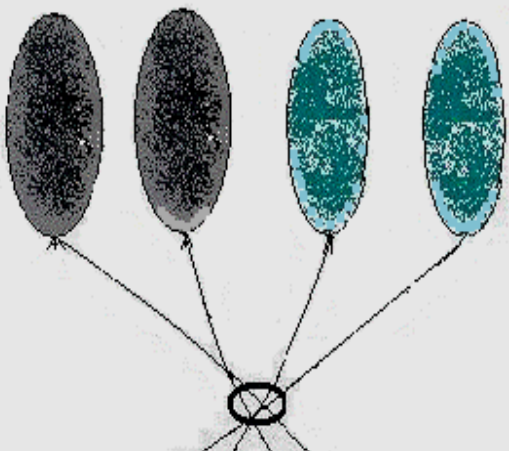
Ceci résulte du volume du doublet non liant un peu plus grand.



5. La molécule d'eau H₂O

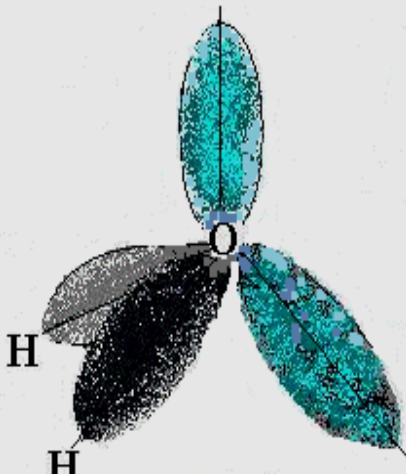
L'atome d'oxygène est entouré de 2 doublets liants et de 2 doublets non liants. Nous choisirons pour ces deux derniers une couleur différente (bleue).

géométrie de la molécule d'eau H₂O

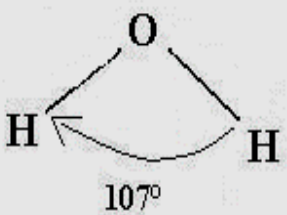


2 - choix des couleurs des ballons

pour | 2 doublets liants
| 2 doublets non liants



3-assemblage



4- modèle coudé

H — O — H

1-formule de Lewis

Les deux doublets non liants repoussent les deux doublets liants et ainsi les 3 atomes de la molécule d'eau forment un coude de 107°. Cette forme coudée rend la molécule **polaire**. C'est à dire qu'elle possède une charge négative du côté de l'oxygène et positive du côté des hydrogènes. C'est pour cela que l'eau possède des propriétés essentielles pour le fonctionnement de notre corps et que l'on ne peut s'en passer pour vivre !

