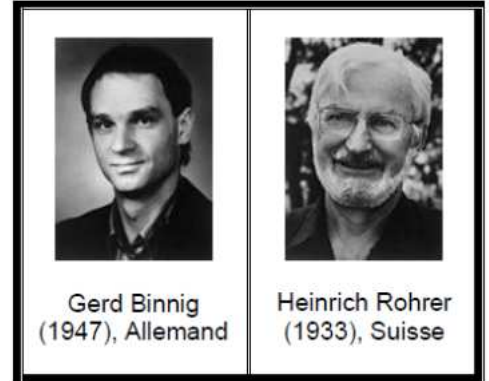


DE QUOI SE COMPOSE NOTRE UNIVERS ? COMMENT LE DECRIRE ?

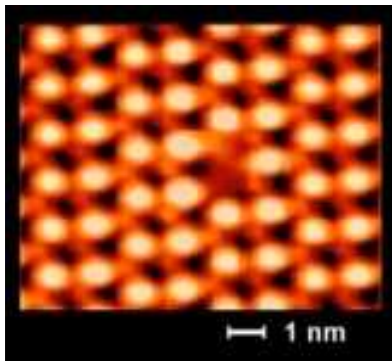
Introduction : *De la lunette de Galilée au microscope à effet tunnel*

La lunette de Galilée et le microscope à effet tunnel n'ont, semble-t-il, rien en commun, si ce n'est leur statut d'instruments scientifiques. La première a été inventée au XVII^e siècle, le second est un pur produit du XX^e siècle.

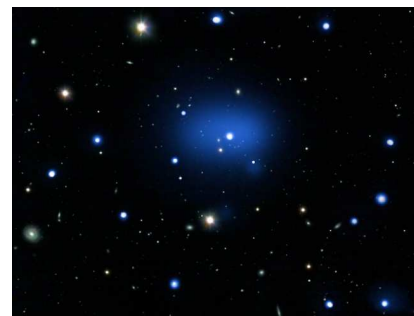
La lunette révéla la nature des planètes et de la Voie Lactée ; le microscope à effet tunnel permet de visualiser pour la première fois... des atomes. Il est inventé en 1981 par Gerd Binnig et Heinrich Rohrer, qui obtiennent pour cette découverte le prix Nobel de physique en 1986. En sondant la matière à l'échelle atomique, il ouvrit la voie aux nanotechnologies.



Pour la science Catherine Allamel-Raffin



Atomes de germanium observé à l'aide d'un microscope électronique



Le plus lointain amas de galaxies à ce jour a été découvert en combinant les données de l'Observatoire de rayons X Chandra et de télescopes optiques et infrarouges. L'amas est situé à environ 10,2 milliards d'années-lumière, et est observé tel qu'il était lorsque l'Univers avait seulement environ un quart de son âge actuel.

L'homme a de tout temps cherché à explorer et comprendre le monde qui l'entoure, que se soit dans l'infiniment petit ou dans l'infiniment grand. Nous allons dans ce chapitre décrire l'univers qui nous entoure en nous appuyant sur les observations et les découvertes faites aux cours de l'histoire.

I. Qu'est ce que l'univers ?

1. Définition

On nomme univers l'ensemble de tout ce qui existe, c'est une notion scientifique qui désigne l'ensemble de la matière distribuée dans le temps et dans l'espace et les lois qui le régissent.

2. De l'infiniment petit à l'infiniment grand, quelles unités utiliser ?

❖ L'unité de longueur

Mesurer une longueur c'est la comparer à une longueur de référence qui donne son nom à l'unité employée

❖ **Exemple :**

Jusqu'à la révolution française, on utilisait des unités de longueur se référant au corps humain comme le pied, le pouce, ou la coudée, dont la définition changeait parfois dans le temps ou d'une ville à l'autre. *En 1791, l'académie des sciences définit le mètre comme égal à la dix millionième partie de la longueur du quart du méridien passant par paris, donnant ainsi un caractère universel à cette nouvelle unité.*



Gravé dans un mur de la rue de Vaugirard à paris, voici d'un des 16 mètre étalon que la convention fit placer dans la capitale vers 1797 afin de familiariser la population avec cette nouvelle unité de longueur.

❖ **Le système international**

Les scientifiques se sont accordés en 1960 pour exprimer toutes les grandeurs dans un même système de 7 unités fondamentales, le système international d'unité (SI) dans lequel **le mètre est l'unité de longueur.**

Les unités dérivées du mètre sont des multiples de 10 ou des sous multiples :

| Symbole | Tm | Gm | Mm | km | m | dm | cm | mm | µm | nm | pm | Fm |
|---------|---|-----------|-----------|-----------|------------------------|------------|------------|-------------------------|------------|------------|-------------|-------------|
| Valeur | $10^{12}m$ | 10^9m | 10^6m | 10^3m | $1m$ | $10^{-1}m$ | $10^{-2}m$ | $10^{-3}m$ | $10^{-6}m$ | $10^{-9}m$ | $10^{-12}m$ | $10^{-15}m$ |
| nom | Teramètre | Gigamètre | Mégamètre | Kilomètre | mètre | decimètre | centimètre | millimètre | micromètre | nanomètre | picomètre | femtomètre |
| | Infiniment grand Nous verrons que ces différentes unités ne suffisent pas pour exprimer des grandeurs astronomiques. On utilisera des unités mieux adaptées : l'année lumière | | | | échelle humaine | | | Infiniment petit | | | | |

3. Qu'appelle-t-on ordre de grandeur ?

❖ **Définition**

L'ordre de grandeur d'un nombre est égal à la puissance de 10 qui s'approche le plus de sa valeur

Exprimé en mètre, la taille des objets de l'univers qui remplissent l'espace depuis le noyau atomique jusqu'au amas de galaxies est comprise entre 10^{-15} et $10^{24}m$ environ

❖ Méthode

Détermination de l'ordre de grandeur d'un nombre :

- 1^{ère} étape : exprimer cette valeur en notation scientifique : $a \cdot 10^n$ tel que $1 \leq a < 10$.
- 2^{ème} étape : arrondir a : si $a < 5$, on l'arrondi à 1, l'ordre de grandeur est alors de 10^n . si $a > 5$, on l'arrondi à 10, l'ordre de grandeur est alors de 10^{n+1} .

❖ Intérêt de l'ordre de grandeur

Savoir évaluer rapidement ou connaître l'ordre de grandeur d'une longueur permet de la situer sur l'échelle des longueurs qui compose notre univers.

De plus estimer à priori l'ordre de grandeur d'une longueur, comme de toute autre grandeur physique, permet de vérifier le résultat d'un calcul

II. Comment décrire l'infiniment grand ?

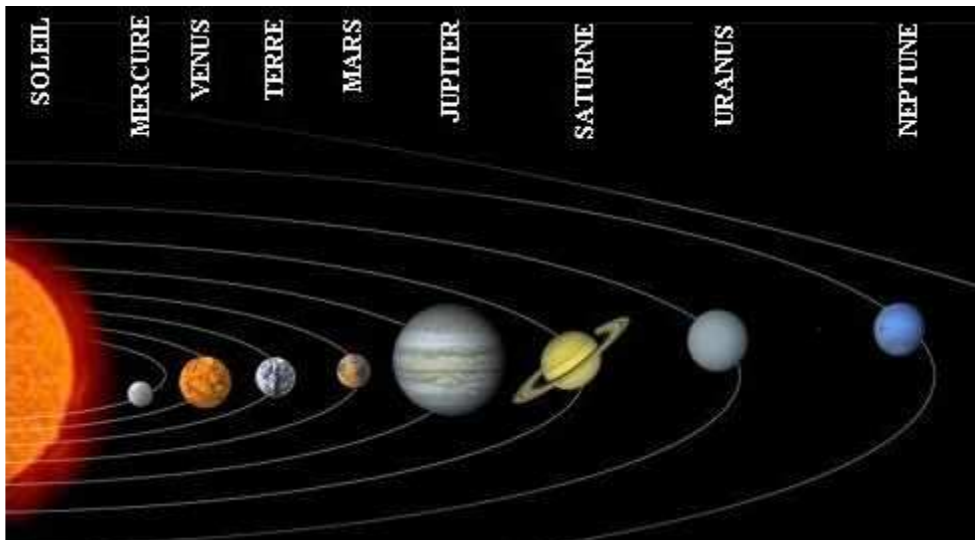
1. Le système solaire

❖ Description

Le système solaire est composé d'une étoile, le soleil, de 8 planètes qui gravitent autour et de corps plus petits (astéroïdes, comètes)

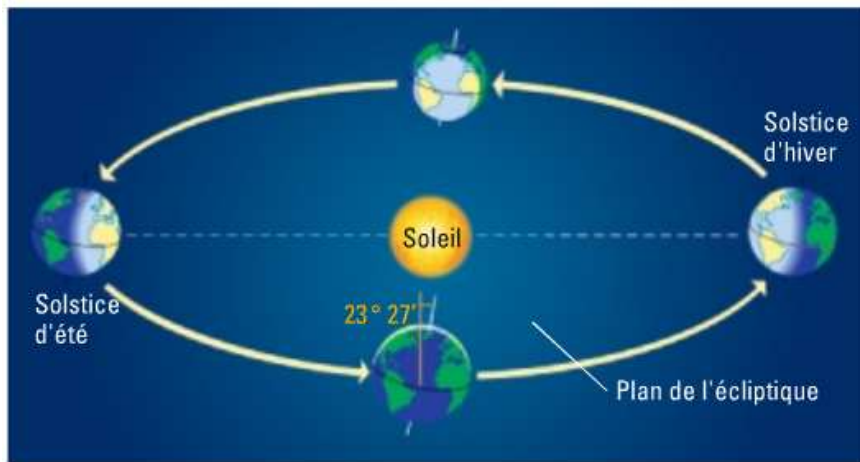
Le soleil est une boule de gaz, essentiellement constituée d'hydrogène et d'hélium.

Contrairement au soleil qui est une source primaire de lumière, les planètes ne sont pas des sources de lumières primaires mais des objets diffusants.



❖ Le mouvement des planètes

- **mouvement de révolution autour du soleil** : Au cours de ce mouvement, le centre d'une planète décrit une trajectoire appelée orbite, c'est une ellipse assez proche d'un cercle, centré sur le soleil.
- **Mouvement de rotation propre** : Les planètes tournent aussi sur elles-mêmes autour d'un axe passant par leurs pôles



Doc. 9. Au cours d'une révolution autour du Soleil, le centre de la Terre décrit une trajectoire quasi circulaire contenue dans le plan de l'écliptique. Notre planète est également animée d'un mouvement de rotation autour de l'axe polaire. Les échelles ne sont pas respectées.

❖ Constitution

Le système solaire est constitué essentiellement de vide, de même que notre galaxie et comme un espace qui n'est occupé qu'à certains endroits est dit lacunaire alors l'univers a une structure lacunaire à l'échelle cosmique.

2. Les galaxies

Les étoiles ne sont pas dispersées dans l'univers mais rassemblées en des structures de formes variées appelées galaxies.

Notre étoile, le soleil, appartient à une galaxie que l'on appelle Voie Lactée ou Galaxie (avec une majuscule)

Notre galaxie comporte plusieurs centaines de milliard d'étoiles, dont 8000 environ sont visibles à l'œil nu depuis la terre. Elle a la forme d'une spirale assez plate avec un bulbe central.



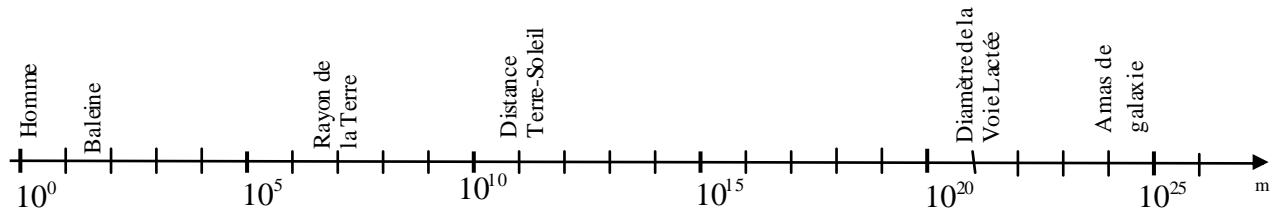
L'univers compte plusieurs centaines de milliards de galaxies, de tailles et de formes différentes, elles même regroupées en amas.

3. Exoplanètes et systèmes planétaires extrasolaires

Une planète extrasolaire ou exoplanète est en orbite autour d'une étoile autre que le soleil. Lorsqu'une étoile possède plusieurs exoplanète, l'ensemble constitue un système planétaire extrasolaire.

Le soleil n'étant qu'une étoile parmi les centaines de milliard d'étoiles que compte la Voie Lactée, la question de l'existence d'autre système planétaire semblable à notre système solaire se pose naturellement.

4. Ordres de grandeur



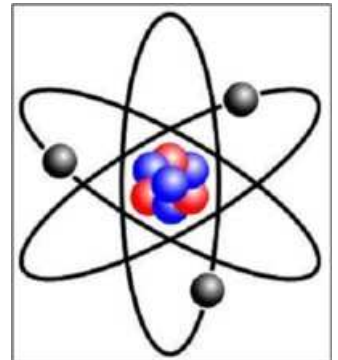
III. Comment décrire l'infiniment petit ?

1. L'univers à l'échelle de l'atome

En 1908, les recherches menées sur l'atome par Ernest Rutherford amènent ce physicien à postuler l'existence d'un noyau situé au centre d'une sphère, à l'intérieur de laquelle les électrons se déplacent. Le rayon de cette sphère est le **rayon atomique** : il détermine le **rayon de l'atome**.

Le noyau peut être lui-même considéré comme une sphère dont le rayon est beaucoup plus petit que le rayon atomique.

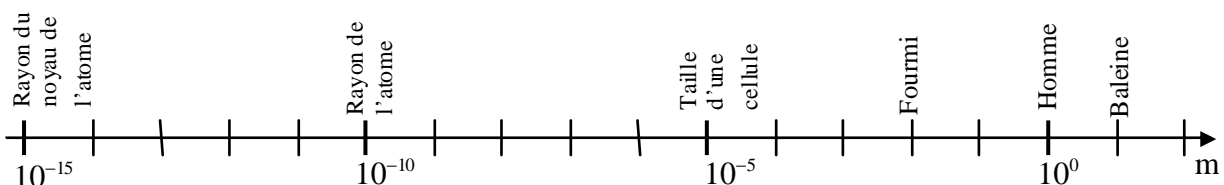
Si l'atome a la taille du stade de France, le noyau est une tête d'épingle placée au centre du terrain.



Autour du noyau, l'espace dans lequel les électrons se déplacent est vide : on dit que la structure de l'atome est lacunaire.

2. Ordre de grandeur

L'infiniment petit correspond aux longueurs allant du millimètre jusqu'à la taille du noyau d'un atome : 10^{-15} m



IV. Comment exprimer correctement le résultat d'une mesure ou d'un calcul ?

Les sciences physiques permettent de prévoir des résultats par le calcul. Ces résultats peuvent être vérifiés par des expériences en effectuant une (ou des) mesure(s). Les calepines peuvent fournir des résultats comportant beaucoup de chiffres (8 et plus) mais les appareils de mesure en donnent généralement moins (3 ou 4). Il est donc inutile et faux de donner un résultat avec tous les chiffres fournis par le calcul.

1. Incertitude

L'incertitude Δx sur la mesure est égale à une demi-graduation de l'instrument utilisé

❖ Expérience :

On mesure la longueur d'un morceau de bois avec les instruments suivants :

- un pied à coulisse,
- un double décimètre (ou une règle d'élève) ou un réglet,
- une règle de tableau (jaune en bois)

Chaque instrument donne un résultat plus ou moins précis suivant la situation.

Avec une règle, nous trouvons $L = 2,0$ cm soit 20 mm.

Cette longueur ne peut pas être mesurée exactement. Ici : $\Delta L = 0,5$ mm.

Nous devons écrire que la longueur est $L = 20\text{mm} \pm 0,5\text{mm}$ ou $19,5\text{mm} < L < 20,5\text{mm}$

2. Précision de la mesure

Le nombre de chiffres significatifs nous renseigne sur la précision d'une grandeur numérique. Plus la précision de la mesure est grande, plus le résultat comporte de chiffres significatifs.

❖ Méthode

Pour déterminer le nombre de chiffres significatifs d'une donnée, il suffit de **compter le nombre de chiffres** avec lesquels est exprimée la donnée sachant que :

- **les zéros placés à gauche du nombre ne comptent pas.**
- **les zéros placés à droite du nombre comptent.**
- **La position de la virgule n'intervient pas.**

Pour les données exprimées en "notation scientifique" la puissance de 10 n'intervient pas dans le compte des chiffres significatifs, seul les chiffres utilisés pour écrire le décimal a sont appelés chiffres significatifs.

❖ Les règles à retenir :

Après une addition ou une soustraction, le résultat ne doit pas avoir plus de décimales que le nombre qui en comporte le moins.
Après une multiplication ou une division, le résultat ne doit pas avoir plus de chiffres significatifs que celui qui en comporte le moins.

❖ Exemples :

| Nombres | Chiffres significatifs | Nombres | Chiffres significatifs |
|---------|------------------------|-----------------------|------------------------|
| 1,28 | 3 | $6,91 \cdot 10^5$ | 3 |
| 12,8 | 3 | $5 \cdot 10^{-2}$ | 1 |
| 0,06 | 1 | $0,06 \cdot 10^{-2}$ | 1 |
| 2,800 | 4 | $2,800 \cdot 10^{-3}$ | 4 |

$$32,2 + 100,23 = 132,4$$

$$1009 + 0,56 = 1010$$

$$\frac{1,0}{0,35} = 2,9$$

$$\frac{12,5}{10} = 1,3$$

3. Expression des résultats en physique et en chimie

Tous les résultats devront être donnés en écriture scientifique avec le nombre de chiffres significatifs approprié, suivis du symbole de l'unité (sauf pour les quelques grandeurs qui s'expriment sans unité)