

Chapitre 2: Unités, dimensions, ordres de grandeur



Observations



Mesures



Modèles



Théories

Réalité

Description
mathématique
de la réalité



Rubrique à Brac © Gotlib - Dargaud

I - Mesures et unités



Une mesure est toujours l'estimation d'une dimension

 Toute mesure s'exprime avec une incertitude

Exemples : $L = 1,45 \pm 0,02 \text{ m}$
 $U = 15 \pm 3 \text{ mV}$
 $[\text{Fe}^{2+}] = 1,3 \pm 0,2 \text{ mol.L}^{-1}$

II - Modèle

Un modèle n'est pas une vérité universelle :

- ✓ Il comporte des limites
- ✓ Il comporte un domaine de validité
- ✓ Il se base sur des hypothèses
- ✓ Il est limité dans la portée des phénomènes qu'il peut prédire

➔ Outil prédictif

$$P = mg$$



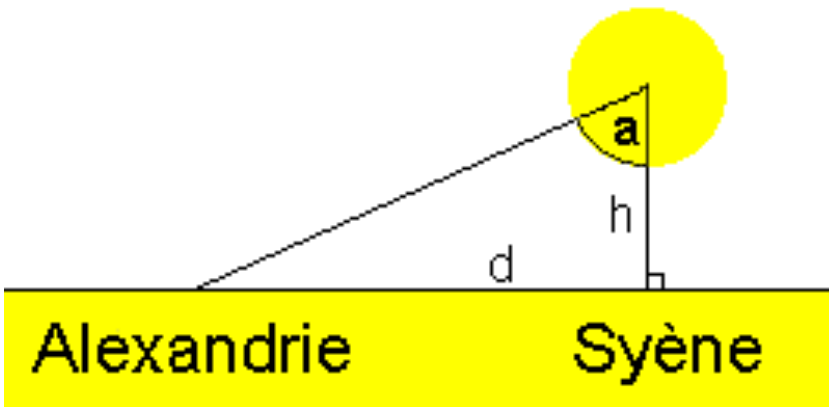
Ne pas négliger les hypothèses d'un modèle...

Solstice d'été

12H00



Soleil



Anaxagore (450 av. J.C.)



Distance terre-soleil = 6500 km

Ne pas négliger les hypothèses d'un modèle...

Solstice d'été

12H00



Soleil



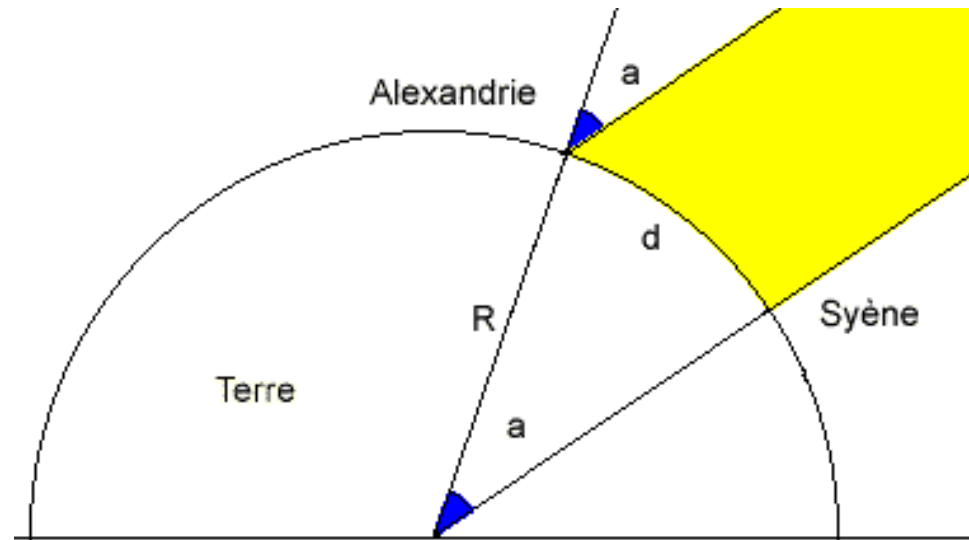
Alexandrie Syène

Anaxagore (450 av. J.C.)



Distance terre-soleil = 6500 km

Distance terre-soleil = 150.10^6 km



Eratosthène (250 av. J.C.)



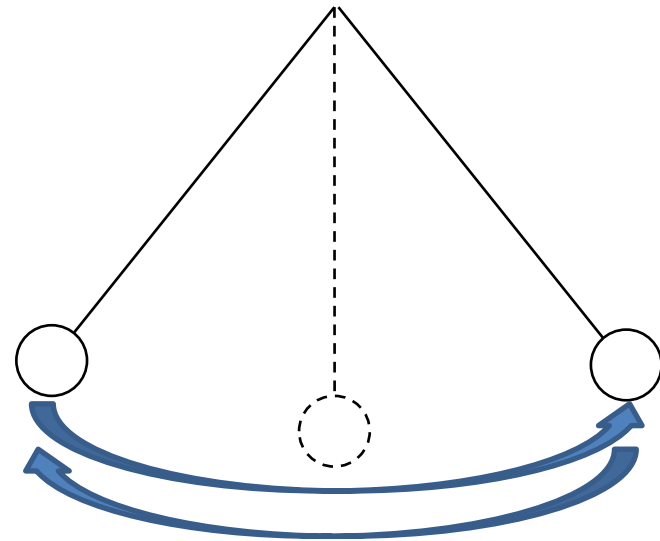
Rayon de la terre ~ 6500 km

III – Démarche scientifique, expérience

Anticiper la mesure

- ✓ Quel est **l'ordre de grandeur** de ce que l'on cherche à mesurer ?
 - réfléchir à la mesure,
 - savoir quels instruments et quelles unités utiliser
 - éviter des erreurs grossières
- ✓ Quels sont les paramètres qui influencent notre mesure ?
 - ➔ **Paramètres pertinents**
- ✓ Les paramètres que l'on a listés sont-ils indépendant entre eux ?
 - Paramètres liés ➔ **réduire** le nombre de paramètres
- ✓ Quelles sont les **risques de biais et d'incertitudes** sur mes mesures ?
 - Comment les limiter ?
 - Mes instruments de mesures sont ils adaptés ?

Exemple : période d'un pendule



Période T ?

- ✓ Quel est **l'ordre de grandeur** de ce que l'on cherche à mesurer ?
- ✓ Quels sont les paramètres qui influencent notre mesure ?
- ✓ Les paramètres que l'on a listés sont-ils indépendants entre eux ?
- ✓ Quelles sont les **risques de biais et d'incertitudes** sur mes mesures ?

IV - Grandeurs et unités SI

Le **Système SI** est le système d'unités adopté par la communauté scientifique internationale. Il permet l'utilisation de lois **cohérentes** entre elles.

- ✓ **7 grandeurs fondamentales** (ou grandeurs de base)
- ✓ Toutes les autres grandeurs sont appelées grandeurs secondaires ou dérivées.
 - ➡ Elles peuvent toutes s'exprimer en fonction des grandeurs fondamentales

Les appareils de mesures **sont calibrés par rapport à des étalons**. Dans le cadre du système SI, ces étalons sont définis par la Conférence Générale des Poids et Mesures. Les étalons peuvent évoluer dans le temps et être redéfinis.

Les 7 unités de base du système SI

- ✓ **Temps**, exprimé en seconde (noté s), de dimension notée T



Étalon : la seconde est la durée de 9 192 631 770 périodes de la radiation correspondant à la transition entre les deux niveaux hyperfins de l'état fondamental de l'atome de césium 133 à la température de 0 K.

- ✓ **Longueur**, exprimée en mètre (noté m), de dimension notée L

Étalon : le mètre est la longueur du trajet parcouru dans le vide par la lumière pendant une durée de $1/299\,792\,458$ de seconde.



Les 7 unités de base du système SI

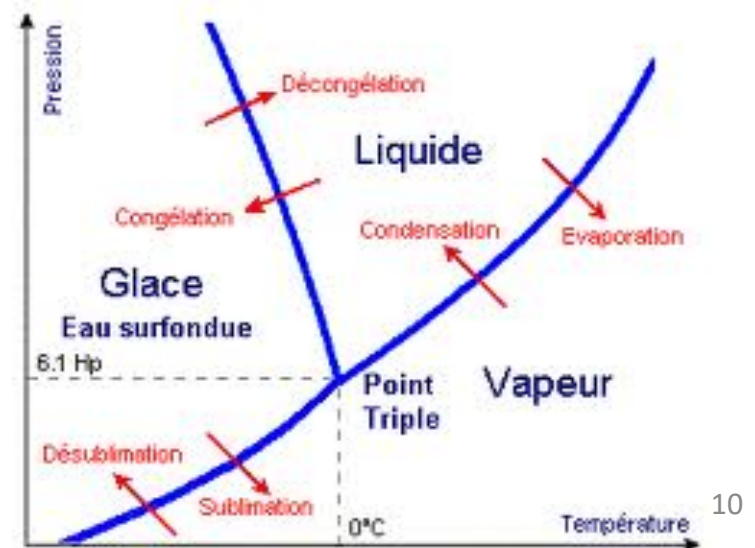
- ✓ **Masse**, exprimée en kilogramme (noté kg), de dimension notée M

Étalon : depuis mai 2019 le kilogramme est défini en prenant la valeur numérique fixée de la constante de Planck, h , égale à $6,626\,070\,15 \times 10^{-34}$ lorsqu'elle est exprimée en J.s, unité égale à $\text{kg.m}^2.\text{s}^{-1}$, le mètre et la seconde étant définis en fonction de c et $\Delta\nu_{\text{Cs}}$.



- ✓ **Température**, exprimée en kelvin (noté K), de dimension notée Θ

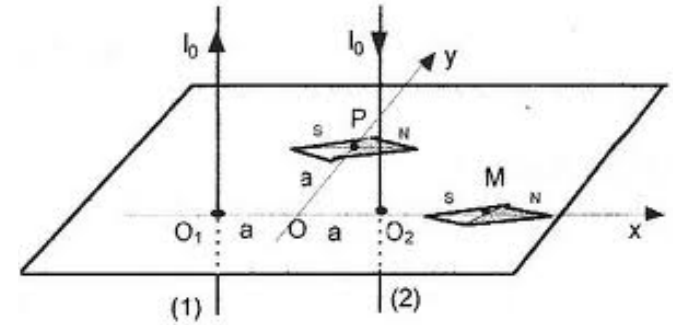
Étalon : depuis mai 2019, est le kelvin est défini en prenant la valeur numérique fixée de la constante de Boltzmann, k , égale à $1,380\,649 \times 10^{-23}$ lorsqu'elle est exprimée en J.K^{-1} , unité égale à $\text{kg.m}^2.\text{s}^{-2}.\text{K}^{-1}$, le kilogramme, le mètre et la seconde étant définis en fonction de h , c et $\Delta\nu_{\text{Cs}}$.



Les 7 unités de base du système SI

- ✓ **Intensité du courant électrique**, exprimée en ampère (noté A), de dimension notée I

Étalon : depuis mai 2019 l'ampère est défini en prenant la valeur numérique fixée de la charge élémentaire, e , égale à $1,602\,176\,634 \times 10^{-19}$ lorsqu'elle est exprimée en C, unité égale à A.s, la seconde étant définie en fonction de $\Delta\nu_{Cs}$



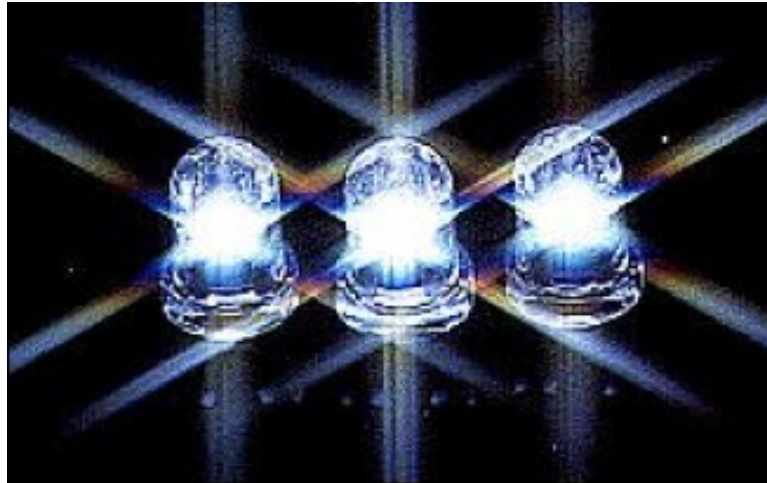
- ✓ **Quantité de matière**, exprimée en mole (notée mol), de dimension notée N



Étalon : la mole est la quantité de matière d'un système contenant autant d'entités élémentaires qu'il y a d'atomes dans 0,012 kilogramme de carbone 12. Ce nombre d'entités élémentaires est appelé nombre d'Avogadro.

Les 7 unités de base du système SI

- ✓ **Intensité de la lumière**, exprimée en candela (noté cd), de dimension notée J
Étalon : le candela est l'intensité lumineuse, dans une direction donnée, d'une source qui émet un rayonnement monochromatique de fréquence $540 \cdot 10^{12} \text{ s}^{-1}$ (hertz) et dont l'intensité énergétique dans cette direction est de 1/683 watt par stéradian.



→ Bureau international des poids et mesures (BIPM)
<https://www.bipm.org>

Les multiples et sous-multiples

Préfixe	Symbole	Facteur		Préfixe	Symbole	Facteur
Peta	P	10^{15}		Déci	d	10^{-1}
Téra	T	10^{12}		Centi	c	10^{-2}
Giga	G	10^9		Milli	m	10^{-3}
Méga	M	10^6		Micro	μ	10^{-6}
Kilo	k	10^3		Nano	n	10^{-9}
Hecto	h	10^2		Pico	p	10^{-12}
Déca	da	10^1		Femto	f	10^{-15}

V - Notions d'analyse dimensionnelle

$$[G] = M^{\alpha} L^{\beta} T^{\gamma} I^{\delta} \Theta^{\varepsilon} N^{\phi} J^{\eta}$$

- ✓ Deux grandeurs physiques égales ont la même dimension.
- ✓ On ne peut additionner (ou soustraire) que des grandeurs de même dimension. Le résultat a la même dimension.
- ✓ Le quotient de deux grandeurs de même dimension est un nombre sans dimension.
- ✓ La dérivée df/dx d'une fonction a la même dimension que le rapport des accroissements $\Delta f/\Delta x$.
- ✓ Les arguments des fonctions trigonométriques, exponentielles et logarithmiques sont nécessairement sans dimension. Le résultat d'une telle fonction est lui aussi sans dimension.
- ✓ Un angle est sans dimension (on l'exprime en radians).