

Métrologie – partie 1/3

SOMMAIRE

1. QU'EST CE QUE LA MÉTROLOGIE ?
2. HISTORIQUE
3. LA MESURE
4. LE SYSTÈME INTERNATIONAL D'UNITES
5. LES ORGANISATIONS
6. LA CHAÎNE D'ÉTALONNAGE

SOMMAIRE

1. **QU'EST CE QUE LA MÉTROLOGIE ?**
2. HISTORIQUE
3. LA MESURE
4. LE SYSTÈME INTERNATIONAL D'UNITES
5. LES ORGANISATIONS
6. LA CHAÎNE D'ÉTALONNAGE

Etymologie

4

- ▶ Le sens étymologique du mot « métrologie » vient du grec ancien « **mètre** » et « **traité** ».
- ▶ Par extension c'est la **science de la mesure**.
- ▶ L'usage et la science sont souvent confondus. Ce constat révèle une difficulté : tout le monde fait de la mesure... malgré la complexité de cette discipline.

Application

5

- Dans les domaines ci-dessous, citez au moins 4 types de mesure



La métrologie, à quoi ça sert ?

6

- ▶ La métrologie s'intéresse traditionnellement à la détermination de caractéristiques, appelées **grandeurs**, qui peuvent être **fondamentales** (ex : une longueur, une masse, un temps), ou **dérivées** des grandeurs fondamentales (ex : une surface, une vitesse).
- ▶ Par ailleurs, il existe des caractéristiques n'ayant qu'une relation indirecte avec ces grandeurs. C'est le cas, par exemple, de la dureté ou de la viscosité.
- ▶ Mesurer une grandeur physique consiste à lui attribuer une **valeur quantitative** en prenant pour référence une grandeur de même nature appelée **unité**.
- ▶ Dans le langage courant des « métrologues », on entend souvent dire **mesurer c'est comparer**.

La métrologie, à quoi ça sert ?

7

- ▶ Les résultats des mesures servent à **prendre des décisions** dans de nombreux domaines, tels que :
 - ▶ acceptation d'un produit (mesure de caractéristiques, de performances, conformité à une exigence),
 - ▶ réglage d'un instrument de mesure, validation d'un procédé,
 - ▶ réglage d'un paramètre dans le cadre d'un contrôle d'un procédé de fabrication
 - ▶ validation d'une hypothèse scientifique,
 - ▶ protection de l'environnement,
 - ▶ définition des conditions de sécurité d'un produit ou d'un système.
- ▶ L'ensemble de ces décisions concourt à la **qualité** des produits ou des services : on peut qualifier quantitativement la qualité d'un résultat de mesure grâce à son **incertitude**.
- ▶ En effet, sans incertitude, les résultats de mesure ne peuvent plus être comparés :
 - ▶ soit entre eux (essais croisés),
 - ▶ soit par rapport à des valeurs de référence spécifiées dans une norme ou une spécification (conformité d'un produit).

Application

8

- Pour chaque type de mesure, indiquez une décision afférente

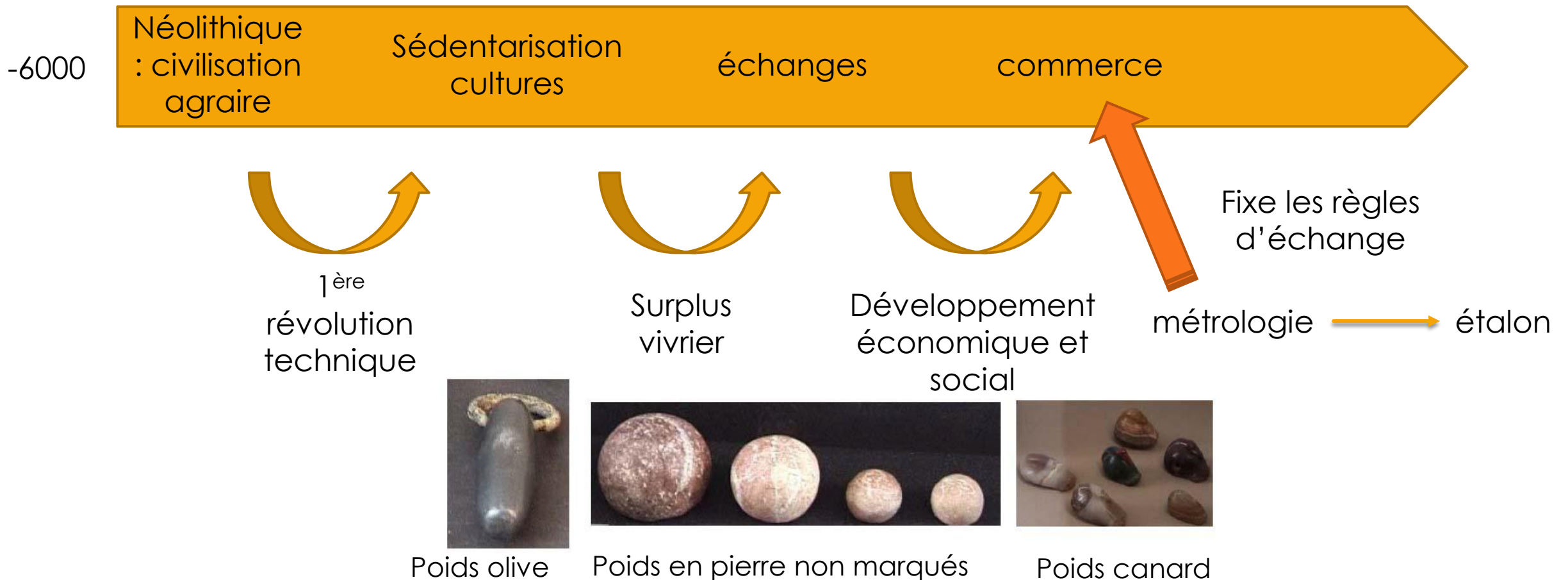


SOMMAIRE

1. QU'EST CE QUE LA MÉTROLOGIE ?
2. **HISTORIQUE**
3. LA MESURE
4. LE SYSTÈME INTERNATIONAL D'UNITES
5. LES ORGANISATIONS
6. LA CHAÎNE D'ÉTALONNAGE

Naissance de la métrologie

10



La référence commune : l'étalon

11

- ▶ Référence commune = **base de toute négociation** réciproque et juste
- ▶ Nécessite un arbitrage entre plusieurs groupes de pression (marchands, acheteurs, paysans, classes dirigeantes, seigneurs fiefés, abbayes, pouvoir royal...)
- ▶ Chacun cherche à modifier les étalons pour servir son intérêt
- ▶ Conservation des étalons dans des lieux symboliques
 - ▶ Temples et palais
 - ▶ Halles de marchés
 - ▶ Églises
- ▶ Tentatives d'unification des étalons → actions éducatives

- ▶ Milliers de mesures différentes, réinventées ou reconfigurées, qui vivent et s'éteignent.
- ▶ 744 : Childéric III veut unifier les mesures
- ▶ 800 : Charlemagne ordonne que les mesures soient égales et les poids justes
- ▶ 1780 : cahiers de doléances sous Louis XVI → **un roi, une loi, un poids et une mesure.**
- ▶ Observations de la Société royale d'agriculture sur l'uniformité des Poids et mesures, réalisées par Villeneuve, présentation à l'Assemblée nationale le 6 février 1790.

« C'est un fait notoire que non seulement on se sert en France de quantité de poids différents qui portent tous le nom de livre, mais encore une multitude de boisseaux, d'aunes, de verges, de cannes, de toises, de pintes ; et que ces mesures diffèrent entre elles, quoiqu'on les désigne par le même nom ; que ces différences sont très considérables, non pas d'une province à une autre, ou d'une ville à une autre, mais dans la même ville, dans le même bourg, dans le même village »

La métrologie aux savants

13

- ▶ La métrologie est alors confiée aux savants : philosophes, hommes de sciences et acteurs politiques de l'époque.
- ▶ En 1795, le premier système cohérent de métrologie, le **système métrique décimal**, est considéré comme un triomphe de l'esprit humain.
- ▶ Vecteur d'une égalité entre les citoyens, de fraternité entre les peuples, de la libération des hommes.
- ▶ La métrologie est ensuite confiée aux scientifiques et ingénieurs.
- ▶ Elle va subir des transformations scientifiques, techniques et organisationnelles de très grande ampleur.
- ▶ De nos jours, la métrologie du quotidien charpente et coordonne nos actes journaliers. Pourtant, peu de personnes en connaissent les tenants et aboutissants.

SOMMAIRE

1. QU'EST CE QUE LA MÉTROLOGIE ?
2. HISTORIQUE
3. **LA MESURE**
4. LE SYSTÈME INTERNATIONAL D'UNITES
5. LES ORGANISATIONS
6. LA CHAÎNE D'ÉTALONNAGE

La mesure d'une grandeur physique

- ▶ On appelle **grandeur physique** toute propriété de la nature qui peut être quantifiée par la mesure ou le calcul, et dont les différentes valeurs possibles s'expriment à l'aide d'un nombre généralement accompagné d'une unité de mesure.
- ▶ Exemples de grandeurs physiques :
 - ▶ La masse exprimée en kilogramme
 - ▶ La longueur exprimée en mètre
- ▶ Exemples de grandeurs sans dimension :
 - ▶ Indice de réfraction d'un milieu
 - ▶ Densité

La mesure d'une grandeur physique

16

- ▶ L'addition et la soustraction de nombres n'est possible que s'ils sont relatifs à la même grandeur.
- ▶ On peut multiplier ou diviser des grandeurs différentes → on obtient une nouvelle grandeur dérivée des deux autres.
 - ▶ Ex : la vitesse est issue de la division de la longueur par le temps.
- ▶ Il existe donc théoriquement une infinité de grandeurs, mais seul un certain nombre d'entre elles sont utilisées dans la pratique.
- ▶ Le domaine de la physique qui traite des relations entre les grandeurs est **l'analyse dimensionnelle**.

La mesure d'une grandeur physique

- ▶ On écrira le résultat de la mesure d'une grandeur sous la forme : $X = \{X\} \cdot [X]$
 - ▶ X est le nom de la grandeur physique,
 - ▶ $[X]$ représente l'unité
 - ▶ $\{X\}$ est la valeur numérique de la grandeur exprimée dans l'unité choisie.
- ▶ **Toute grandeur physique est invariante :**
elle ne dépend pas de l'unité dans laquelle on l'exprime.
 - ▶ Par exemple :
longueur l = 30,4 cm
0,304 m
12 pouces
 $1,646 \cdot 10^{-4}$ milles nautiques
- ▶ La valeur numérique dépend de l'unité choisie.
- ▶ **En conséquence, l'unité doit toujours être précisée.**



- Pour chaque type de mesure, indiquez la grandeur mesurée et son unité.



- ▶ L'opération communément appelée mesure est appelée **le mesurage**.
- ▶ La grandeur physique soumise à l'opération de mesurage est appelée **le mesurande** (= ce que l'on cherche à mesurer).
- ▶ Il ne faut pas utiliser le terme précision mais le terme **incertitude**.

SOMMAIRE

1. QU'EST CE QUE LA MÉTROLOGIE ?
2. HISTORIQUE
3. LA MESURE
4. **LE SYSTÈME INTERNATIONAL D'UNITES**
5. LES ORGANISATIONS
6. LA CHAÎNE D'ÉTALONNAGE

Le système international d'unités

21

- ▶ Le **Système International d'unités** (abrégé en **SI**), inspiré du **système métrique** et adopté en 1960, est le système d'unités le plus largement employé dans le monde.
- ▶ Il s'agit d'un système d'unités décimal (on passe d'une unité à ses multiples ou sous-multiples à l'aide de puissances de 10).
- ▶ C'est la Conférence Générale des Poids et Mesures, rassemblant des délégués des états membres de la Convention du Mètre, qui décide de son évolution, tous les quatre ans, à Paris.
- ▶ L'abréviation de « Système International » est SI, quelle que soit la langue utilisée.
- ▶ La norme internationale **ISO 1000 (ICS 01 060)** décrit les unités du Système International et les recommandations pour l'emploi de leurs multiples et de certaines autres unités.
- ▶ Pour définir les unités, on recherche des définitions à caractère universel utilisant les constantes physiques plutôt que des objets uniques déposés en un lieu donné.
- ▶ Les définitions des unités de base du SI utilisent des phénomènes physiques reproductibles.

- Il y a 7 unités de base. Quelles sont-elles ?



Les 7 unités de base

23

Intensité lumineuse (J) : Candela [cd]
intensité lumineuse, dans une direction donnée, d'une source qui émet un rayonnement monochromatique de fréquence 540×10^{12} hertz et dont l'intensité énergétique dans cette direction est 1/683 watt par stéradian

Quantité matière (N) : Mole [mol]
qté de matière d'un système contenant autant d'entités élémentaires qu'il y a d'atomes dans 0,012 kg de carbone 12

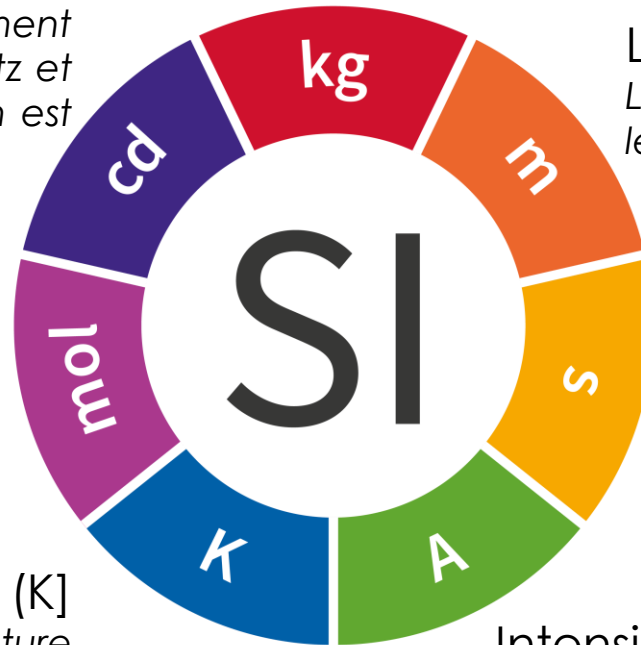
Température (T) : Kelvin [K]
fraction 1/273,16 de la température thermodynamique du point triple de l'eau

Masse (m) : kilogramme [kg]
Constante de Planck, h , égale à $6,626\,070\,15 \times 10^{-34}$ J·s

Longueur (l) : mètre [m]
Longueur du trajet parcouru par la lumière dans le vide pendant une durée de 1/299 792 458 s

Temps (t) : seconde [s]
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

Intensité électrique (I) : Ampère [A]
Intensité d'un courant constant qui, maintenu dans deux conducteurs parallèles, rectilignes, de longueur infinie, de section circulaire négligeable et placés à une distance de 1 mètre l'un de l'autre dans le vide, produirait entre ces conducteurs une force égale à $2 \cdot 10^{-7}$ newton par mètre de longueur.



Focus sur le kilogramme

24

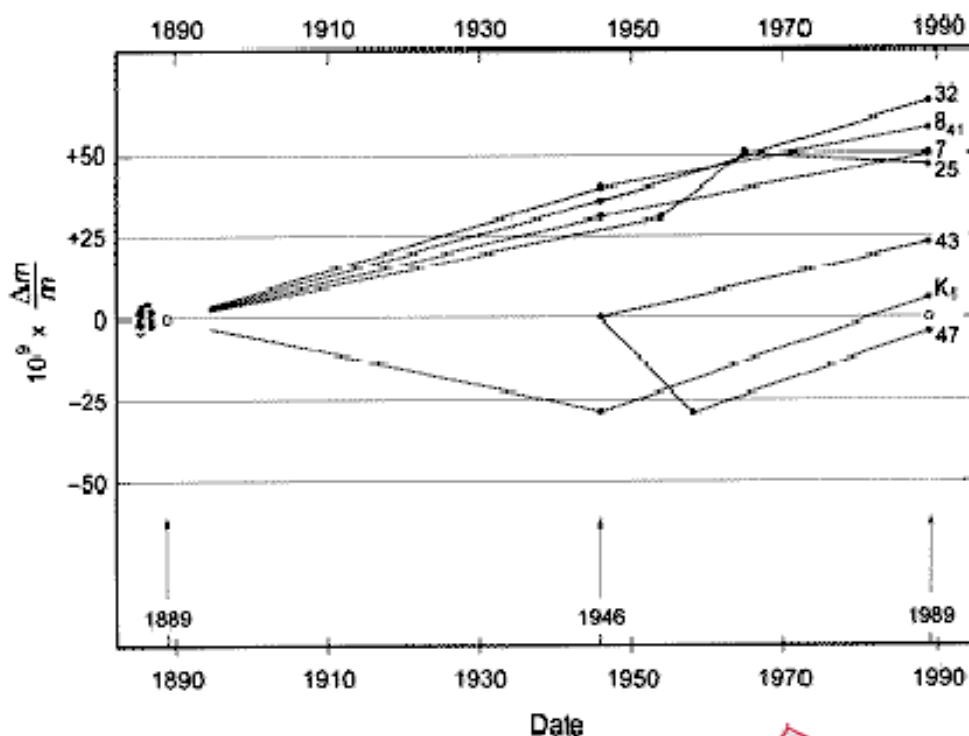
- ▶ Historiquement, la définition du kilogramme était la masse d'un décimètre cube d'eau (un litre).
- ▶ Puis, en 1889, le kilogramme a été la masse du prototype international du kilogramme, composé d'un alliage de platine et d'iridium (90%-10%), conservé au Bureau international des poids et mesures à Sèvres, en France.
- ▶ Qualités de l'alliage : inaltérabilité, dureté, masse volumique importante → minimise les surfaces donc les risques d'altération
- ▶ Dimensions Ø39mm x 39mm
- ▶ C'était le dernier étalon matériel (jusqu'en 2019)
- ▶ 40 copies issues de la même coulée ont été attribuées à la plupart des pays et servaient d'étalon national .



Focus sur le kilogramme

25

Evolution de la masse des copies du prototype international



Constat d'une dérive relative du prototype international du kilogramme par rapport à un ensemble de prototypes nationaux ou témoins de même nature.

Les valeurs obtenues depuis plus de 100 ans ont mis en évidence une dérive différentielle relative de $3 \cdot 10^{-8}$ et une dispersion des valeurs des prototypes nationaux et témoins de l'ordre de $1 \cdot 10^{-7}$, montrant ainsi la fragilité de cette définition.

Depuis 2019, la nouvelle définition du kilogramme est fondée sur la constante de Planck.

- ▶ En 1791, une commission doit choisir entre 3 références pour fixer la base de l'unité mètre :
 - ▶ la longueur du pendule simple à secondes à la latitude de 45°
 - ▶ la longueur du quart du cercle de l'équateur
 - ▶ la longueur du quart du méridien terrestre → le plus simple à calculer et le plus universel
- ▶ La première définition officielle et pratique du mètre (1791) était basée sur la circonférence de la terre, et valait $1/40\,000\,000$ d'un méridien (astronomique).
- ▶ En 1799, un nouveau mètre-étalon en platine dédié "à tous les temps, à tous les peuples", est déposé aux archives de la république.
- ▶ Il est remplacé en 1889 par le prototype international du mètre, en platine irridié.



Focus sur le mètre

27

- ▶ En 1960, le mètre est redéfini comme étant égal à 1 650 763,73 fois la longueur d'onde, dans le vide, d'une radiation orangée de l'atome krypton 86 → étalon naturel, reproductible, offrant des garanties de permanence et d'invariabilité permettant d'avoir une exactitude près de cinquante fois supérieure au prototype international, et une meilleure garantie de conservation à très long terme.
- ▶ En 1983, suite aux importants travaux sur la vitesse de la lumière et sur les horloges atomiques, le mètre est redéfini en fonction de la vitesse de la lumière, comme égal "à la longueur du trajet parcouru dans le vide par la lumière pendant $1/299\,792\,458$ de seconde".

Focus sur la seconde

28

- ▶ Avant 1960, l'unité de temps, la seconde, était définie comme la fraction $1/86\,400$ du jour solaire moyen, défini par les astronomes → pas satisfaisante du fait des irrégularités de la rotation de la Terre
- ▶ 1968 : nouvelle définition de la seconde fondée sur la fréquence de la transition hyperfine de l'état fondamental de l'atome de césium 133.
- ▶ La métrologie du temps se présente sous deux aspects :
 - ▶ La mise en œuvre d'un outillage permettant de réaliser la seconde (intervalle de temps) : la fontaine atomique (= meilleure horloge atomique)
 - ▶ Le maintien en permanence d'une échelle de temps élaborée de façon continue à l'aide d'une horloge basée sur le décompte d'intervalles de temps générés par des étalons.
- ▶ Des recherches sont en cours pour baser la définition de la seconde sur des horloges optiques et non atomiques et devraient aboutir dans un avenir proche.

Focus sur la seconde

29

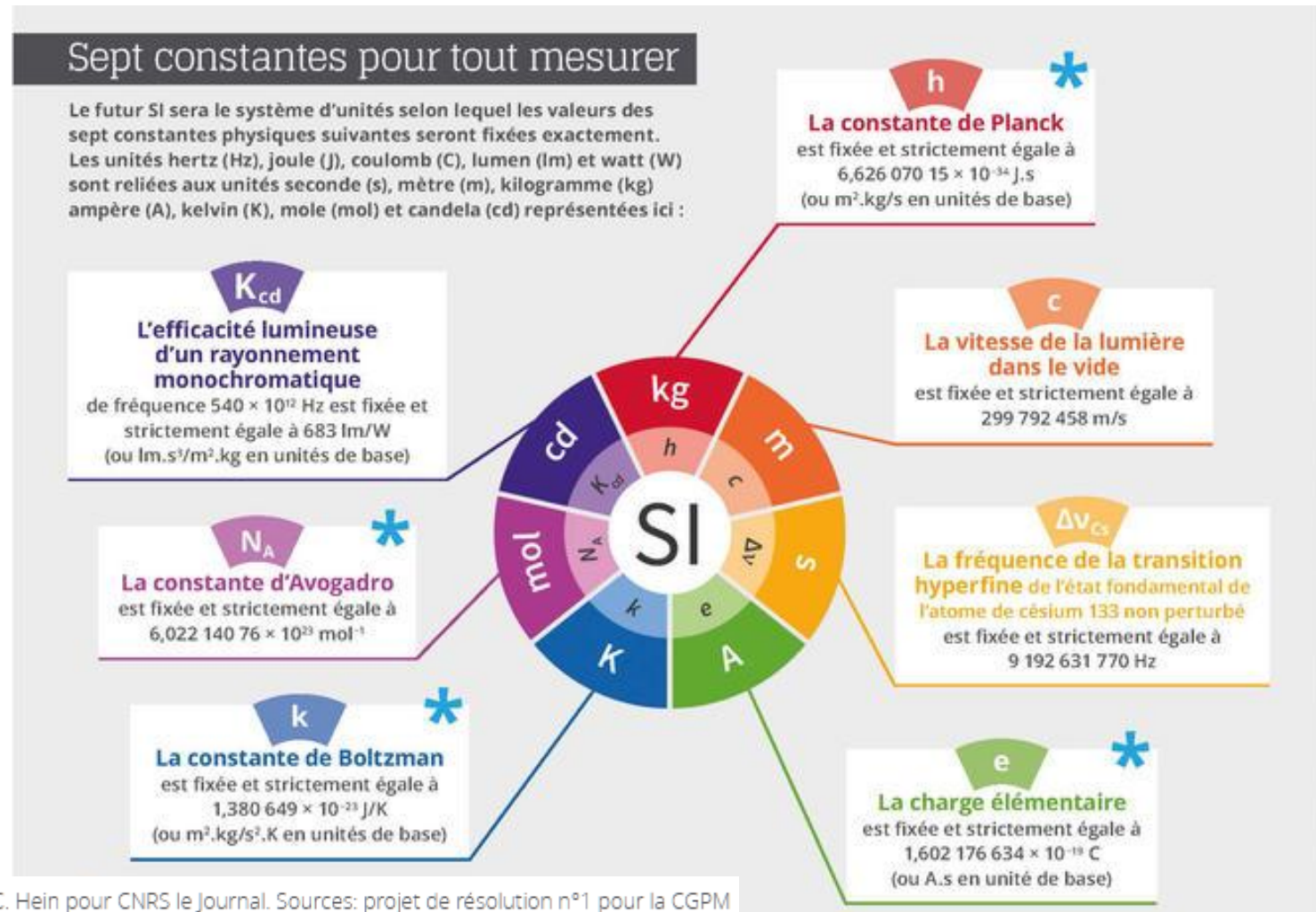
- ▶ Le Laboratoire National de métrologie et d'Essais (LNE) établit l'échelle française de temps : Fonctionnement en continu d'une horloge commerciale (choisie pour sa stabilité).
- ▶ Le Temps Atomique Français (TAF) est obtenu par la moyenne de 20 horloges à césium fonctionnant dans 11 laboratoires et comparées entre elles.
- ▶ La qualité de l'échelle de temps atomique (1972) est telle qu'après 1 million d'années de fonctionnement elle différerait de l'échelle idéale de moins d'une seconde.
- ▶ La section Temps du BIPM utilise les résultats de 230 horloges atomiques pour établir l'échelle de Temps Atomique Internationale (TAI) = Référence scientifique mondiale qui permet la synchronisation des échelles de temps des différents pays.
 - ▶ UT1 : Le Temps Universel : Temps solaire du méridien de Greenwich .
 - ▶ UTC : Temps Universel Coordonné (1 fois par an correction de 1s)
- ▶ Diffusion du temps :
 - ▶ 10 ns par GPS
 - ▶ 1 ms par signaux horaires codés par France Inter Grandes Ondes (fréquence 162 kHz)
 - ▶ 50 ms par accès téléphonique à l'horloge parlante (Utilisée pour l'étalonnage de chronomètres dans l'industrie)

Redéfinition des unités de base

30

Conférence des Poids
et Mesures (CGPM)
→ décide des évolutions
tous les 4 ans

Valable depuis 2019

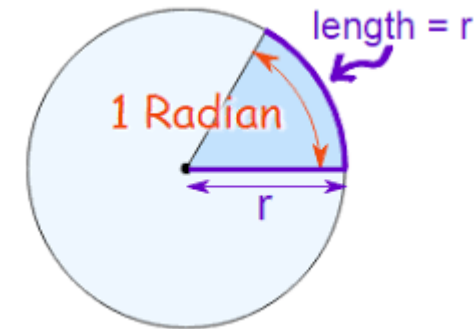


Les unités supplémentaires

31

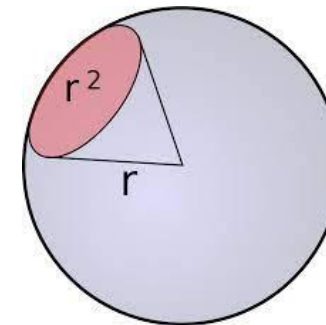
- ▶ l'unité d'angle plan : le **radian** [rad]

- ▶ angle plan compris entre deux rayons qui, sur la circonférence d'un cercle, interceptent un arc de longueur égale à celle du rayon,



- ▶ l'unité d'angle solide : le **stéradian** [sr]

- ▶ angle solide qui, ayant son sommet au centre d'une sphère, découpe sur la surface de cette sphère une aire égale à celle d'un carré ayant pour côté le rayon de la sphère.



- ▶ Le radian et le stéradian doivent être considérés comme des unités sans dimension qui peuvent être utilisées ou non dans les expressions des unités dérivées.
- ▶ L'heure et la minute ne sont pas des multiples décimaux de la seconde donc ne sont pas des unités du S.I. mais sont reconnues.

Les unités dérivées

32

- Les unités dérivées font partie du SI et sont déduites des sept unités de base.



Grandeur	Unité	Expression en unités de base	Expression en d'autres unités	Relation
force	newton (N)	$\text{m} \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-2}$		Force = masse · accélération
pression	pascal (Pa)	$\text{m}^{-1} \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-2}$	$\text{N} \cdot \text{m}^{-2}$	Pression = force / surface
différence de potentiel électrique	volt (V)	$\text{m}^2 \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-3} \cdot \text{A}^{-1}$		
Travail, énergie et quantité de chaleur	joule (J)	$\text{m}^2 \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-2}$	$\text{N} \cdot \text{m}$	Travail = force · distance; énergie cinétique = masse · vitesse ² / 2
puissance, flux énergétique et flux thermique	watt (W)	$\text{m}^2 \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-3}$	$\text{J} \cdot \text{s}^{-1}$	Puissance = travail / temps

Les unités dérivées

33

Longueur
[m]



Grandeur	Unité	Expression en unités de base
aire, superficie	mètre carré	m^2
volume	mètre cube	m^3
angle plan	radian (rad)	$m \cdot m^{-1}$
angle solide	stéradian (sr)	$m^2 \cdot m^{-2}$
dose absorbée	gray (Gy)	$m^2 \cdot s^{-2}$

Les unités dérivées

34

Temps
[s]



Grandeur	Unité	Expression en unités de base	Expression en d'autres unités	Relation
fréquence	hertz (Hz)	s^{-1}		Fréquence = 1 / période
activité d'un radionucléide	becquerel (Bq)	s^{-1}		
équivalent de dose	sievert (Sv)	$m^2 \cdot s^{-2}$	$J \cdot Kg^{-1}$	
dose absorbée	gray (Gy)	$m^2 \cdot s^{-2}$	$J \cdot Kg^{-1}$	

Les unités dérivées

35

Intensité
électrique
[A]



Grandeur	Unité	Expression en unités de base	Expression en d'autres unités	Relation
charge électrique	coulomb (C)	$A \cdot s$		Charge = courant * temps
différence de potentiel électrique	volt (V)	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-3} \cdot A^{-1}$	$J \cdot C^{-1}$	Tension = travail / charge
résistance électrique	ohm (Ω)	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-3} \cdot A^{-2}$	$kg \ m^2 \ s^{-3} \ A^{-2}$	Résistance = tension / courant
capacité électrique	farad (F)	$m^{-2} \cdot kg^{-1} \cdot s^4 \cdot A^2$	$C \cdot V^{-1}$	Capacité = charge / tension
inductance	henry (H)	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2} \cdot A^{-2}$	$V \cdot s \cdot A^{-1}$	inductance = tension*temps / courant
induction magnétique	tesla (T)	$kg \cdot s^{-2} \cdot A^{-1}$	$V \ s \ m^{-2}$	Induction = Tension*temps / surface

Les unités dérivées

36

Température
[K]



Grandeur	Unité	Expression en unités de base
température Celsius	degré Celsius ($^{\circ}\text{C}$)	K $T/\text{K} - 273,15$
conductivité thermique	watt par mètre kelvin ($\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$)	$\text{m}\cdot\text{kg}\cdot\text{s}^{-3}\cdot\text{K}^{-1}$
résistance thermique surfacique	mètre carré kelvin par watt ($\text{m}^2\cdot\text{K}\cdot\text{W}^{-1}$)	$\text{kg}^{-1}\cdot\text{s}^3\cdot\text{K}$
capacité thermique	joule par kelvin (J/K)	$\text{m}^2\cdot\text{kg}\cdot\text{s}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$

Les unités dérivées

37

Quantité
de matière
[mol]



Grandeur	Unité	Expression en unités de base
Concentration molaire	mole par mètre cube	$\text{mol} \cdot \text{m}^{-3}$
activité catalytique	katal (kat)	$\text{mol} \cdot \text{s}^{-1}$

Les unités dérivées

38

Intensité
lumineuse
[cd]



Grandeur	Unité	Expression en unités de base
flux lumineux	lumen (lm)	$\text{cd} \cdot \text{sr} = \text{m}^2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{cd}$
éclairement lumineux	lux (lx)	$\text{lm} \cdot \text{m}^{-2} = \text{m}^{-2} \cdot \text{cd sr}$

Règles d'écriture

39

- ▶ Il y a toujours un espace entre le nombre et l'unité.
 - ▶ Exception : sauf pour le degré, la minute et la seconde d'angle plan (respectivement °, ' et '')
- ▶ Cette règle signifie que le symbole °C pour le degré Celsius est précédé d'un espace.
- ▶ Dans une expression donnée, une seule unité doit être utilisée.
 - ▶ Exception : sauf pour les valeurs des grandeurs « temps » et « angle plan » exprimées au moyen d'unités en dehors du SI
- ▶ Le séparateur décimal peut être un point ou une virgule, selon la langue et le contexte

✓
L = 15 cm
F = 220 daN

$\theta = 12^{\circ}3'4''$

T = 24 °C

L = 15 cm

d = 10 min 3 s
 $\theta = 12^{\circ}3'$

m = 85,6 kg
m = 85.6 kg

✗
L = 15cm
F = 220daN

$\theta = 12^{\circ}3'$

T = 24°C

L = 10 cm 50 mm

Multiples et sous-multiples décimaux

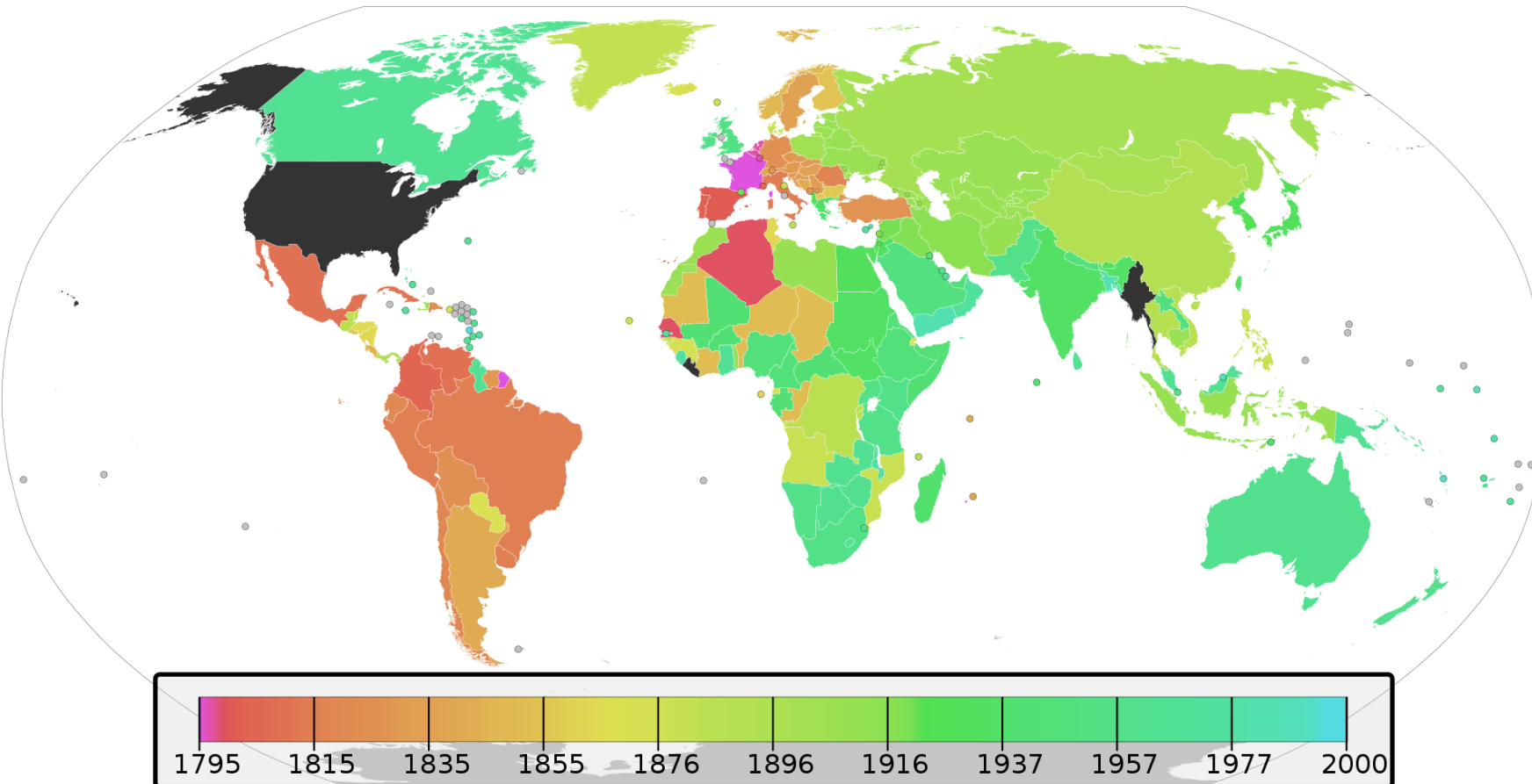
40

Facteur	Nom	Symbole		Facteur	Nom	Symbole
10^1	déca	da		10^{-1}	déci	d
10^2	hecto	h		10^{-2}	centi	c
10^3	kilo	k		10^{-3}	milli	m
10^6	méga	M		10^{-6}	micro	μ
10^9	giga	G		10^{-9}	nano	n
10^{12}	téra	T		10^{-12}	pico	p
10^{15}	péta	P		10^{-15}	femto	f
10^{18}	exa	E		10^{-18}	atto	a
10^{21}	zetta	Z		10^{-21}	zepto	z
10^{24}	yotta	Y		10^{-24}	yocto	Y
10^{27}	ronna	R		10^{-27}	ronto	r
10^{30}	quetta	Q		10^{-30}	quecto	q

} Nouveautés
2022 !

Le système international d'unités

41



A ce jour, 3 pays n'ont pas adopté le Système International d'Unités :

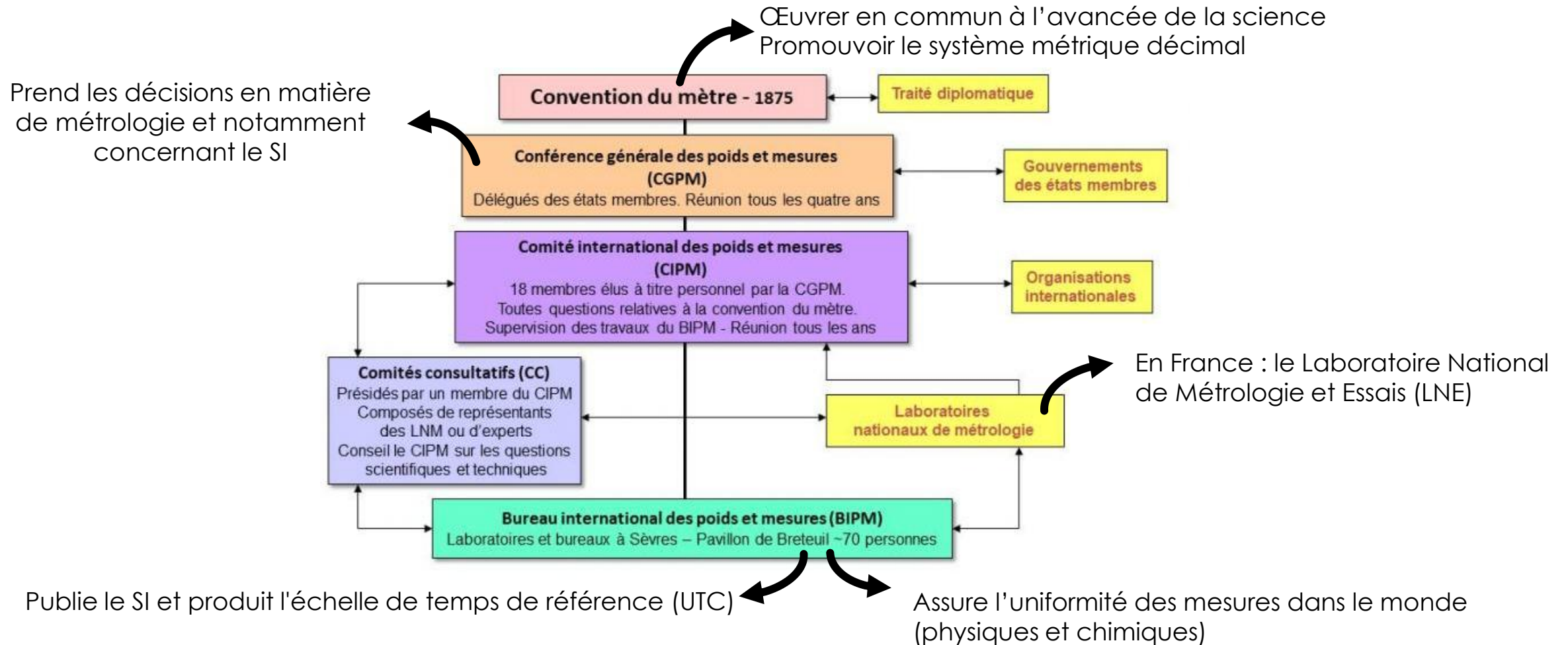
- USA
- Libéria
- Birmanie

SOMMAIRE

1. QU'EST CE QUE LA MÉTROLOGIE ?
2. HISTORIQUE
3. LA MESURE
4. LE SYSTÈME INTERNATIONAL D'UNITES
5. **LES ORGANISATIONS**
6. LA CHAÎNE D'ÉTALONNAGE

Les organisations internationales

43



- ▶ Dans chaque pays un organisme est responsable de la métrologie primaire.
- ▶ En France c'est le **LNE** (Laboratoire National de Métrologie et d'Essais).
- ▶ Le LNE fédère au niveau national les laboratoires ci-dessous avec l'appui d'un comité de la métrologie (pour orienter les travaux dans les domaines jugés prioritaires).

- ▶ **3 Laboratoires Nationaux de Métrologie :**

- ▶ LNE-LNHB / CEA → rayonnements ionisants
- ▶ LNE-LCM / LNE & CNAM → le kilogramme, le mètre, la candela et le kelvin
- ▶ LNE-SYRTE → SYstèmes de Références Temps-Espace

- ▶ **7 Laboratoires associés**

- ▶ LNE-CETIAT (hygrométrie, débitmétrie liquide-eau et anémométrie), LNE-ENSAM (pression dynamique), LNE-IRSN (dosimétrie des neutrons), LNE-LADG (débitmétrie gazeuse), LNE-LTFB (temps-Fréquences), LNE-TRAPIL (débitmétrie des hydrocarbures liquides)

220
chercheurs
en
métrologie

Le COFRAC



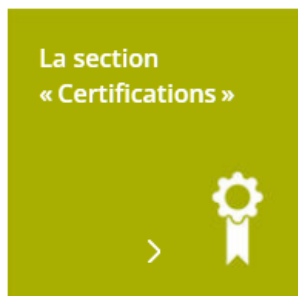
45

- ▶ Le **COFRAC** (Comité Français d'Accréditation), créé en 1994, a une mission de service public :

s'assurer de la compétence et de l'impartialité des organismes de contrôle.

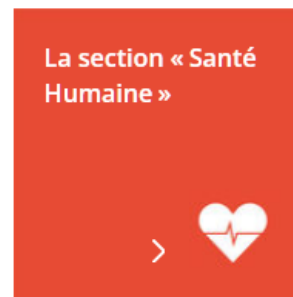
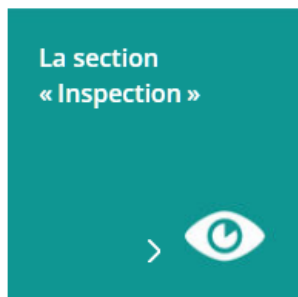
- ▶ Il s'organise autour de 4 sections métiers :

- produits industriels et de services (label rouge, NF, BBC...)
- entreprise et personnels (diagnostics énergétiques, audits qualité ou sécurité...)
- systèmes de management (ISO 9001, ISO 14001...)
- déclarations d'émissions de gaz à effet de serre



- Laboratoires d'essais, d'analyse et d'étalonnages,
- comparaisons inter-laboratoires
- Bonnes pratiques d'expérimentation
- Bonnes pratiques de laboratoire

- Organismes d'inspection = bureaux de contrôle (Apave, Socotec...)
- Métrologie légale



- Laboratoires de biologie médicale
- Laboratoires d'analyses médico-légale

- ▶ Le COFRAC est signataire des accords de reconnaissance multilatéraux EA / ILAC / IAF
→ reconnaissance mutuelle des certificats dans les pays signataires

- ▶ Avantages d'un organisme accrédité COFRAC pour évaluer une conformité :
 - ▶ Réduire les risques
 - ▶ Eviter le coût d'un nouveau contrôle
 - ▶ Renforcer la confiance des clients
 - ▶ Limiter les coûts grâce à la reconnaissance internationale
- ▶ L'accréditation peut être obligatoire (~50% des cas)
 - ▶ préalable à l'obtention d'un agrément ou dans le cadre d'une réglementation nationale ou directive européenne → santé (laboratoires de biologie médicale), sécurité (organismes de certification de produits ou services)
 - ▶ Délégation des contrôles auparavant effectués par l'état → contrôles techniques véhicules lourds, classement des hôtels
 - ▶ Reconnaissance entre états membres

Accréditation / Certification

47

L'accréditation et la certification sont complémentaires et procèdent de la même méthodologie, mais elles n'ont pas les mêmes objectifs ni la même finalité.

► **ACCREDITATION :**

- L'accréditation est une attestation délivrée par une tierce partie à un organisme d'évaluation de la conformité. Elle constitue une reconnaissance formelle de la compétence de ce dernier pour réaliser des activités spécifiques d'évaluation de la conformité.
- Ex : Accréditation COFRAC d'un organisme de contrôle d'appareils de levage

► **CERTIFICATION :**

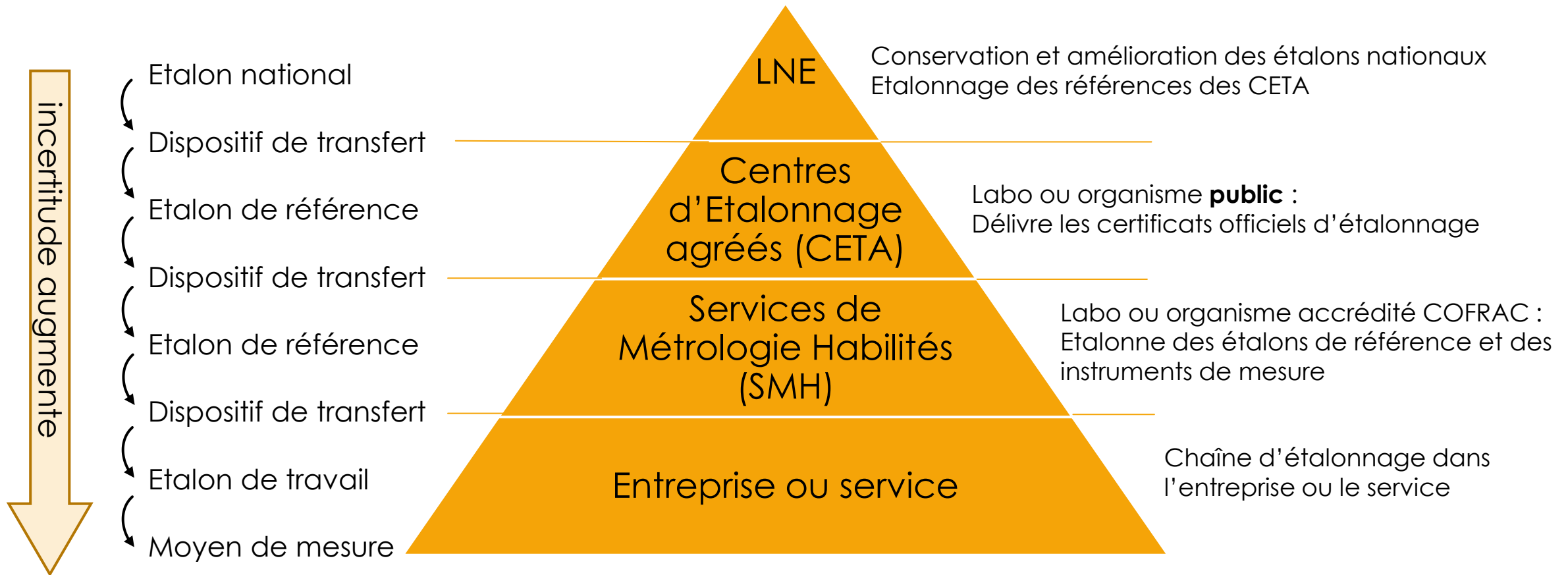
- La certification est une attestation délivrée par une tierce partie relative à des produits, des processus, des systèmes ou des personnes.
- Ex : Certification AFAQ suivant la norme ISO 9001

SOMMAIRE

1. QU'EST CE QUE LA MÉTROLOGIE ?
2. HISTORIQUE
3. LA MESURE
4. LE SYSTÈME INTERNATIONAL D'UNITES
5. LES ORGANISATIONS
6. **LA CHAÎNE D'ÉTALONNAGE**

La chaîne d'étalonnage

49

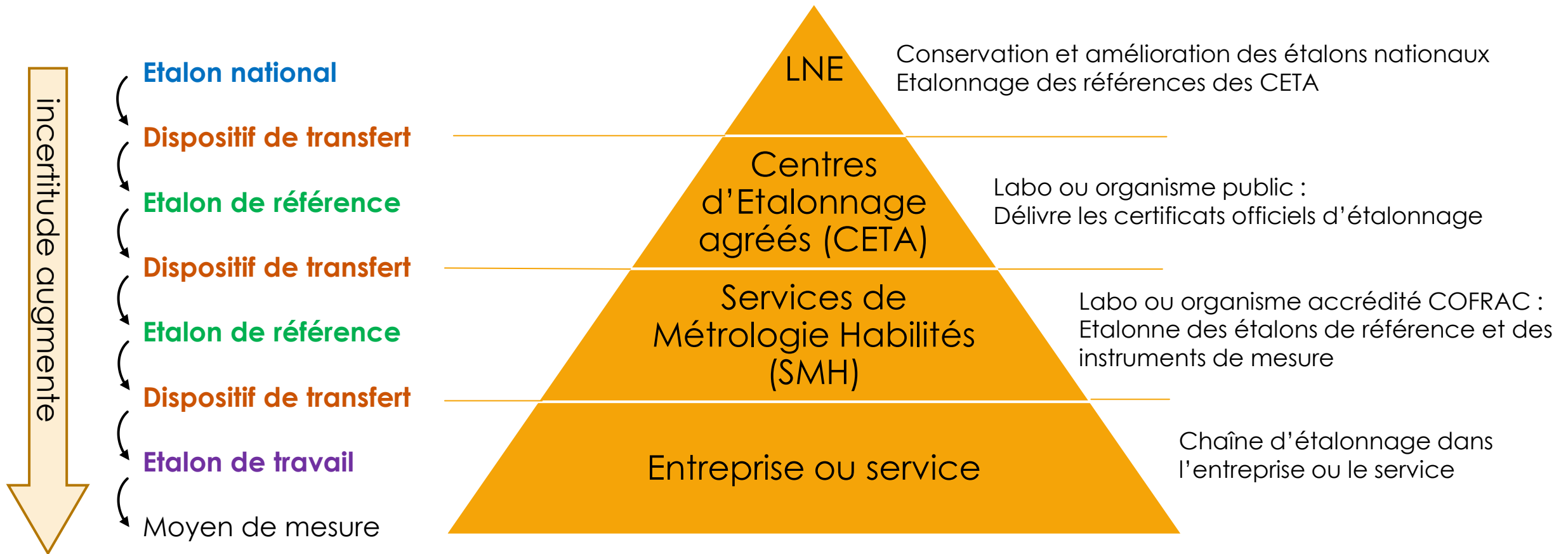


- ▶ La traçabilité des étalons de mesure doit être garantie (raccordement à une référence établie)
 - ▶ Surveillance et qualité d'un produit
 - ▶ Sécurité et protection des consommateurs
- ▶ La chaîne de traçabilité est déclinée pour chacune des unités du SI.
- ▶ Avoir la garantie de réaliser une bonne mesure, c'est suivre son instrumentation et ses dérives par des **étalonnages réguliers**. C'est ainsi s'assurer de la traçabilité des mesures réalisées avec les étalons de plus haut niveau (national, international).
- ▶ Les références disposant des meilleures incertitudes à l'échelle française sont celles délivrées par le réseau français de métrologie.

- ▶ Pour **raccorder** un instrument de mesure on effectue un **étalonnage**.
 - ➔ Comparer une mesure (réalisée avec un instrument) à des étalons connus, afin de déterminer l'écart de cette mesure par rapport aux étalons.
- ▶ **Etalon** : « réalisation de la définition d'une grandeur donnée, avec une valeur déterminée et une incertitude de mesure associée, utilisée comme référence »
 - ▶ Etalon de masse de 1 kg avec une incertitude-type associée de 3 μg
 - ▶ Résistance étalon de 100 Ω avec une incertitude-type associée de 1 $\mu\Omega$
 - ▶ Solution tampon de référence ayant un pH de 7,072 avec une incertitude-type associée de 0,006
- ▶ **Etalonnage** : « opération qui, dans des conditions spécifiées, établit en une première étape une relation entre les valeurs et les incertitudes de mesure associées qui sont fournies par des étalons et les indications correspondantes avec les incertitudes associées, puis utilise en une seconde étape cette information pour établir une relation permettant d'obtenir un résultat de mesure à partir d'une indication »

La chaîne d'étalonnage

52



- ▶ **Etalon national** : « étalon reconnu par une autorité nationale pour servir, dans un état ou une économie, comme base à l'attribution de valeurs à d'autres étalons de grandeurs de la même nature. »
 - ▶ Valable pour les grandeurs de base et les grandeurs dérivées
- ▶ **Etalon de référence** : « étalon conçu pour l'étalonnage d'autres étalons de grandeurs de même nature dans une organisation donnée ou en un lieu donné . »
- ▶ **Dispositif de transfert** : « dispositif utilisé comme intermédiaire pour comparer entre eux des étalons »
 - ▶ Des étalons peuvent parfois servir de dispositifs de transfert.
- ▶ **Etalon de travail** : « étalon qui est utilisé couramment pour étalonner ou contrôler des instruments de mesure ou des systèmes de mesure. »
 - ▶ Un étalon de travail est habituellement étalonné par rapport à un étalon de référence.

- ▶ **Chaîne de traçabilité métrologique** : « succession d'étalons et d'étalonnages qui est utilisée pour relier un résultat de mesure à une référence. »

- ▶ Comment faire ?
 - ▶ Envoyer votre instrument dans un laboratoire « accrédité » selon la norme ISO17025 (norme internationale qui spécifie les exigences générales concernant la compétence des laboratoires d'étalonnages et d'essais)
 - ▶ Etalonner votre instrument à partir d'un étalon dont vous disposez

- ▶ **Vérification** : « fourniture de preuves tangibles qu'une entité donnée satisfait à des exigences spécifiées »
- ▶ Les vérifications sont relatives à :
 - ▶ Une norme
 - ▶ Une réglementation
 - ▶ Des règles internes à l'entreprise
- ▶ Ne pas confondre la vérification avec l'étalonnage.
- ▶ Le résultat d'une vérification d'un instrument de mesure se traduit par une décision de conformité (suivie d'une remise en service) ou de non conformité (suivie d'un ajustage, d'une réparation, d'un déclassement ou d'une réforme de l'appareil).
- ▶ L'enregistrement de la vérification est appelé constat de vérification.

- ▶ **L'ajustage** permet de rectifier une déviation constatée. C'est une procédure permettant d'ajuster l'instrument de mesure pour qu'il corresponde à une référence connue, afin qu'il produise des résultats plus précis.
- ▶ L'opération d'**étalonnage** doit être distinguée de celle appelée **ajustage**.

- ▶ Quelques traductions en anglais :

Français	Anglais
mesurage	<i>measurement</i>
mesurande	<i>measurand</i>
étalonnage	<i>calibration</i>
ajustage	<i>gauging</i>
incertitude	<i>uncertainty</i>