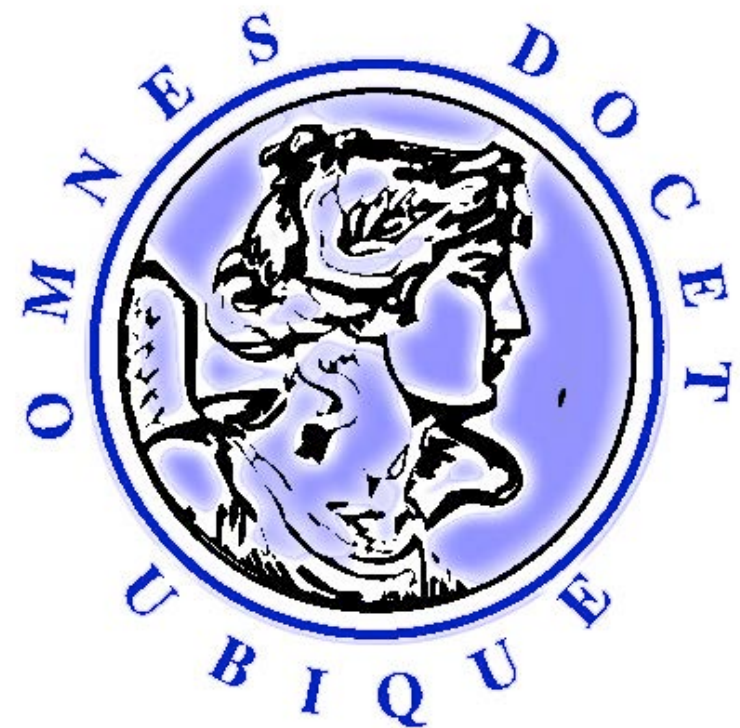




heSam
le cnam



Les données au service de la qualité : mesure et incertitude

Marc Himbert

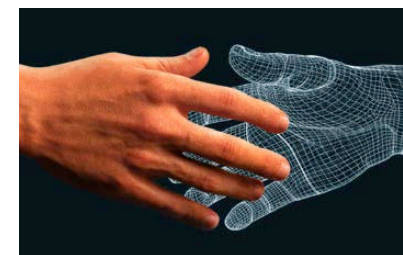
Professeur, chaire de métrologie, Conservatoire national des arts et métiers

Chargé de mission « qualité »

Laboratoire commun de métrologie LNE - CNAM

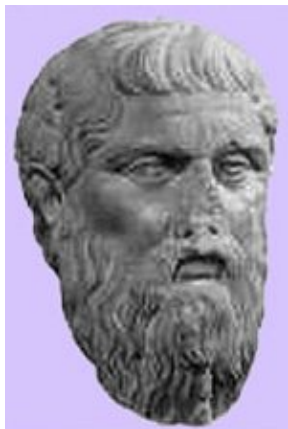
Saint-Denis Paris Trappes

marc.himbert@lecnam.net



Académie des technologies

heSam
le cnam



La métrologie au quotidien

« Παντων χρηματων μετρον ανθρωπος »

« La métrologie est la science de la mesure, couvrant toutes les mesures effectuées, à un niveau d'incertitude établi, dans n'importe quel domaine de l'activité humaine. »

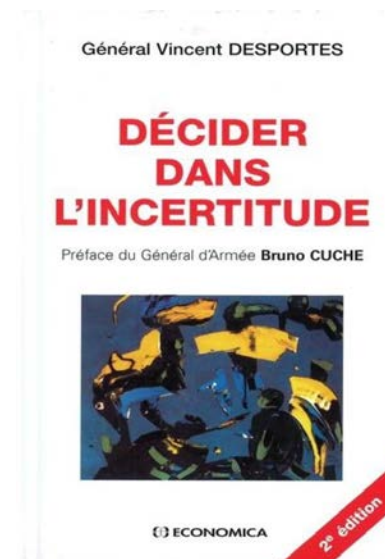
Brochure du Système international d'unités, CIPM ed.

Avoir et inspirer confiance



H. v. Helmholtz (1821-1894)

heSam
le cnam





Les données au service de la qualité : mesure et incertitude

- *La mesure, un construit scientifique et social ...*
- *La mesure, une affaire de confiance ...*
- *Tout mesurer ?*

- 
- *La mesure, un construit scientifique et social ...*
 - *La mesure, une affaire de confiance ...*
 - *Tout mesurer ?*



La mesure, un enjeu décisif dans la loyauté des échanges, sources de richesse

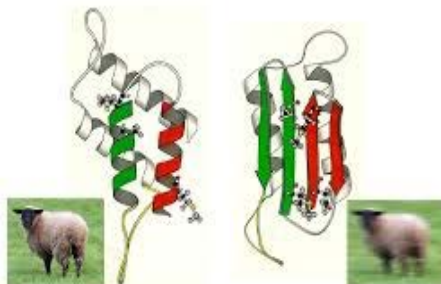


La mesure, un garant objectif (au-delà de la perception)



Prion normal : PrP

Prion anormal : PrP^{Sc}



La mesure, un auxiliaire du droit, enjeu citoyen et enjeu de pouvoir



heSam
le cnam



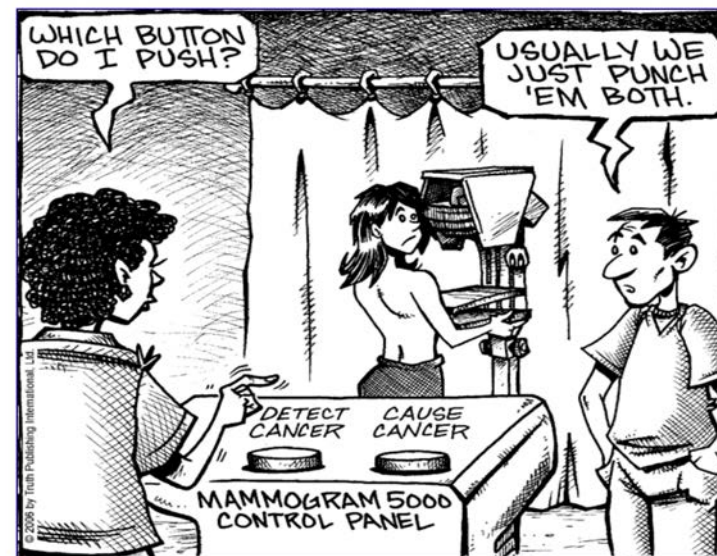
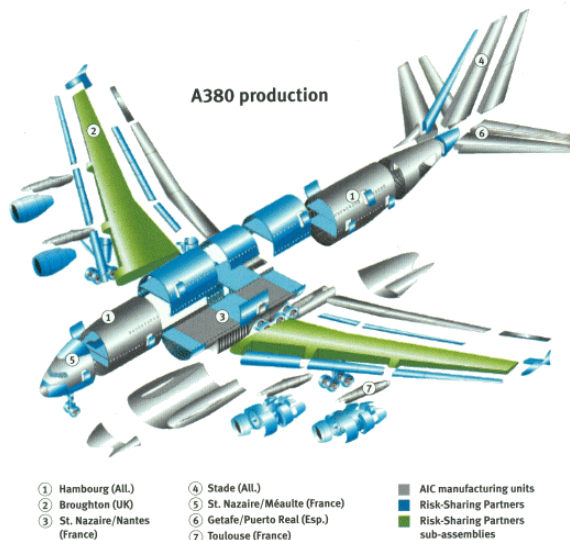
La mesure :

un élément de pacification des interactions sociales

un élément rhétorique qui crédibilise le discours et établit la confiance

une clef pour la compétitivité et pour un monde plus sûr

La mesure permet de garantir efficacité et efficience (contrôles « produit » ou « process »)



La mesure participe à la sécurité sanitaire, la santé (diagnostic et thérapie)

La mesure accompagne le développement

ressources



sélection et efficacité

moyens et efficience



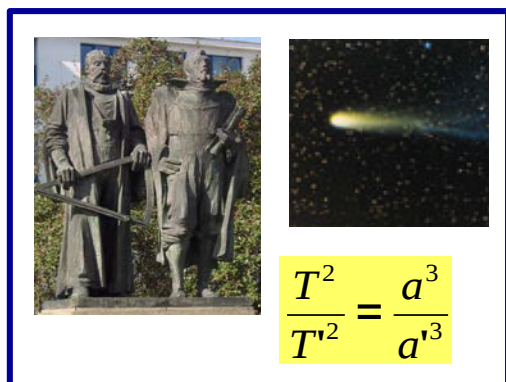
heSam
le cnam

La mesure permet de construire et valider les modèles scientifiques

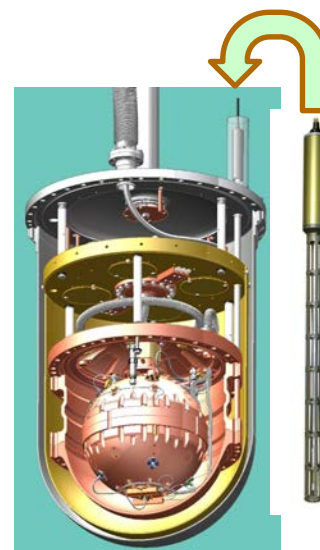
Les « sciences exactes »
Observation
Modélisation
Prévision
Vérification
La force de la preuve



... et de développer les solutions
technologiques appropriées
La clef de la performance



Le résultat de mesure fait l'objet
d'enregistrements mis **en mémoire**.
(au sens « qualité »)



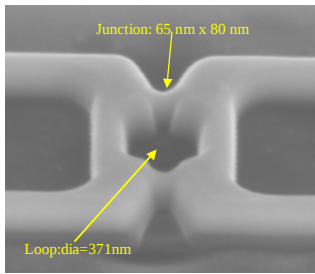


Peut-on mesurer l'immatériel ?

La valeur ?



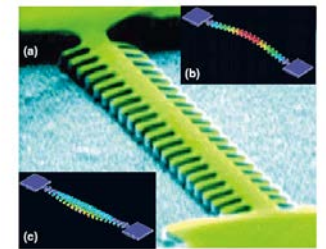
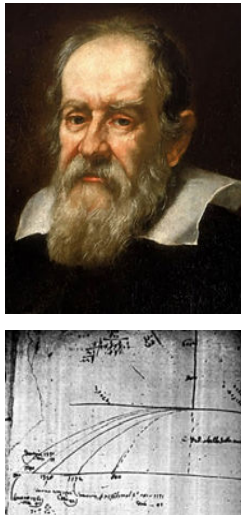
La démocratie ?



Mesures, modèles, (...indicateurs ?) : observation, validation et prévisions

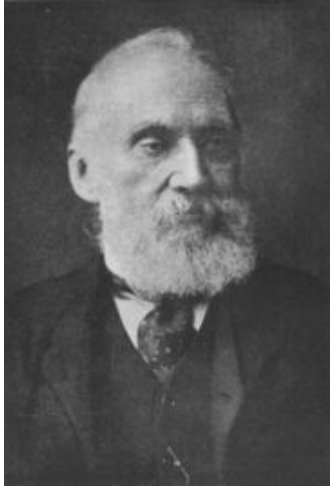
À la mesure correspond toujours **une réduction de la complexité** : les grandeurs et/ou les indicateurs choisis, issus des 'lois de...' sont seuls « mesurés ».

Les modèles qui sous-tendent, représentent, et en fait définissent ceux-ci **sont essentiels**.



C. F. Gauss (1777-1855)

- 
- *La mesure, un construit social ...*
 - *La mesure, une affaire de confiance ...*
 - *Tout mesurer ?*



W. Thomson
Lord Kelvin
(1824 - 1907)

Mesurer, c'est quantifier une grandeur



Pictogrammes

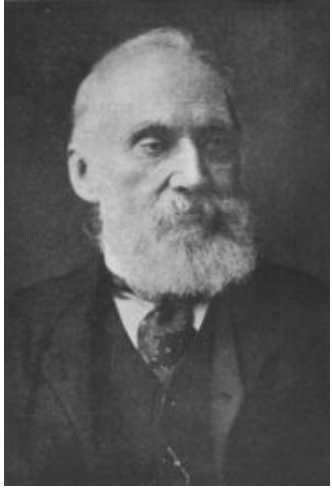


Billes et tablettes
d'argile : écriture
et dénombrement

« When you can **measure** what you are speaking about, and express it in **numbers**, you **know** something about it... »

« Electrical units of measurement », Lecture delivered at the Institution of civil engineers in 1883. In *Popular lectures and addresses*, vol. 1.

Quelle grandeur ? --> **Approche scientifique ou pragmatique**

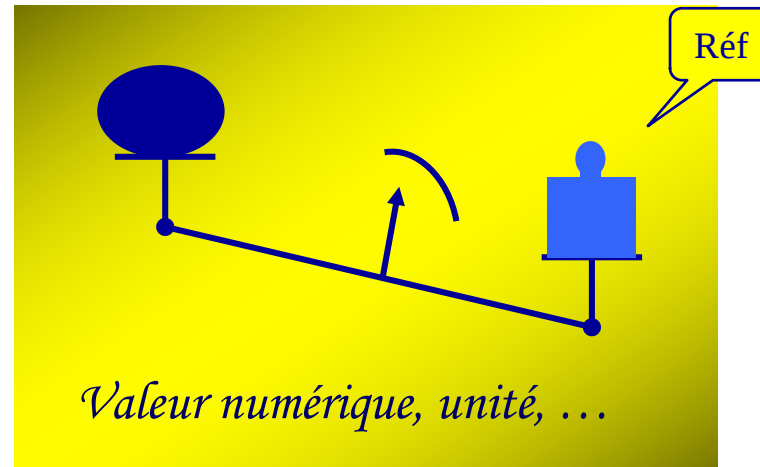


W. Thomson
Lord Kelvin
(1824 - 1907)

« When you can **measure** what you are speaking about, and express it in **numbers**, you **know** something about it... »

« Electrical units of measurement », Lecture delivered at the Institution of civil engineers in 1883. In Popular lectures and addresses, vol. 1.

Mesurer, c'est quantifier une grandeur et comparer celle-ci à une référence



Quelle grandeur ? --> Approche scientifique ou pragmatique
Quelles unités et références ? --> Définitions, comparaisons, raccordements

Traçabilité...

Des références « pertinentes » et consensuelles

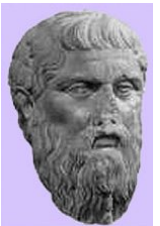
L'activité de mesure est imbriquée à la structuration sociale

Les *unités* apparaissent avec la numération et l'écriture (6000 bC)

Elles sont *anthropomorphiques* (pied) mais liées à l'activité (journal), la valeur (talent, livre), la grandeur d'usage (lieue)

Définitions et contrôles sont *affirmés* au seigneur 'haut justicier'

Le *contrôle des marchés* et la *taxation* maintiennent la non uniformité (sf le transport maritime [Colbert]) dans la France d'ancien régime



Deux périodes décisives

* La loi de Germinal an III (décret de la Convention)

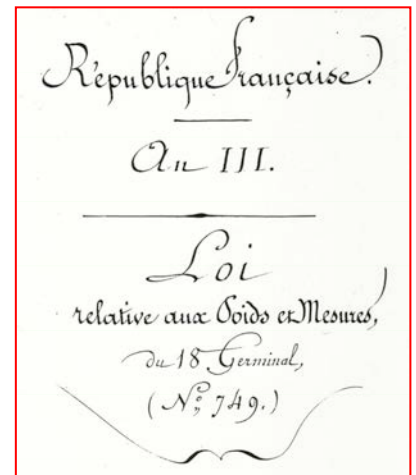
Le mètre 'méridien' --> Acad., Obs.Paris

1847 (!) : dépôt central des étalons & prototypes --> Cnam

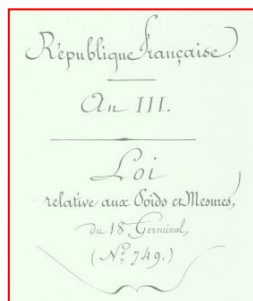
* L'établissement de la Convention du mètre (1875)

traité international vivant

(cheville ouvrière : le général MORIN (Cnam))



m



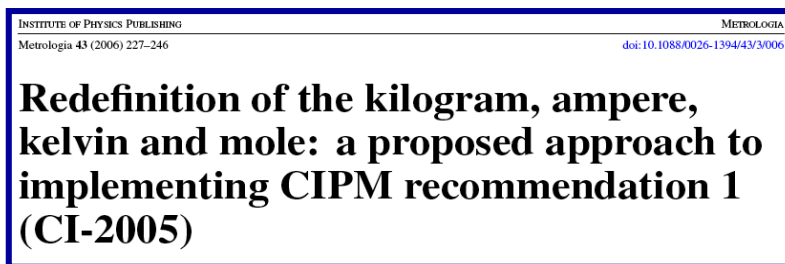
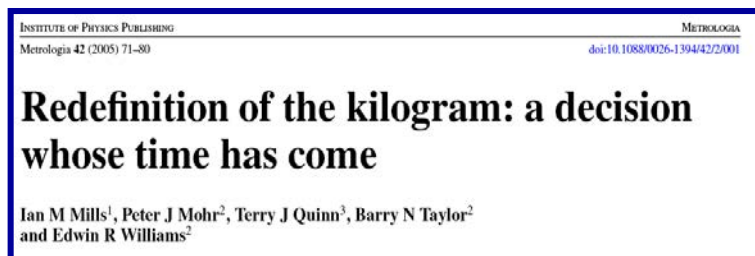
www.bipm.org



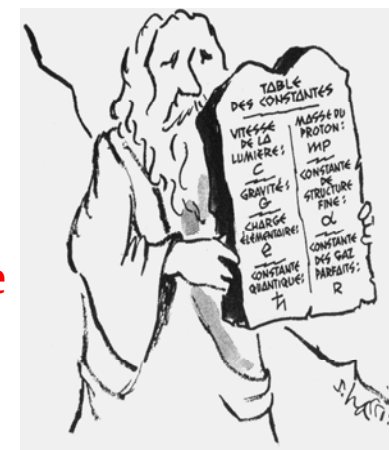
Un cadre de référence à l'échelle planétaire (An III, **1847**, 1875...) :

Convention du mètre (**1875**), Arrangement CIPM-MRA (**1999**)

une lourde infrastructure cachée à base scientifique et technique pour valider, maintenir, rendre accessibles (à tous...) des références du Système international d'unités pérennes, uniformes, le plus exactes possible...



**2018 : la
réforme
tranquille
du SI**



heSam
le cnam

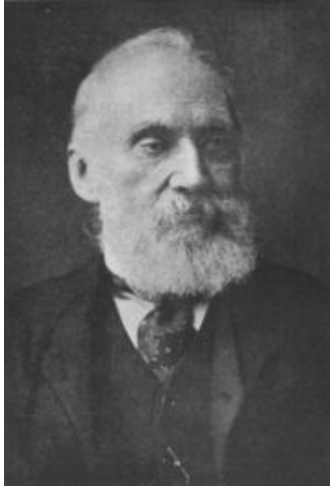
Réseau RELIER

M.Himbert

Paris

16 juin 2017

16

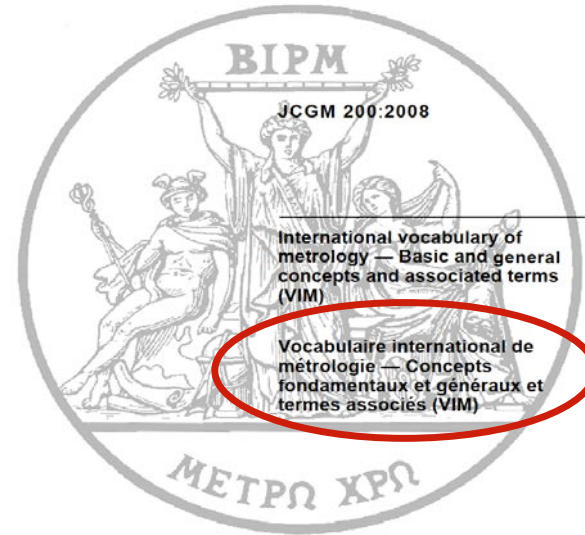


W. Thomson
Lord Kelvin
(1824 - 1907)

« When you can **measure** what you are speaking about, and express it in **numbers**, you **know** something about it... »

« Electrical units of measurement », Lecture delivered at the Institution of civil engineers in 1883. In *Popular lectures and addresses*, vol. 1.

*Mesurer, c'est quantifier une grandeur,
comparer celle-ci à une référence,
et exprimer l'incertitude du résultat*



C. Gauss

Quelle grandeur ? --> Approche scientifique

Quelles unités et références ? --> Définitions, comparaisons

*Quelle démarche expérimentale ? --> Validation de méthodes [accréditation],
évaluation de la performance*

heSam

Processus de mesure ---> Valeur numérique, unité, incertitude

le cnam

La notion d'incertitude de mesure et d'essai



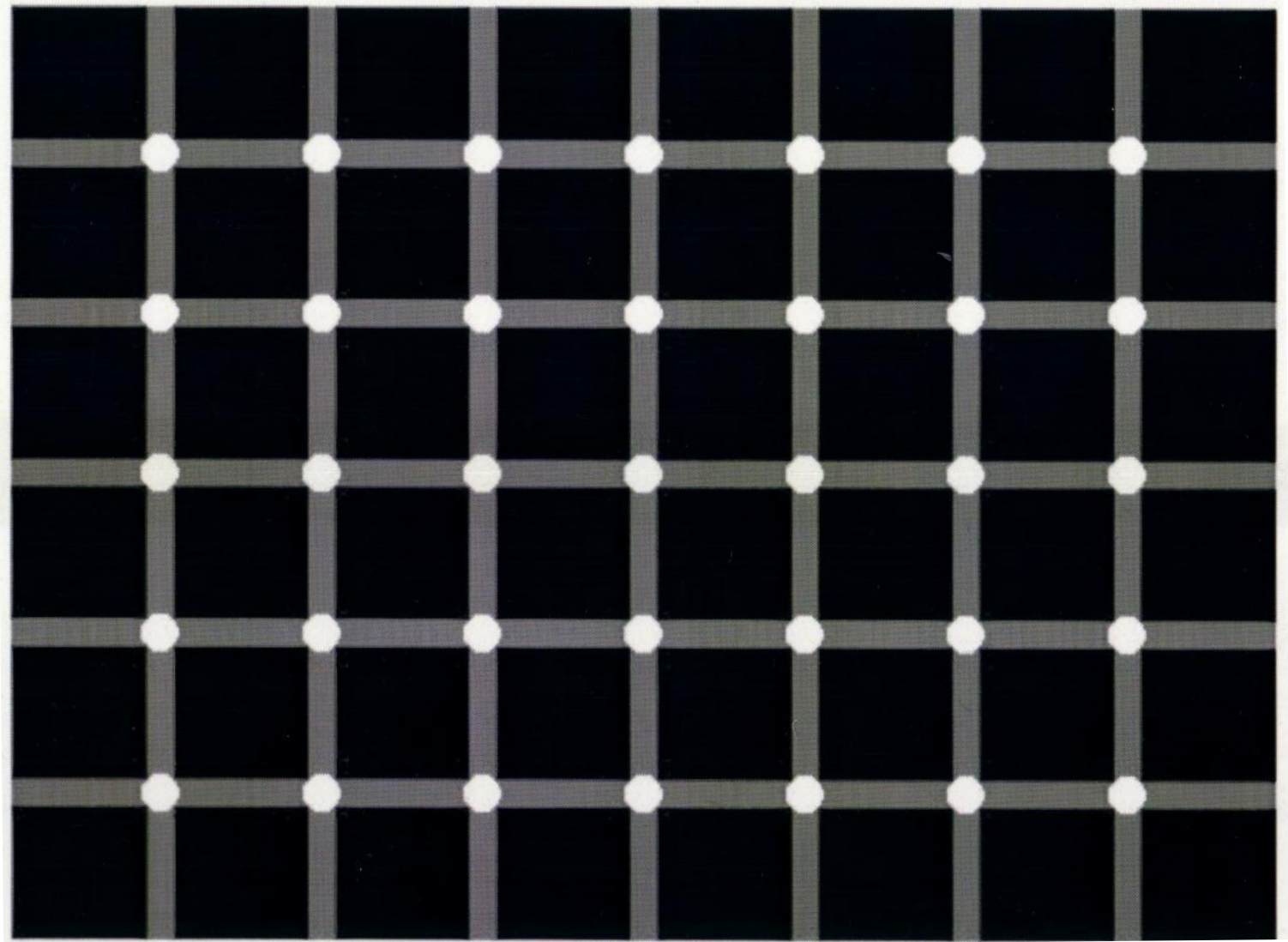
Absolute certainty is the privilege of uneducated minds, or fanatics.

It is, for scientific folks, an unattainable ideal...

C.J.Keyser, Mathematical philosophy, (1922)

Perception et comptage

Le comptage
dépend de
l'environnement
et de l'instrument



Évaluation de l'incertitude : des concepts et méthodologies consensuelles (GUM...)

- Approche **statistique** de la mesure une fois le processus identifié
- Combinaison **raisonnable** de l'impact des causes d'erreur
- Modèle **gaussien** a priori



Intervalle à probabilité de couverture maîtrisé

■■■

Conformité à une spécification, un objectif, une réglementation, ...

dans la spécification

hors spécification

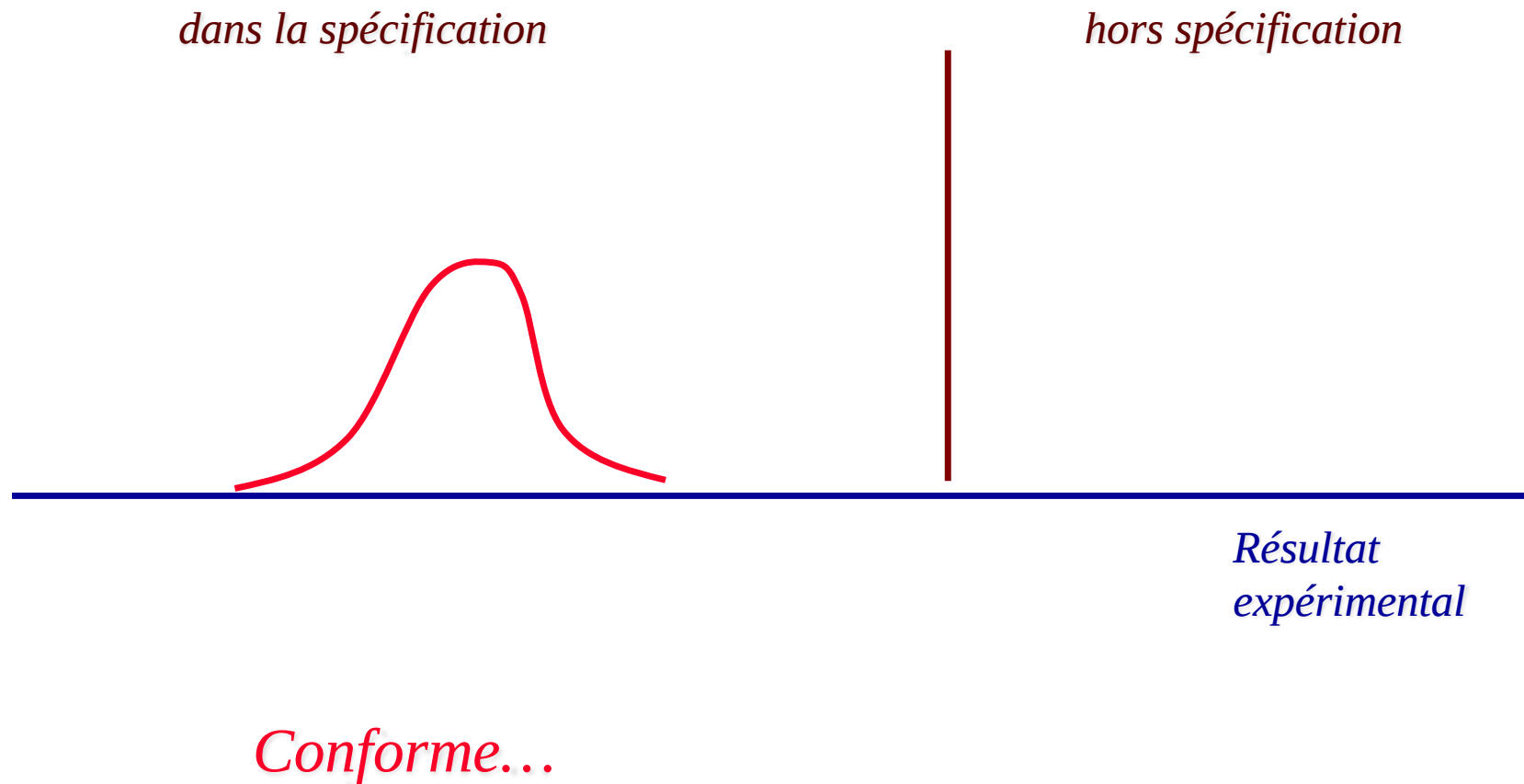
*Résultat
expérimental*

Conforme ?

Non conforme ?

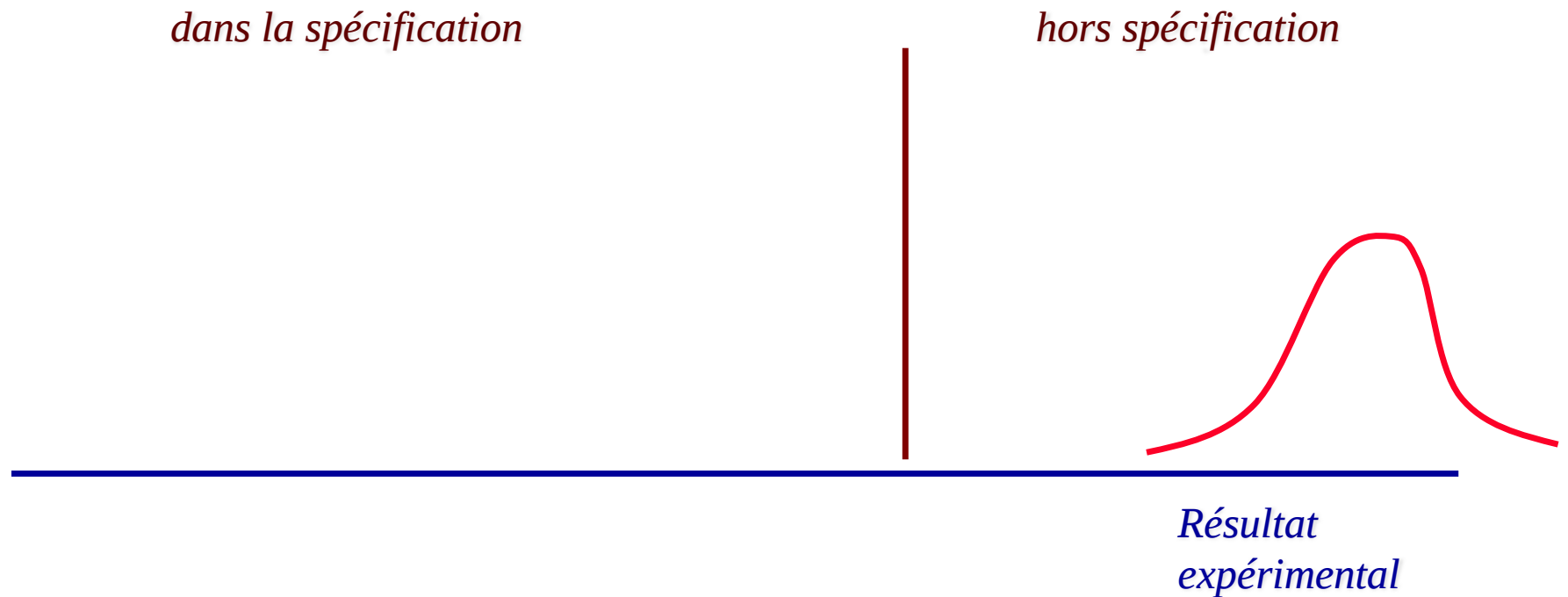
■■■

Conformité à une spécification, un objectif, une réglementation, ...



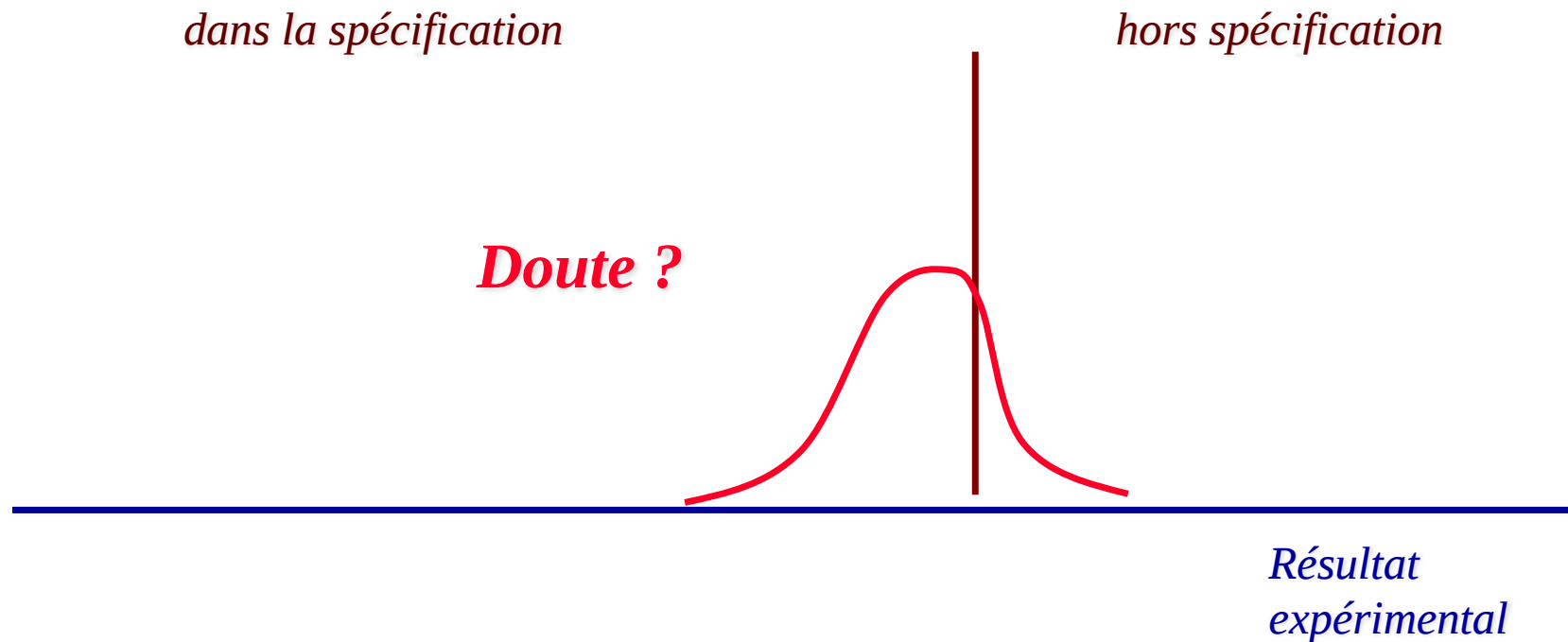
■■■

Conformité à une spécification, un objectif, une réglementation, ...



Non conforme...

■■■
Conformité à une spécification, un objectif, une réglementation, ...



Les métiers du risque :
Occurrence, capacité de détection, gravité

Établir la confiance dans les résultats (des éléments de la transformation des métiers)

*La **mesure** ne joue son rôle que si elle n'est pas suspecte. Elle doit produire de la **confiance**.*

- confiance dans **ce qui a produit le modèle** ou la méthode de mesure (légitimité du « normalisateur », **consensus...**) ;
- confiance dans **ce qui a permis de pratiquer l'opération** de mesure (crédibilité de l'arbitre, de l'opérateur, des outils de mesure...) ;
- confiance dans **ce qui a permis de certifier l'exactitude** du résultat (crédibilité du « contrôleur », du commissaire au comptes, de l'accréditeur).

*L'essor de la normalisation : élaboration de normes par « consensus » au sein d'organismes généralistes (NF, CEN, ISO) ou sectoriels (CEI, **IAS...**)*

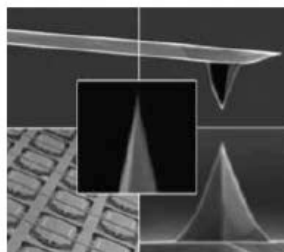
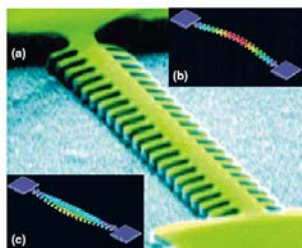
La montée en puissance des mécanismes d'accréditation : Laboratoires, santé humaine... le COFRAC... prérequis pour l'agrément



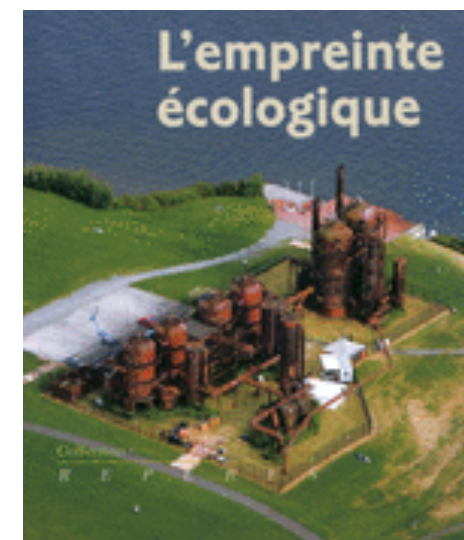
- 
- *La mesure, un construit scientifique et social ...*
 - *La mesure, une affaire de confiance ...*
 - *Tout mesurer ?*

Un accroissement considérable du champ des « essais » ...

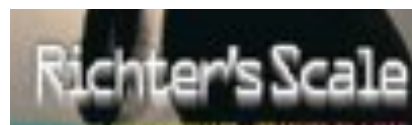
*Le mode opératoire définit
la grandeur mesurée*



L'environnement



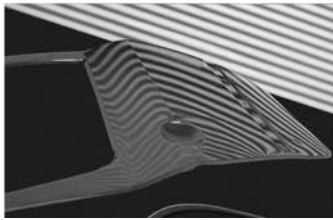
*Parfois les nanosystèmes
(aujourd'hui)*



Les séismes

**Modified Mercalli
Intensity Scale
(MMI)**

heSam
le cnam



*L'aspect,
l'esthétique*



La mesure par « attributs »

*La satisfaction
client*



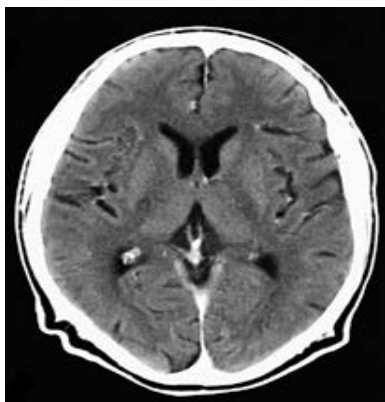
Quelle caractéristique ? --> Approche scientifique

Quelles références, quels experts ? --> Définitions, comparaisons

Quel mode opératoire expérimental, quels critères ? --> Validation de méthodes [accréditation]



Le poids des âmes...



*Les capacités intellectuelles,
l'intelligence ... ?*

heSam
le cnam

Un peu de « quantophrénie »



La joie ou la crainte



La douleur...



Références, reproductibilité, experts ?

■■■ *Peut-on mesurer l'immatériel ?*

En sciences et techniques, l'objet de la mesure est -
- a priori -- dénué d'intention

Dans d'autres secteurs, l'objet de la mesure a
conscience d'être « mesuré » et a des intentions

C'est *un risque à évaluer* dans la construction et le
choix *d'indicateurs qualité* : la mesure peut être un
outil de *modification* (ou de manipulation) *du réel*.

La valeur ?



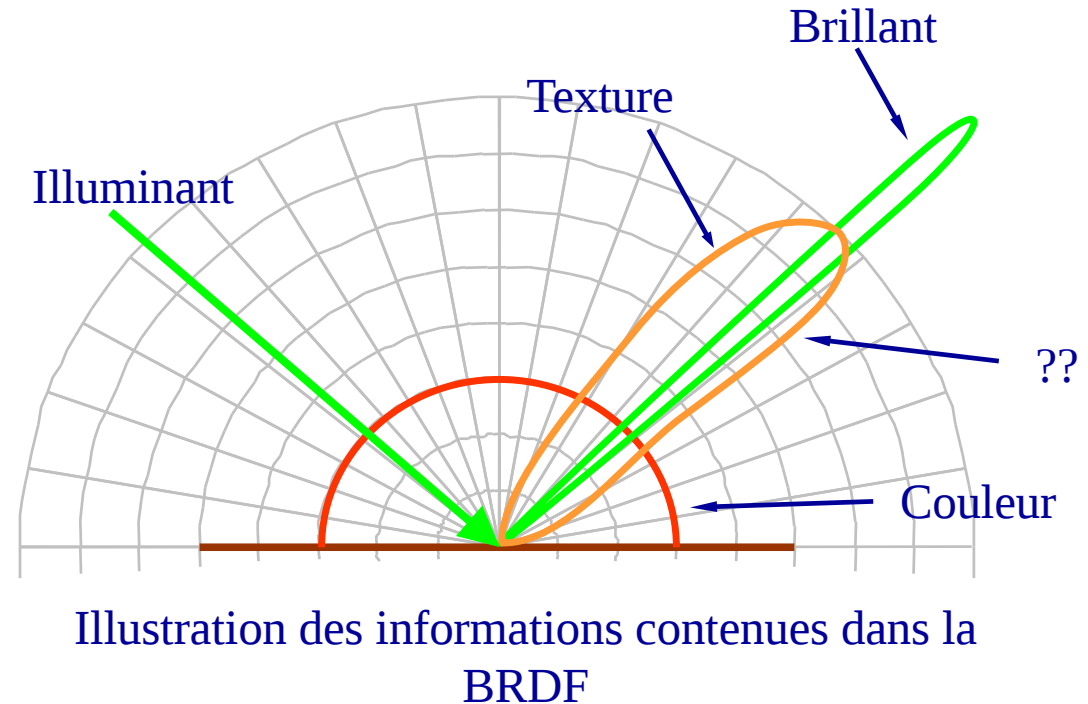
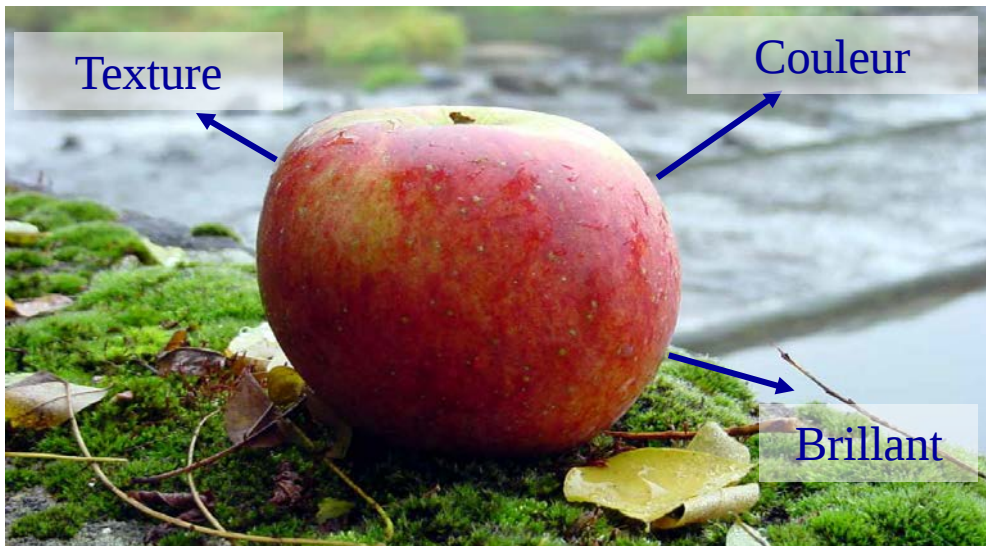
La démocratie ?



Les attributs visuels de l'apparence



Matériaux et aspects de surface : mesure du facteur de réflexion bidirectionnel (acronyme BRDF)

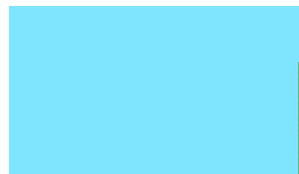
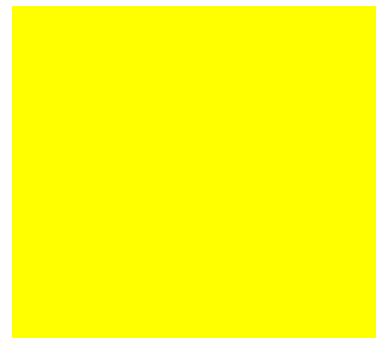
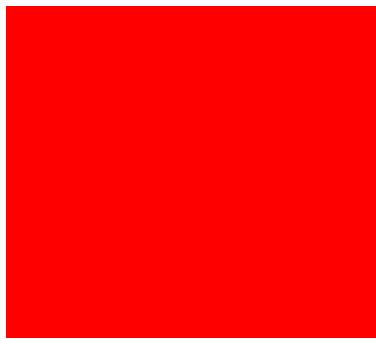


Corréler les mesures physiques avec d'autres informations

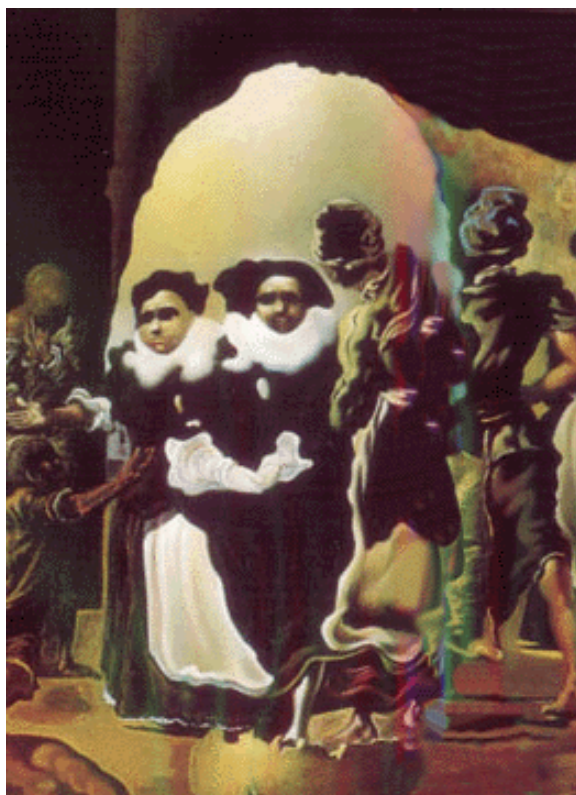
Construire des échelles - Certifier des références - Valider des modèles



Bien définir la grandeur mesurée...



En guise de formule de conclusion

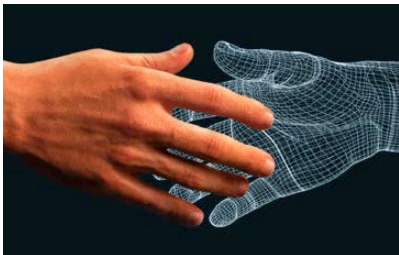


La mesure fixe des repères quantitatifs, d'autant plus utiles qu'ils sont objectifs, traçables et consensuels. L'incertitude est une composante essentielle du résultat de mesure.

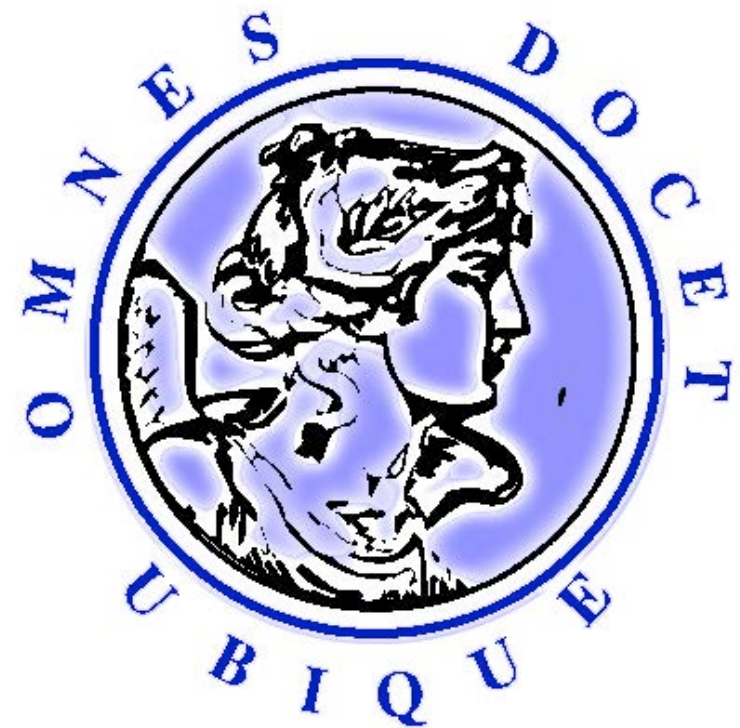
Le doute est un état mental désagréable, mais la certitude est ridicule



Merci de votre patience



heSam
le cnam



heSam
le cnam