

Etalonnage et vérification

Marc Priel

Directeur honoraire de la métrologie
Laboratoire national de métrologie et d'essais
Membre du Joint Committee for Guide in Metrology (VIM)

Bien mesurer pour bien décider

- Pour les essais, pour la surveillance de la chaîne du froid, nous avons besoin de mesures :
 - ✓ **Fiables**
 - ✓ **Comparables**
 - ✓ **Avec une incertitude évaluée**

 Pour prendre de bonnes décisions

Les deux concepts de base

- La qualité des mesures s'obtient en mettant en œuvre deux concepts de base de la métrologie :
 - ✓ **Traçabilité métrologique**
 - ✓ **Evaluation des incertitudes**

Qu'est-ce que mesurer ?

■ C'est comparer une grandeur inconnue à une référence dont la traçabilité est établie

- ✓ Il faut donc disposer de référence, d'étalon...
- ✓ Il faut également assurer la traçabilité métrologique de ces références à des unités, généralement le Système International d'unité (SI)



Traçabilité métrologique : pourquoi ?

■ La réponse est sur la médaille

A tous les temps, à tous les peuples

Comment comparer à long terme
l'évolution de résultats de mesure
sans références stables dans le
temps ?

Comment comparer des mesures ou
des résultats d'essais si **les**
références ne sont pas communes ?



Traçabilité métrologique (VIM Ed.3 - 2.41)

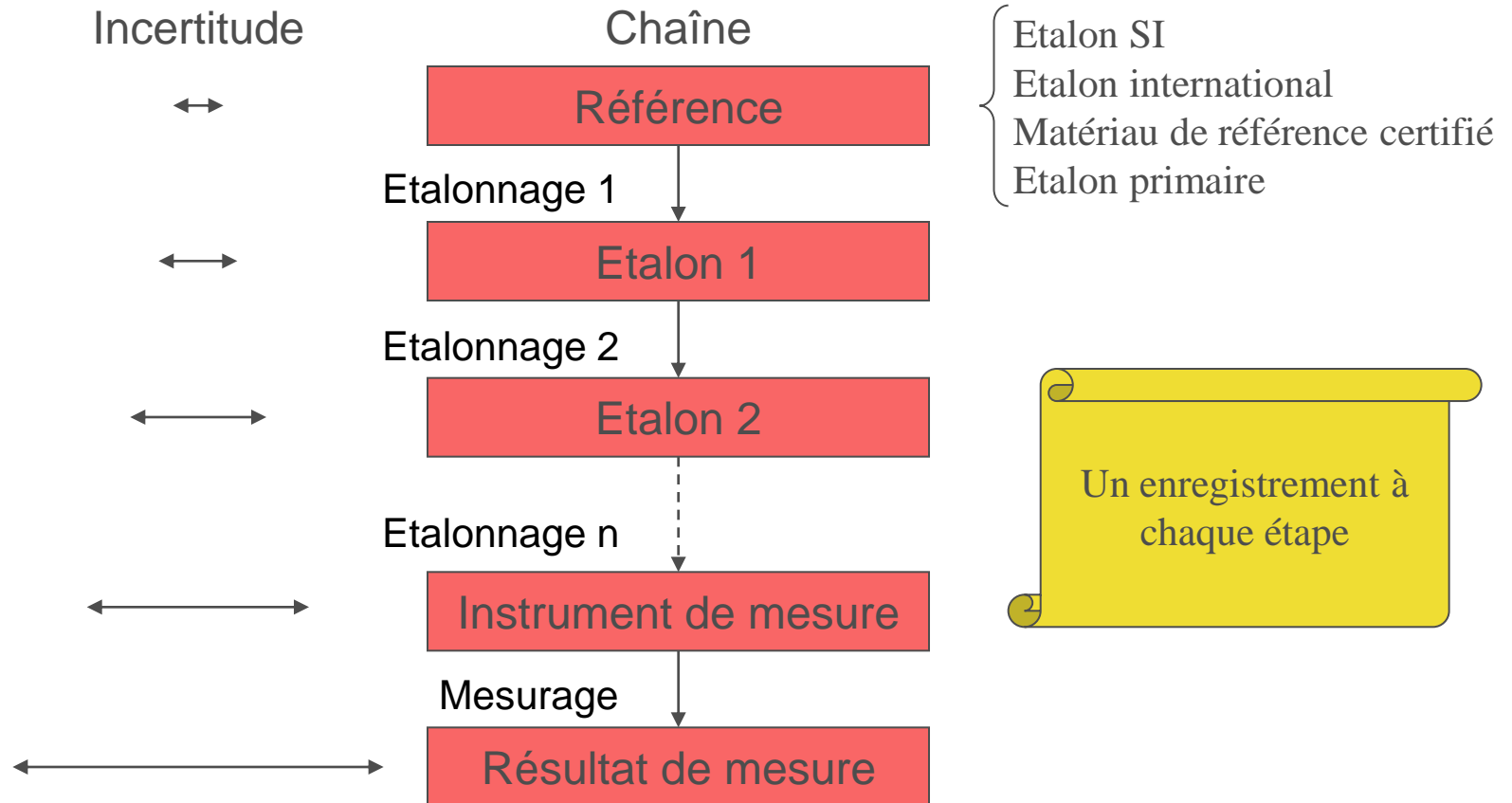
La référence peut être
une unité, une procédure
un étalon

Propriété d'un résultat de mesure selon laquelle ce résultat
Peut être relié à une **référence** par l'intermédiaire d'une chaîne
Ininterrompue et documentée d'**étalonnages** dont chacun contribue
à **l'incertitude de mesure**

L'incertitude
fait partie du résultat
de mesure

L'étalonnage est une
opération indispensable
pour la traçabilité
métrologique

Traçabilité métrologique



- **Chaîne documentée d'étalonnages**
 - ✓ La notion d'enregistrement devient explicite

- **Chaque étalonnage contribue à l'incertitude de mesure**
 - ✓ On est plus explicite
 - L'incertitude du niveau n contribue à l'incertitude du niveau $n+1$

Certificat d'étalonnage

■ Contenu :

- ✓ méthode d'étalonnage
- ✓ conditions de l'étalonnage
- ✓ traçabilité du raccordement
- ✓ valeur indiquée / valeur connue étalon
- ✓ résultat d'étalonnage
- ✓ incertitude d'étalonnage, facteur d'élargissement

■ Document :

- ✓ certificat d'étalonnage

→ permet d'appliquer des corrections

Étalonnage et Vérification (2/4)

Exemple de résultats d'étalonnage

- Etalonnage d'un voltmètre, calibre 1 V :
 - Configuration : mise sous tension 2 heures et après remise à zéro
 - Conditions d'environnement : $(20 \pm 1)^\circ\text{C}$ et $(50 \pm 10)\%HR$
- Résultats d'étalonnage (dans un certificat d'étalonnage) :

Tension de référence	tension lue sur le voltmètre	Correction d'étalonnage	Incertitude élargie sur la correction ($2u$)
(mV)	(mV)	(mV)	(mV)
0,00	0,00	- 0,00	$\pm 0,03$
100,00	100,03	- 0,03	$\pm 0,04$
200,00	200,06	- 0,06	$\pm 0,04$
300,00	300,09	- 0,09	$\pm 0,04$
400,00	400,12	- 0,12	$\pm 0,05$
500,00	500,15	- 0,15	$\pm 0,05$

Constat de Vérification

■ Contenu :

- ✓ spécification (EMT)
- ✓ (erreurs maxi et incertitude de mesure)
- ✓ critère de décision ou d'acceptation
- ✓ constat de conformité ou de non-conformité

■ Document :

- ✓ constat de vérification

→ ne permet pas d'appliquer des corrections

→ preuve que les corrections (ou les erreurs de justesse) \leq EMT

Étalonnage et Vérification (4/4)

Exemple de constat de vérification

➤ Vérification d'un voltmètre, calibre 1 V :

– Spécification interne « simplifiée » : $EMT = \pm 0,05 \% PE$

➤ Résultat de la vérification (dans un constat de vérification) :

– $EMT = \pm 0,05 \% PE = 0,5 \text{ mV}$

– Preuves : résultats d'étalonnage

– Critère d'acceptation : $| \text{correction} | + U \leq EMT$

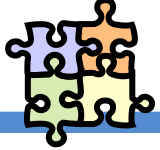
Tension de référence (mV)	tension lue sur le voltmètre (mV)	corrections du voltmètre (mV)	Incertitude élargie sur la correction ($2u$) (mV)
0,00	0,00	0,00	$\pm 0,03$
100,00	100,03	- 0,03	$\pm 0,04$
200,00	200,06	- 0,06	$\pm 0,04$
300,00	300,09	- 0,09	$\pm 0,04$
400,00	400,12	- 0,12	$\pm 0,05$
500,00	500,15	- 0,15	$\pm 0,05$

– Constat* : CONFORME NON CONFORME

* valable dans les conditions de l'étalonnage

Résultat de la vérification

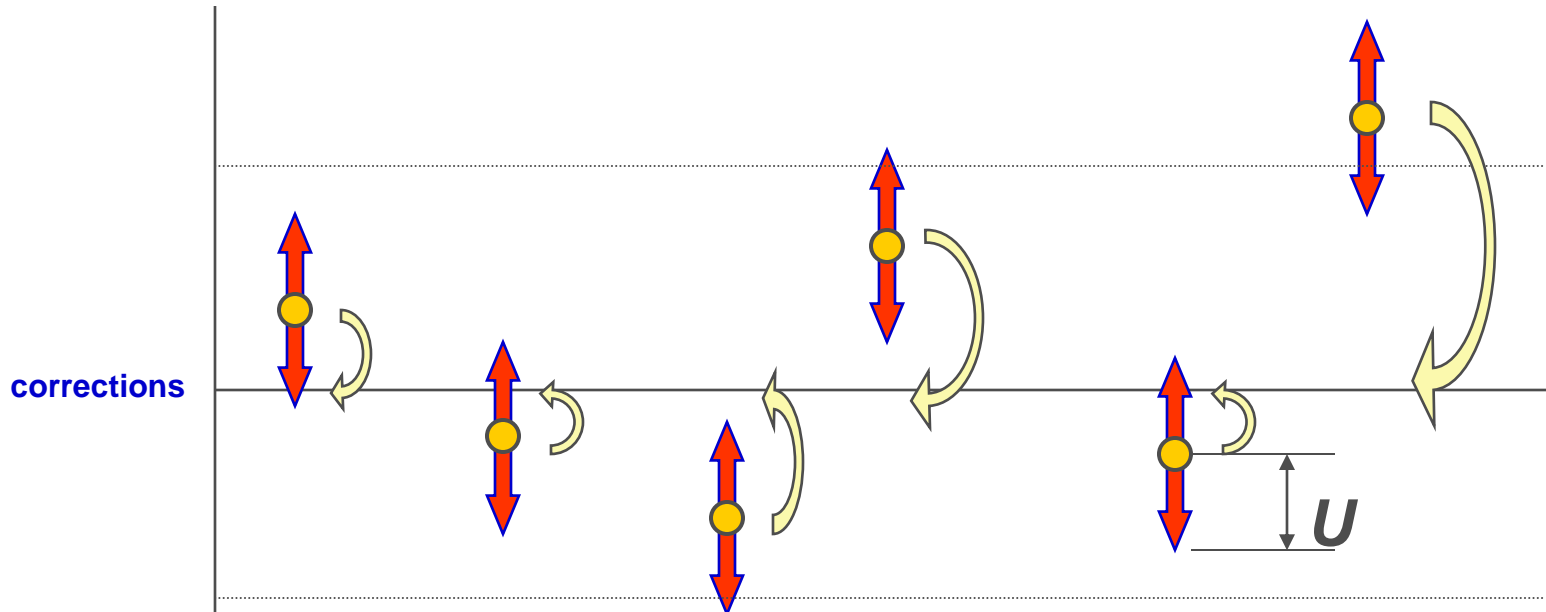
Résultats d'étalonnage



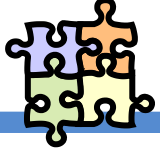
Etalonnage

1 - On corrige

2 - On prend l'incertitude de la correction

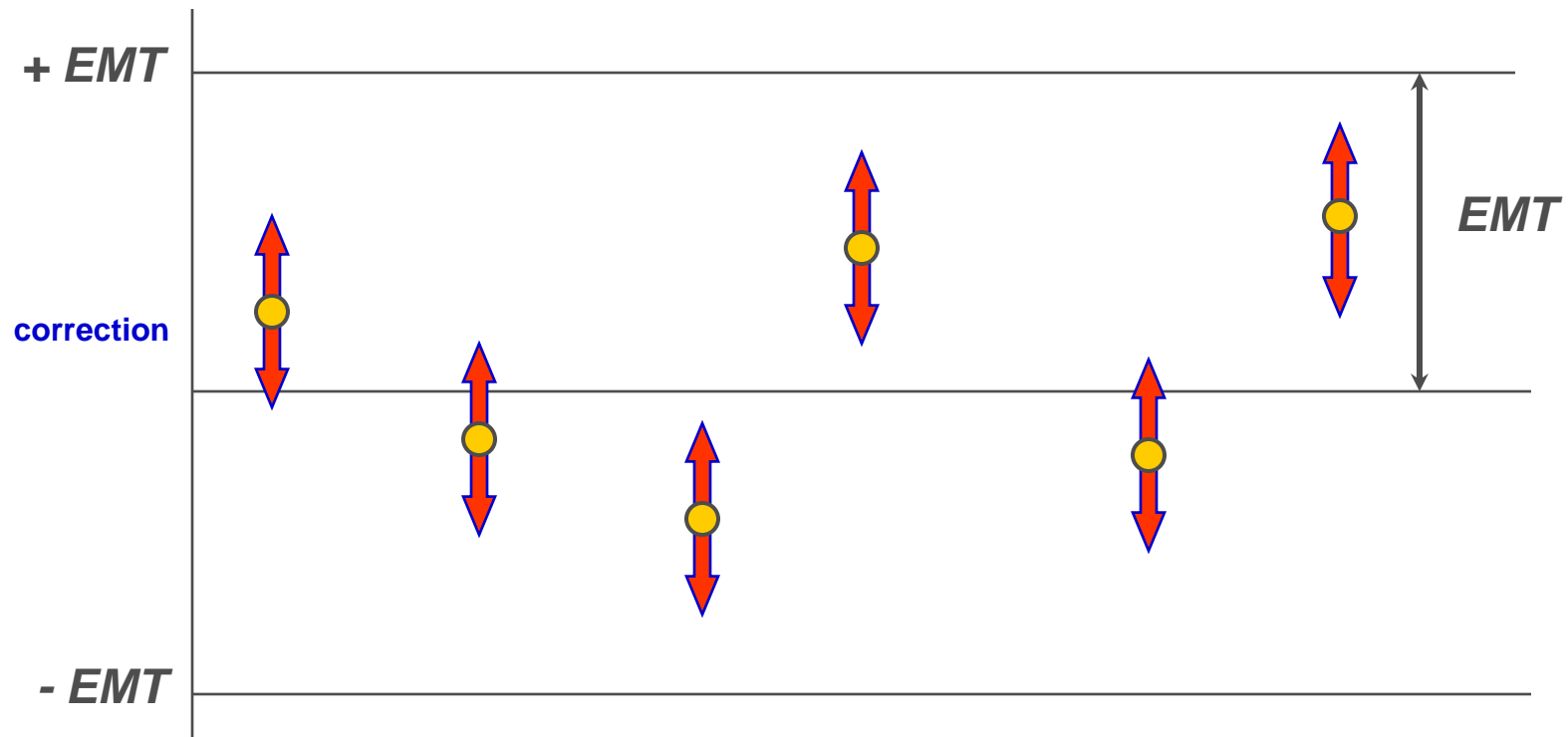


Exemple : A 500 mV, $C_j = -0,15$ mV et $u(C_j) = U/2 = 0,025$ mV



Vérification

1 - On ne corrige pas et on convertit l'EMT en incertitude



Exemple : $A = 500 \text{ mV}$, $C_j = 0$ et $u(C_j) = \frac{EMT}{\sqrt{3}} = \frac{0,5}{1,73} = 0,29 \text{ mV}$

Définition ETALONNAGE (1)

2.39 VIM ed.3.

étalonnage, **m**

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.**

Étalonnage

*NOTE 1 Un étalonnage peut être exprimé sous la forme d'un énoncé, d'une fonction d'étalonnage, d'un **diagramme d'étalonnage**, d'une **courbe d'étalonnage** ou d'une **table d'étalonnage**. Dans certains cas, il peut consister en une **correction additive ou multiplicative de l'indication avec une incertitude de mesure associée**.*

*NOTE 2 Il convient de ne pas confondre l'étalonnage avec l'**ajustage d'un système de mesure, souvent appelé** improprement « auto-étalonnage », ni avec la **vérification** de l'étalonnage*

NOTE 3 La seule première étape dans la définition est souvent perçue comme étant l'étalonnage.

2.44 VIM Ed. 3

Vérification, f

Fourniture de preuves tangibles qu'une entité donnée satisfait à des exigences spécifiées

Exemple 2 : Confirmation que des propriétés relatives aux performances ou des exigences légales sont satisfaites par un système de mesure

Note 5 : il convient de ne pas confondre la vérification avec l'étalonnage. Toute vérification n'est pas un validation

Décembre 2009 un Groupe de Travail au sein de Collège Français de Métrologie (CFM) s'est monté pour réfléchir aux implications de la nouvelle définition du terme étalonnage publiée dans le VIM ed.3.

Quelques réflexions en guise de conclusion...

- La donnée de sortie d'un étalonnage, c'est souvent une correction, une fonction pour calculer un résultat à partir d'indications
- La donnée de sortie d'une vérification c'est un jugement (conformité, non conformité / spécifications emt...)
- Sans traçabilité métrologique, les résultats de mesure ne sont ni comparable dans le temps ni dans l'espace
- Sans incertitude de mesure, on ne peut pas comparer deux résultats entre eux, ni comparer un résultat à une spécification.