

CONTRIBUTIONS À L'INCERTITUDE DE LA MESURE EN MÉTROLOGIE DE MASSE

Préparé par : Comité consultatif
SADCAS. – CLAP

Approuvé par : PDG de
SADCAS

Date d'approbation : 19-03-2018

Date d'entrée en vigueur : 01-04-2018

Table des matières

	Page
1. OBJECTIF ET PORTÉE	3
2. DÉFINITIONS.....	3
3. FACTEURS QUI INFLUENCERAIENT LA QUALITÉ DES RÉSULTATS DE MESURE	3
3.1 Conditions environnementales.....	3
3.2 Instruments de pesée utilisés pour l'étalonnage des poids	3
3.3 Poids de référence	3
3.2 Processus de pesée.....	3
4. BUDGET D'INCERTITUDE POUR L'ÉTALONNAGE DES POIDS.....	4
5. BUDGET D'INCERTITUDE POUR L'ÉTALONNAGE DES INSTRUMENTS WEIHIHNG	6
6. RÉFÉRENCES.....	7
ANNEXE A : EXEMPLE DE BUDGET D'INCERTITUDE POUR LES POIDS.....	8
ANNEXE B : EXEMPLE DE BUDGET D'INCERTITUDE POUR LES INSTRUMENTS DE PESÉE	9
ANNEXE C : DOSSIER DE MODIFICATION	11

1. OBJECTIF ET PORTÉE

Le but de ce document est spécifiquement de prendre en compte les facteurs contribuant à l'incertitude des mesures lors du processus d'étalonnage des poids et des instruments de pesée.

Ce document s'applique aux laboratoires accrédités par le Système d'accréditation de la Communauté de développement de l'Afrique australe (SADCAS).

2. DÉFINITIONS

Les définitions des documents suivants s'appliquent :

- Recommandation internationale de l'OIML R111-1 : 2004 (E) - Poids des classes E1, E2, F1, F2, M1, M2, M3 ;
- SADCAS TR 12 - Estimation de l'incertitude de la mesure par les laboratoires d'étalonnage et spécification des capacités d'étalonnage et de mesure selon les calendriers d'accréditation ;
- SADCAS TR 16 Critères d'accréditation en laboratoire en métrologie de masse ; et
- Guide de l'expression de l'incertitude dans la mesure (GUM).

3. FACTEURS QUI INFLUENCERAIENT LA QUALITÉ DES RÉSULTATS DE MESURE

3.1 Conditions environnementales

L'étalonnage des poids doit être effectué dans un laboratoire avec des conditions ambiantes stables afin d'éviter l'effet des variations de température et d'humidité relative sur les résultats de la pesée. Voir le tableau 1 du SADCAS TR 16.

L'étalonnage des instruments de pesée est effectué sur le site où ils sont utilisés, et les conditions environnementales peuvent ne pas être contrôlées.

Le cas échéant, le laboratoire doit tenir des registres appropriés pour démontrer et confirmer l'humidité, la température, les gradients de température et la pression ambiante à l'intérieur du laboratoire.

3.2 Instruments de pesée utilisés pour l'étalonnage des poids

Les caractéristiques métrologiques des instruments de pesée, telles que la résolution, la linéarité, la répétabilité et l'excentricité, doivent être connues.

Chaque instrument de pesée est soumis à une qualification initiale et à une requalification périodique.

Les performances métrologiques des instruments de pesée sont surveillées.

3.3. Poids de référence

Les poids de référence doivent avoir une précision OIML supérieure à celle des poids sous étalonnage.

Voir OIML R111-1.

Lorsque les poids sont ajustés, les valeurs d'étalonnage avant et après l'ajustement sont enregistrées.

3.4 Processus de pesée

Les procédures acceptées pour les cycles de pesée devraient être envisagées. Voir les méthodes de substitution simple et double décrites dans OIML R111-1.

4. BUDGET D'INCERTITUDE POUR L'ÉTALONNAGE DES POIDS

Plusieurs facteurs contribuent à l'incertitude de mesure lors de l'étalonnage des poids. Selon le GUM, l'évaluation de ces incertitudes dépend du fait qu'elles soient de type A (basée sur l'analyse statistique) ou de type B (basée sur d'autres connaissances). Voici les principaux contributeurs qui doivent apparaître dans le budget d'incertitude :

4.1 Répétabilité (incertitude standard du processus de pesée), U_w (Type A)

$$u_w(\overline{\Delta m_c}) = \frac{s(\Delta m_{ci})}{\sqrt{n}}$$

Où :

4.1.1 pour les poids des classes F2, M1, M2 et M3

$$s(\Delta m_c) = \frac{\max(\Delta m_{ci}) - \min(\Delta m_{ci})}{2 \times \sqrt{3}}$$

4.1.2 pour les poids des classes E1, E2 et F1

$$s^2(\Delta m_c) = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\Delta m_{ci} - \overline{\Delta m_c})^2$$

Avec $n-1$ Degrés de liberté

4.2 Incertitude du poids de référence, $U(m_{cr})$ (Type B)

$$u(m_{cr}) = \sqrt{\left(\frac{U}{k}\right)^2 + u_{inst}^2(m_{cr})}$$

Note: $U(m_{cr})$ peut simplement être déterminé en divisant l'incertitude sur le certificat d'étalonnage par le facteur de couverture k . $K=2$ à 95 % de confiance.

L'incertitude de l'instabilité (dérive) du poids de référence, $U_{inst}(m_{cr})$, peut être estimée à l'aide de l'historique d'étalonnage.

4.3 Incertitude due à la résolution d'affichage, U_{ba} (Type B)

$$u_d = \left(\frac{d/2}{\sqrt{3}}\right) \times \sqrt{2}$$

Où d = intervalle d'échelle de la balance numérique

4.4 Incertitude de la correction de la flottabilité en air, U_b (type B)

$$u_b^2 = \left[m_{cr} \frac{(\rho_r - \rho_t)}{\rho_r \rho_t} u(\rho_a) \right]^2 + [m_{cr} (\rho_a - \rho_0)]^2 \frac{u^2(\rho_t)}{\rho_t^4} + m_{cr}^2 (\rho_a - \rho_0) [(\rho_a - \rho_0) - 2(\rho_{al} - \rho_0)] \frac{u^2(\rho_r)}{\rho_r^4}$$

Où :

- M_{cr} = masse conventionnelle de poids de référence
- ρ_r = Densité de poids de référence
- ρ_t = Densité de poids d'essai
- $U(\rho_a)$ = incertitude de la densité de l'air (Notez la formule à la page 68 de l'OIML R111)
- A = Densité de l'air
- PO = densité de l'air au niveau de la mer = $1,2 \text{ kg m}^{-3}$

- $U(\rho_t)$ = incertitude de la densité du poids d'essai
 R_{al} = La densité de l'air lors de l'étalonnage précédent
 $U(\rho_r)$ = incertitude de la densité du poids de référence

4.5 incertitude due à la dérive des poids de référence.

L'incertitude de dérive peut être estimée à partir de son historique et sur la base d'au moins deux calibrations successives. En l'absence d'histoire, une estimation peut être faite de l'ordre de grandeur de l'incertitude de calibration.

4.6. Incertitude standard combinée, $U_c(m_{ct})$

$$u_c(m_{ct}) = \sqrt{u_w^2(\Delta m_c) + u^2(m_{cr}) + u_b^2 + u_{ba}^2}$$

4.7 Incertitude élargie, $U(m_{ct})$

$$U(m_{ct}) = k u_c(m_{ct})$$

5. BUDGET D'INCERTITUDE POUR L'ÉTALONNAGE DES INSTRUMENTS DE PESÉE

- 5.1** Les fabricants d'instruments de pesée, y compris les balances électroniques, électromécaniques et mécaniques, ont traditionnellement spécifié séparément la répétabilité, l'excentricité et la linéarité. Pour que le laboratoire d'étalonnage puisse affirmer la conformité aux spécifications, il doit fournir des preuves objectives basées sur des mesures que la somme de l'erreur de mesure et de l'incertitude ne dépasse pas la précision déclarée.
- 5.2** La nécessité de déclarer la conformité est d'autant plus compliquée car les spécifications ne sont pas nécessairement spécifiées comme des limites extérieures, par exemple la répétabilité est souvent spécifiée à $\pm 1 \sigma$, et les spécifications de balance sont établies dans des conditions idéales, tandis que la balance soumise pour étalonnage se trouve dans un environnement de travail où les conditions de fonctionnement peuvent être dans les spécifications mais pas nécessairement idéales.
- 5.3** Les laboratoires peuvent adopter en pratique une approche simplifiée dans l'estimation de l'incertitude de mesure pour la mesure de linéarité d'un équipement de pesage ayant moins de 30 000 divisions, où l'incertitude est estimée en tenant compte de l'incertitude des poids, de l'excentricité (charge de coin), de la répétabilité et/ou de la résolution de l'instrument de pesée (selon la plus grande valeur).

5.4 L'incertitude standard due à l'excentricité (Ue) est estimée comme suit

$$UE = [d1/d2 * D] * 1/\sqrt{3} \text{ (adapté de R111 / R 76)}$$

Où :

d1 = la distance entre le centre du récepteur de charge et le centre des poids

d2 = la distance entre le centre du récepteur de charge et un des coins

D = l'écart entre les valeurs mesurées maximale et minimale

Le rapport d1/d2 sera généralement soit 2/3, soit 2/4 (voir SADCAS TR 16)

5.5 Les laboratoires doivent fournir (et disposer) pour l'évaluation de toutes les données pertinentes de l'instrument de pesée, telles que les fiches techniques, utilisées pour déterminer la capacité d'étalonnage et de mesure (CMC), ainsi que des copies de l'estimation de l'incertitude de mesure. Tous les facteurs pertinents doivent être pris en compte, et ce n'est qu'après confirmation que la contribution est insignifiante qu'ils peuvent être omis de l'estimation. Ce processus doit être documenté.

5.6 Les laboratoires doivent prendre en compte au minimum les facteurs suivants pour établir l'incertitude de la mesure des instruments de pesée ayant plus de 2 000 000 de divisions (généralement analytiques, semi-et micro-balances) :

- L'incertitude des poids ;
- La stabilité des poids ;
- La flottabilité des poids ;
- La répétabilité de l'instrument de pesée ;
- La résolution de l'instrument de pesée ;
- Coefficient de sensibilité de température ;
- L'excentricité (charge de coin)

Lorsque la répétabilité du solde est nulle, la répétabilité déclarée par le fabricant doit être supposée.

6. RÉFÉRENCES

- SADCAS TR 12 : Estimation de l'incertitude des mesures par les laboratoires d'étalonnage et spécification des capacités d'étalonnage et de mesure selon les calendriers d'accréditation
- SADCAS TR 16 : Critères d'accréditation de laboratoire en métrologie de masse
- JCGM 100 : 2008 : Guide de l'expression de l'incertitude dans la mesure (GUM)
- OIML R 111-1 : Recommandation internationale R 111-1 : 2004 (E) Poids des classes E1, E2, F1, F2, M1, M2, M3
- GUM : Guide de l'expression de l'incertitude dans les mesures (GUM)

ANNEXE A : EXEMPLE DE BUDGET D'INCERTITUDE POUR LES POIDS

UNCERTAINTY BUDGET								
Description:		Type:			Metrologist:			
Symbol	Description	Type	Expected Value	Probability distribution	Divisor	Sensitivity coefficient	Uncertainty contribution	Degree of freedom
U_w	Repeatability	A		Normal	1	1		
$U(m_{cr})$	Calib of std	B		Rectangular	2	1		
U_b	Buoyancy	B		Rectangular				
U_{ba}	Resolution	B		Rectangular	1.732051	1		
				Combined standard uncertainty				
				Expanded Uncertainty				
				Degree of freedom V_{eff}				
				Reliability				

ANNEXE B : EXEMPLE DE BUDGET D'INCERTITUDE POUR LES INSTRUMENTS DE PESÉE

Symbole	Incertitude Source	Incertitude Estimation [g]	Probabilité Répartition	Diviseur	Sensibilité Coefficient	Incertitude Contribution [g]		Diplômes de la liberté
Ws	Poids		Normal	2	1			
Ds	Dérive		Rectangulaire	1.732050808	1			
d	Résolution		Rectangulaire	1.732050808	1			
E	Excentricité		Rectangulaire	1.732050808	1		Si applicable	
CS	Dérive de démarrage à froid		Rectangulaire	1.732050808	1		Si applicable	
Wr	Répétabilité		Normal	1	1		n-1 =	
u(Wx)			Normal		Une maladie mixte de l'IST. Incertitude		Neff	
U					Étendu Incertitude		Couverture Facteur	2.00

1)	W : Obtenir l'incertitude de la norme à partir de son certificat d'étalonnage									
2)	δDs : L'incertitude de dérive peut être estimée à partir de son historique : différence entre la dernière et l'avant-dernière / (mois entre la dernière et l'avant-dernière calibration) x (mois depuis la dernière calibration).									
	Si plusieurs morceaux de masse sont utilisés pour compenser le poids total de référence, alors une somme algébrique est considérée puisque les poids sont corrélés.									
	Si les poids de référence n'ont pas d'historique, la dérive est estimée égale à l'incertitude rapportée sur le certificat d'étalonnage.									
3)	δId : L'incertitude de résolution est $\delta I_d/2$. Prenez la résolution spécifiée pour le solde (d) et divisez par 2. (c'est-à-dire demi-largeur d'une distribution rectangulaire).									
4)	δE : Excentricité, principalement incluse déjà dans l'incertitude de répétabilité OU utiliser les deux tiers de la différence entre les lectures minimales et maximales obtenues lors du test d'excentricité, et traiter comme la demi-largeur d'une distribution rectangulaire.									

5)	δCs : Dérive de démarrage à froid. Utilisez une estimation de zéro de solde qui est normalement activée en permanence. Sinon, utilisez la différence entre les plus grands et les plus petits relevés et considérez-la comme ayant une distribution rectangulaire.			
6)	δWr : Répétabilité, prendre l'ESDM des relevés répétés. Si les mesures donnent un écart-type nul (pour des bilans à basse résolution), utilisez la répétabilité du fabricant			
7)	Diviser les valeurs d'incertitude par les diviseurs			
8)	Incertitude standard combinée : additionner les carrés des contributions d'incertitude résultantes et prendre la racine carrée.			
9)	v_{eff} : Degrés de liberté effectifs, prenez la 4e puissance de l'incertitude combinée résultante et divisez par la somme des (4e puissances des contributions d'incertitude avec degrés de liberté non infinis divisés par leurs degrés de liberté).			
10)	Niveau de confiance : Consultez le facteur de couverture correspondant k dans le tableau Student's-t joint et multipliez l'incertitude combinée de l'STD pour obtenir l'incertitude élargie, donnant un niveau de confiance de 95,45 %			

ANNEXE C - DOSSIER DE L'AMENDEMENT

Statut de la révision	Changement			Approuvé par	Date d'entrée en vigueur
	Page	Clause / Sous-clause	Description du changement		
Numéro 1	-	-	-	PDG de SADCAS	2018-04-01