

Lexique des Termes Élémentaires de Métrologie

© Copyright by RADWAG Wagi Elektroniczne

Radom 2023

Édition I

RADWAG Wagi Elektroniczne

26-600 Radom, ul. Toruńska 5

Tél. 48 48 3848800, fax 48 48 3850010

e-mail: radom@radwag.pl

<http://www.radwag.com>

SOMMAIRE

1.	AJUSTAGE	5
2.	ACCLIMATATION	6
3.	ERREUR DE MESURE	7
4.	ERREUR LIMITE TOLÉRÉE	7
5.	ERREUR SYSTÉMATIQUE	8
6.	ERREUR ALÉATOIRE	8
7.	BUDGET D'INCERTITUDE	8
8.	POIDS	9
9.	DURÉE DE LA PESÉE	10
10.	SENSIBILITÉ DE LA BALANCE	11
11.	PRÉCISION	12
12.	DIGITAL WEIGHING AUDITOR	13
13.	DÉRIVE	14
14.	ÉCHELON DE VÉRIFICATION	15
15.	BPF - BONNES PRATIQUES DE FABRICATION	16
16.	ORGANISME NOTIFIÉ	17
17.	ÉTALONNAGE	17
18.	KILOGRAMME	18
19.	LINÉARITÉ	19
20.	MASSE	20
21.	POIDS MINIMAL	21
22.	MODULE ENVIRONNEMENTAL DE LA BALANCE	22
23.	CONTRÔLE DE LA QUALITÉ DE LA PESÉE	23
24.	INCERTITUDE DE MESURE	24
25.	CHARGE MINIMALE	25
26.	ÉCART D'EXCENTRATION	26
27.	POIDS ÉTALON	27
28.	PERSONNEL	28
29.	MOBILITÉ DE LA BALANCE	29
30.	PRÉCISION DE LA MESURE	30
31.	RÉSOLUTION DE LA BALANCE	31
32.	FLOTTABILITÉ	32
33.	COHÉRENCE DES MESURES	33
34.	THERMOGRAVIMÉTRIE	34
35.	BALANCE	35
36.	DESSICCATEUR	36
37.	VALIDATION	37
38.	CONDITIONS DE FONCTIONNEMENT DE LA BALANCE	38
39.	HUMIDITÉ DU MATÉRIAU	39
40.	ÉTALONNAGE	40
41.	ÉTALON DU POIDS	41
42.	PLAGE DE PESÉE	42
43.	ARRONDISSEMENT DU RÉSULTAT DE LA PESÉE	42

AJUSTAGE

L'ensemble des opérations permettant à un instrument de mesure de fonctionner de manière conforme à l'usage auquel il est destiné. Dans le cas des balances électroniques, la correction de la sensibilité de la balance se fait en comparant le résultat du pesage de l'étalon interne d'ajustement à sa valeur de référence. Ces comparaisons sont réalisées dans des cycles automatiques, contrôlés par des changements de température et de temps, ou dans des cycles semi-automatiques, contrôlés par l'opérateur.

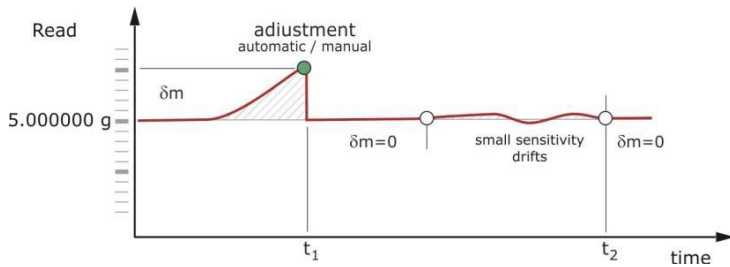


Figure 1. Principe de fonctionnement de l'ajustement

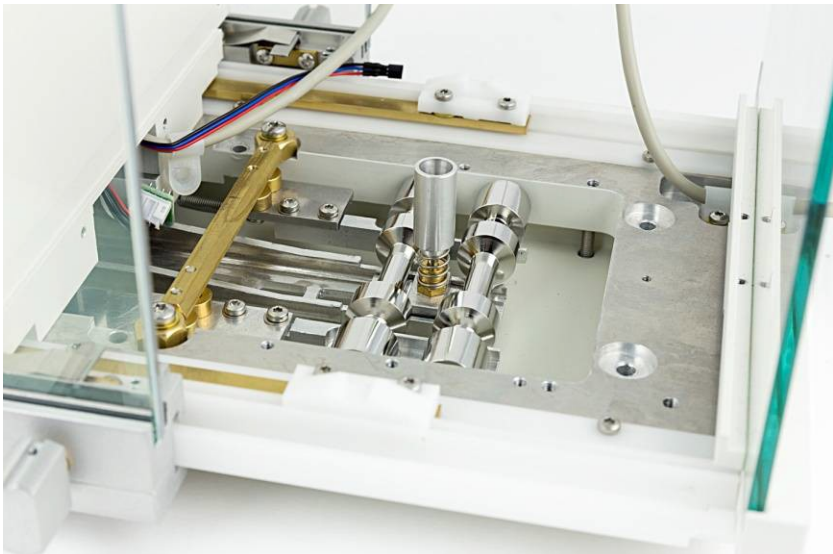


Figure 2. Le système d'ajustement automatique des balances de la série XA

ACCLIMATION

Le processus de stabilisation d'une balance électronique après son branchement en cas de différence significative de température ou d'humidité entre la balance et l'environnement dans lequel elle doit être utilisée. La période d'acclimation dépend de la résolution de la balance et de la différence de températures entre la balance et l'environnement de travail. Dans la pratique, le temps d'acclimation de la balance est d'environ 12 heures. Il est possible d'utiliser la balance durant sa période de stabilisation, mais il faut prendre en compte sa variabilité potentielle pendant la période d'acclimation.

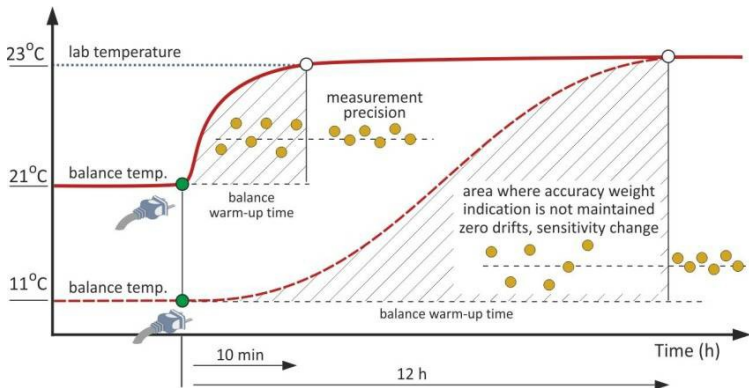


Figure 3. Processus d'acclimation de la balance



Figure 4. Contrôle des conditions environnementales - Microbalance MYA 5.5Y

ERREUR DE MESURE

L'erreur de mesure est la différence entre le résultat d'une mesure et la valeur réelle de l'élément mesuré

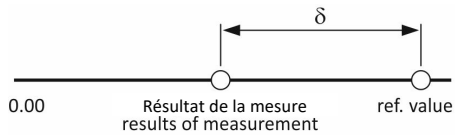


Figure 5. Estimation de l'erreur pour la mesure du poids

ERREUR LIMITE TOLÉRÉE

La différence positive ou négative maximale admissible entre l'indication de la balance et la valeur correcte correspondante, définie par les critères de référence de l'unité de masse (ref. value) ou par les exigences du fabricant. Chaque balance de laboratoire est soumise au contrôle du département CQ, qui compare les résultats de la balance aux limites en vigueur chez Radwag.



Figure 6. Balance analytique XA 82/220.5Y - documentation métrologique

ERREUR

L'erreur systématique correspond à la composante de l'erreur de mesure qui reste constante ou varie de manière prévisible lors de mesures répétées. La valeur de référence pour l'erreur systématique de mesure est la valeur réelle de l'étalon de mesure avec une incertitude de mesure insignifiante ou une valeur conventionnelle. Une correction du résultat de la mesure peut être appliquée en vue de compenser l'erreur systématique de mesure connue.

Source : International Vocabulary of Metrology – Basic and General Concepts and Associated Terms (VIM). 2007

ERREUR ALÉATOIRE

L'erreur aléatoire correspond à la composante de l'erreur de mesure qui varie de manière imprévisible lors de mesures répétées. Pour une seule mesure, il s'agit de la différence entre le résultat d'une mesure et la moyenne d'un nombre infini de résultats de mesure du même mesurande, effectués dans des conditions de répétabilité.

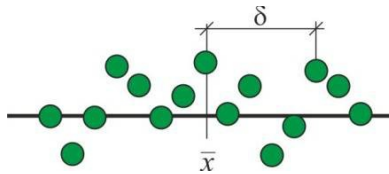


Figure 7. Erreur aléatoire de la mesure

Source : International Vocabulary of Metrology – Basic and General Concepts and Associated Terms (VIM). 2007

BUDGET D'INCERTITUDE

Un ensemble de tous les facteurs qui affectent la précision du processus de pesage. Les paramètres de la balance tels que l'échelon réel, la répétabilité des indications, etc. sont pris en compte, mais l'évaluation peut également concerner d'autres domaines, à condition qu'ils contiennent des informations pertinentes. Le budget d'incertitude ne devrait inclure que les composants qui ont une influence significative sur la mesure du poids.

POIDS

La force d'attraction gravitationnelle exercée sur un corps par un autre corps, par exemple la Terre. Deux corps quelconques s'attirent avec une force directement proportionnelle au produit de leur masse et inversement proportionnelle au carré de leur distance (loi de la gravitation).

Toute balance électronique mesure la force gravitationnelle avec laquelle l'échantillon pesé est attiré par la Terre. La force gravitationnelle est variable en fonction de la latitude et de l'altitude, d'où le besoin d'ajuster les balances après les avoir déplacées vers leur lieu d'utilisation.

$$F = m \cdot g$$



Figure 8. La comparaison des étalons de masse en mode automatique

COMMENTAIRE

En raison des différences de densité entre les étalons de masse (environ 8g/cm^3) et les échantillons réels, le poids des échantillons réels est ce que l'on appelle un poids conventionnel. En connaissant la densité de l'échantillon pesé, il est possible de déterminer son poids réel en utilisant l'application de balance de la série 5Y.

DURÉE DE LA PESÉE

La durée de la pesée est le temps nécessaire pour réaliser un certain cycle de mesure, qui comprend des activités telles que l'ouverture de la chambre de pesée, le placement de la charge sur le plateau de la balance, la fermeture de la chambre de pesée, l'acceptation du résultat de la pesée, l'ouverture de la chambre de pesée et l'enlèvement de la charge du plateau de la balance.

Le temps de stabilisation est le temps après lequel le résultat de la pesée de l'échantillon figure dans la zone d'acceptation. La zone d'acceptation est déterminée par l'écart maximal du résultat de pesée qui peut être admis, en tenant compte des exigences de qualité associées à la mesure du poids.



Figure 9. Balance AS 220.X2 – la mesure du poids des liquides

COMMENTAIRE

Les opérations de mise en place de la charge sur le plateau sont difficiles à estimer en raison des caractéristiques et des capacités individuelles des opérateurs. Le temps de stabilisation réel d'un échantillon dépend peu de la grandeur de son poids. En modifiant les paramètres de la balance, tels que le profil de pesée, il est possible d'obtenir des durées de stabilisation plus courtes, mais il ne faut pas oublier qu'une augmentation de la vitesse de stabilisation entraîne généralement une diminution de la précision de la pesée.

SENSIBILITÉ DE LA BALANCE

La sensibilité de la balance électronique est le quotient de la variation de l'indication du système de mesure (ΔR) et de son équivalent dans la valeur du mesurande (Δm).

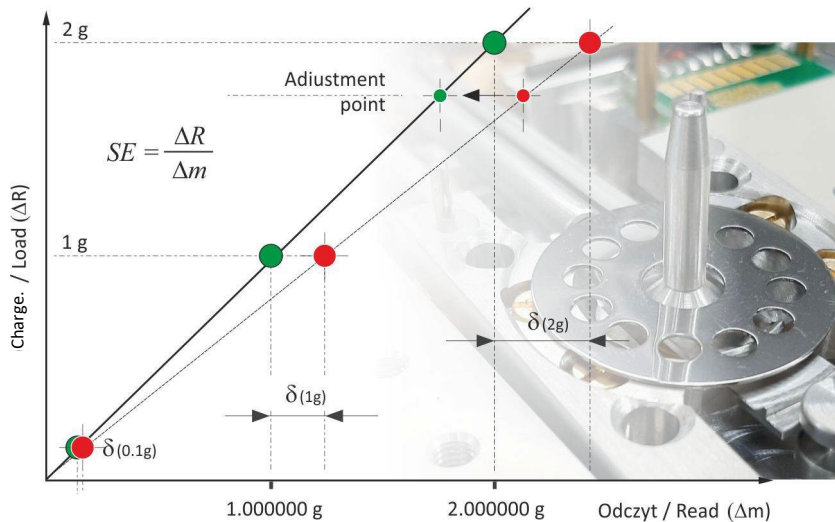


Figure 10. Le réglage de la sensibilité à l'aide de l'ajustage de la balance - aperçu de l'étalon d'ajustage interne de la microbalance de la série MYA 5Y

Compte tenu de l'imperfection des méthodes et des instruments de mesure, la sensibilité de la balance varie en fonction de la valeur cible. Le réglage de la sensibilité est effectué lors de l'ajustage de la balance, soit automatiquement, soit semi-automatiquement.



Figure 11. Le contrôle de la sensibilité de la balance à l'aide d'étalons de masse – QC Radwag

PRÉCISION

La précision est le degré de concordance entre le résultat d'un essai et la valeur de référence admise. La précision est plutôt un concept qualitatif que quantitatif et ne peut pas être exprimée en chiffres. Une mesure peut être considérée comme précise si l'erreur systématique et aléatoire relative à la mesure a une valeur acceptable, à savoir qu'elle est comprise dans des limites définies.

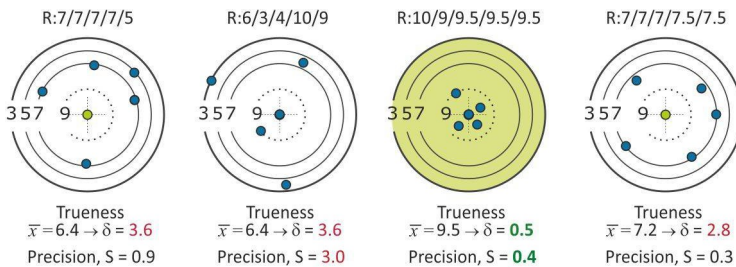


Figure 12. L'erreur systématique (trueness) et l'erreur aléatoire (precision) d'une série de mesures

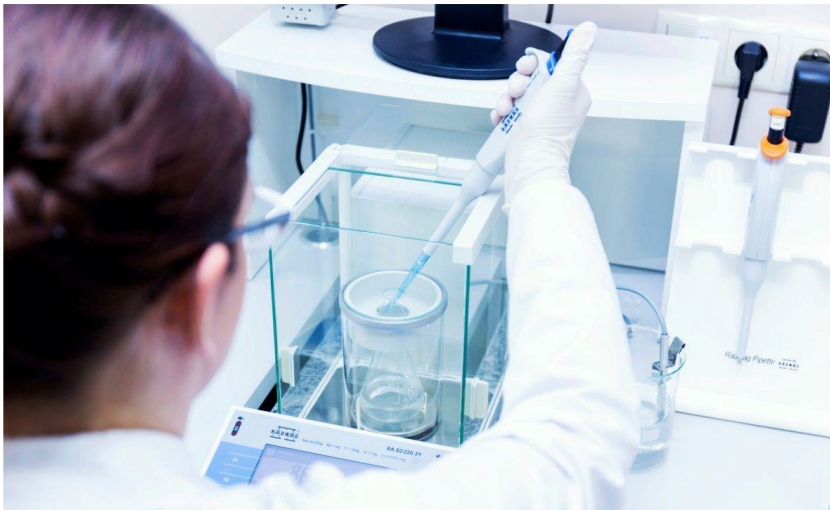


Figure 13. Le contrôle du volume des pipettes à piston -l'évaluation de l'erreur systématique et de l'erreur aléatoire

DIGITAL WEIGHING AUDITOR

La première étape pour obtenir une mesure de poids précise est de préparer la balance à fonctionner. Digital Weighing Auditor est une application de pesage de pointe qui permet de surveiller l'état de la balance en ligne, en informant de la nécessité d'un ajustage, d'une mise à niveau, de changements excessifs de la température et de l'humidité dans l'environnement de travail. Toutes les informations sont enregistrées dans une base de données permettant de les consulter (Audit trail).



Figure 14. AP 12.5Y - le contrôle du volume des pipettes à piston en mode automatique

La surveillance du fonctionnement de la balance est nécessaire non seulement en cas de mesures traditionnelles, mais aussi pour tout autre processus utilisant la mesure du poids, par exemple le contrôle du volume des pipettes à piston, le contrôle des écarts en pourcentage par rapport à un étalon, la détermination de la densité des échantillons, etc.

COMMENTAIRE

La fonction DWA est l'un des éléments de ce qu'on appelle Audit trail, qui garantit la sécurité et la fiabilité des données. Cette solution permet d'assurer la traçabilité des étapes du processus de mesure du poids, la saisie des données, la génération de rapports et les modifications significatives des paramètres de la balance. Elle est requise par le secteur pharmaceutique conformément à la réglementation de la FDA (21 CFR Part 11), mais peut être utilisée dans n'importe quel système de gestion de la qualité.

DÉRIVE

La variabilité des indications de la balance au cours de son utilisation, la dérive de l'indication du zéro de la balance peuvent être observées durant sa période d'acclimatation. Ce processus disparaît une fois la stabilisation thermique atteinte. La dérive du résultat de la pesée correspond à la variabilité des indications de la balance lorsque le plateau est chargé de produits. Les sources d'instabilité sont les suivantes : processus de sorption de l'humidité par l'échantillon, formation de charges électrostatiques déséquilibrées à la surface des échantillons pesés, mouvements d'air excessifs, vibration du substrat.



Figure 15. L'électricité statique dans la mesure du poids des filtres - Ioniseur DJ-04

COMMENTAIRE

La variabilité de l'indication de la balance (dérive) pour une pesée typique est un phénomène défavorable qui devrait être réduit au minimum. Dans certains cas, la dynamique, autrement dit la dérive de processus tels que la sorption, la désorption, peut être examinée grâce à la possibilité de transmission automatique du résultat de la pesée. La détection de changements de poids, même très faibles, est possible grâce aux balances d'analyse professionnelles de la série XA.5Y.

ÉCHELON DE VÉRIFICATION

L'échelon de vérification de la balance (e) - la valeur conventionnelle utilisée pour évaluer et classier les balances. Le terme provient de la métrologie légale OIML. La valeur la plus petite de l'échelon de vérification est de 1 mg (10^{-3} g) et c'est donc le plus petit poids étalon qui peut être fabriqué (OIML R111-1).



Figure 16. Un fragment de l'affichage des microbalances MYA 5.5Y

La valeur de l'échelon réel (d) des balances de laboratoire peut être comprise entre $10^{-4} \div 10^{-7}$ et est considérablement plus petite que la valeur de l'échelon de vérification. Cette relation nécessite l'utilisation d'autres méthodes de vérification de la précision des indications de la balance. Ceci est particulièrement flagrant dans le cas des microbalances et des ultra-microbalances - les erreurs des étalons de masse et l'incertitude de leur détermination peuvent être trop importantes.



Figure 17. L'échelon de vérification (e) et de lecture (d) des microbalances de la série MYA

BPF - BONNES PRATIQUES DE FABRICATION

GMP - ang. Good Manufacturing Practice, [BPF - bonnes pratiques de fabrication] ensemble de normes utilisées dans la production industrielle garantissant la plus haute qualité du produit fini. Ils assurent également le contrôle de la qualité et de l'origine des matières premières. Les normes BPF ont été initialement développées pour l'industrie pharmaceutique, mais elles sont aujourd'hui également utilisées par les entreprises cosmétiques, les fabricants de compléments alimentaires, etc.

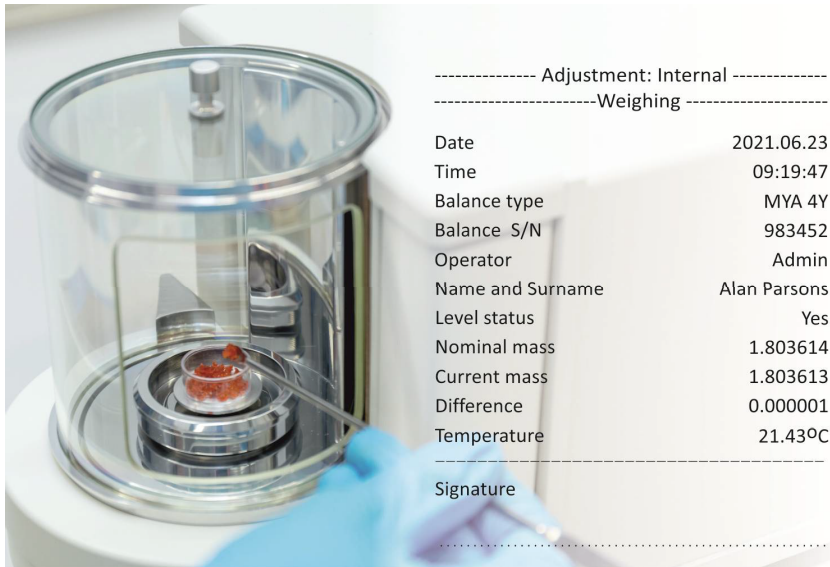


Figure 18. Exemple de rapport d'ajustage de la balance

Commentaire

Pour les mesures du poids, les BPF représentent la possibilité de vérifier tous les processus de pesée tels que l'enregistrement, l'exécution de la mesure, l'impression, le transfert de données et le rapport. Chaque élément du processus est associé à un opérateur spécifique et à la période pendant laquelle le processus a été lancé et achevé.

ORGANISME NOTIFIÉ

L'organisme désigné par les autorités compétentes de chaque État membre de l'Union européenne pour exécuter les tâches résultant des dispositions des différentes directives " nouvelle approche ". Un organisme notifié vérifie, à la demande du fabricant, la conformité des balances avec les exigences légales. Il établit des certificats de validation de type pour les balances et ce que l'on appelle des Test Certificats d'essai pour les instruments de mesure (compteurs) qui peuvent être utilisés dans la construction de balances et de systèmes de pesage. Les organismes notifiés européens sont notamment le NMI (Pays-Bas), le PTB (Allemagne), le LNE (France), le CMI (République tchèque), le GUM (Pologne), etc.

ÉTALONNAGE

L'étalonnage est un terme historiquement identifié au processus d'ajustage de la balance (voir ajustage). Son origine se trouve probablement dans le mot anglais **Calibration**, qui signifie étalonnage, c'est-à-dire la détermination des écarts d'un instrument de mesure. Habituellement, aucun ajustage de la sensibilité n'est effectué lors de l'étalonnage des balances électroniques, de sorte que, de facto, aucun ajustage n'est effectué sur les indications de la balance.

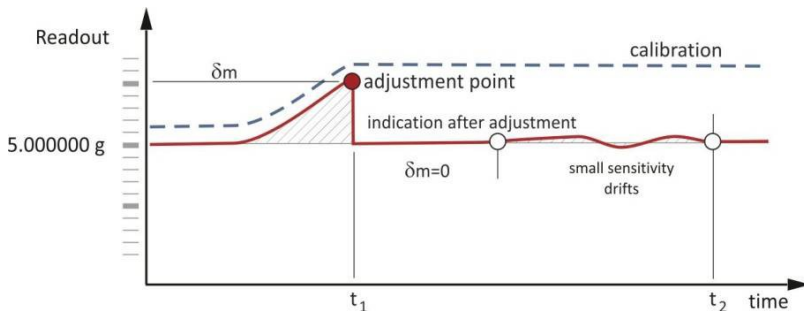


Figure 19. La différence entre l'ajustage (calibrage) et l'étalonnage

KILOGRAMME

Historiquement, il s'agit du poids d'un cylindre d'iridium et de platine dont le diamètre est égal à sa hauteur et qui était stocké à Sèvres près de Paris. Hélas, une variabilité importante du poids de l'étalon a été constatée au fil des ans, ce qui a amené les scientifiques à développer une nouvelle formule pour décrire le poids de 1 kilogramme. Actuellement, la définition de 1 kg utilise la constante de Planck et est techniquement réalisée au moyen de ce que l'on appelle la balance du Watt.

Définition du kilogramme - L'unité de masse, la désignation kg, est définie en prenant la valeur numérique fixe de la constante de Planck h , qui est de $6,626\ 070\ 15 \times 10^{-34}$, exprimée en unité Js, qui est égale à $kg\ m^2\ s^{-1}$, le mètre et la seconde étant définis par c et $\Delta\nu_{Cs}$.

$$m = \frac{UI}{gv}$$

où : U – tension ; I – courant ; g – accélération terrestre
 V – vitesse de rotation de la bobine

COMMENTAIRE

Pour reproduire l'unité de mesure de 1 kg, deux expérimentations sont réalisées, la première avec une charge lorsqu'un courant I circule dans une bobine fixe. La force électrodynamique qui se produit entre deux bobines avec un fil enroulé est mesurée et ensuite utilisée pour calculer la tension. On mesure le courant qui circule dans les bobines et qui est nécessaire pour permettre à la balance de rester en position d'équilibre lorsqu'elle est chargée d'un poids. De cette manière, l'étalon de masse peut être représenté à l'aide d'une force de champ magnétique.

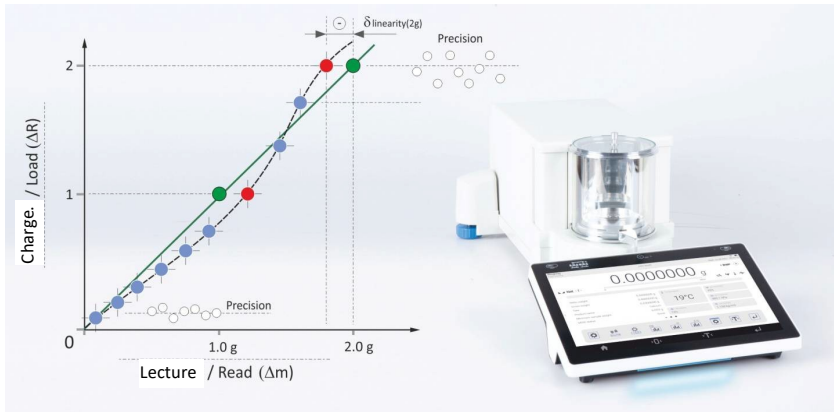
$$w = m \cdot g = B \cdot L \cdot I$$

L'expérimentation dynamique sans charge - la même bobine se déplace dans le même champ magnétique à une vitesse v connue, sans qu'aucun courant ne circule dans la bobine. Quand un fil de bobine se déplace avec une vitesse v connue dans un champ magnétique w , conformément à la loi de l'induction électromagnétique de Faraday, une tension U est générée aux extrémités du fil.

$$U = B \cdot L \cdot v$$

LINÉARITÉ

L'écart entre les caractéristiques réelles de linéarité de la balance et la ligne droite qui décrit l'équation de la balance idéale. En pratique, il n'existe pas de balance idéale, par conséquent les caractéristiques d'une balance ne sont jamais une ligne droite. Le processus de production vise à atteindre ces caractéristiques.



Commentaire

L'erreur de linéarité spécifiée dans les données techniques de la balance est le plus grand écart enregistré pour l'ensemble de la plage de mesure. La linéarité est définie à l'aide d'étalons de masse certifiés - ce paramètre ne peut pas être déterminé avec un échantillon réel. Il existe plusieurs méthodes de contrôle de la linéarité qui peuvent être appliquées en fonction de la résolution de la balance.

MASSE

La mesure de l'inertie, soit la tendance d'un corps à rester immobile ou en mouvement à une vitesse donnée. Elle est communément considérée comme la quantité de matière et d'énergie stockée dans un objet physique - **elle a une valeur constante** et ne dépend pas de la position. Dans le processus de pesée, la masse peut présenter une certaine variation due à la sorption de l'humidité, par exemple dans le cas de la pesée de poudres. En présence d'électricité statique, la masse de l'échantillon pesé présente une dérive croissante ou décroissante de l'affichage → voir dérive.



Figure 21. Comparateur de la série WAX - détermination de la masse d'un poids étalon

COMMENTAIRE

Contrairement à ce que l'on pourrait croire, la masse n'est pas censée exprimer la quantité de matière, qui, selon le système international d'unités, est déterminée en moles.

POIDS MINIMAL

Le poids minimal d'un échantillon - appelé MSW - est la valeur qui détermine le début de la plage de pesée de toute balance. Les mesures inférieures à ce seuil sont considérées comme imprécises. La relation suivante est utilisée pour déterminer MSW:

$$MSW = 2000 \cdot S$$

où :

S – écart type d'une série de 10 mesures

La condition décrivant MSW résulte directement des exigences USP 41 „ Weighing on the analytical balances ” et Ph. Eur. 1.2.7. où la condition de précision de la pesée des petites masses est donnée.

$$R = \frac{2 \cdot S}{m} \leq 0.10\% \rightarrow \frac{2 \cdot S}{m} \leq 0.001$$

COMMENTAIRE

E

L'écart type le plus faible possible d'une série de mesures est de 0,41d, ce qui signifie que la valeur la plus faible pour MSW en fonction de l'échelon réel de la balance (d) peut être :

- o $d = 0.01 \text{ mg} \rightarrow MSW = 0.41 \cdot 0,01\text{mg} \cdot 2000 = 8,2 \text{ mg}$
- o $d = 0.001 \text{ mg} \rightarrow MSW = 0.41 \cdot 0,001\text{mg} \cdot 2000 = 0,82 \text{ mg}$
- o $d = 0.0001 \text{ mg} \rightarrow MSW = 0.41 \cdot 0,0001\text{mg} \cdot 2000 = 0,082 \text{ mg}$



Figure 22. La fonction MSW dans les balances de la série 5Y

MODULE ENVIRONNEMENTAL DE LA BALANCE

Le contrôle des paramètres essentiels de l'environnement (température, humidité, pression, vibrations du sol) est effectué automatiquement à l'aide des capteurs internes de la balance. La définition des valeurs limites et de la dynamique des modifications de ces valeurs, accompagnée d'une visualisation simultanée, constitue un outil de travail ergonomique et efficace.



Figure 23. La balance XA 82/220.5Y avec capteur supplémentaire de conditions environnementales

Il est possible de connecter au menu de la balance des capteurs externes qui permettent d'obtenir des informations sur les conditions ambiantes dans le laboratoire, précisément sur le lieu de travail.

CONTRÔLE DE LA QUALITÉ DE LA PESÉE

Le principe de fonctionnement de toute balance est de mesurer la force avec laquelle la Terre attire la charge à peser. Les chocs supplémentaires résultant d'un placement incorrect de la charge sur le plateau de pesage peuvent affecter de manière significative la précision de la mesure. Ceci est particulièrement important lors du pesage de petites quantités de substances. Les solutions les plus récentes proposées dans les balances de la série 5Y permettent de surveiller la dynamique du placement de la charge et d'informer l'utilisateur sur la qualité de ce processus. Une icône rouge signale que l'impact au moment du placement de l'échantillon a été trop important.



Figure 24. L'évaluation automatique de la qualité du processus de pesage

COMMENTAIRE

Un signal de choc ne signifie pas l'apparition d'une erreur de mesure, mais indique la nécessité de renforcer la maîtrise du placement des échantillons sur le plateau de la balance ou de réviser la méthode utilisée dans le laboratoire, par exemple en introduisant l'automatisation.

INCERTITUDE DE MESURE

L'incertitude de mesure est un paramètre non négatif caractérisant la dispersion de la valeur d'une grandeur, affectée au mesurande et calculée en fonction des informations obtenues*). L'incertitude de mesure de type A est définie par un écart type d'une série de mesures et est utilisée pour évaluer la précision de la pesée d'échantillons de petites masses.

$$u(x) = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{(n - 1)}}$$

L'incertitude de type B est estimée en prenant en compte toutes les informations pertinentes concernant le processus de mesure de la masse, telles que l'erreur de linéarité, l'erreur d'excentration, l'erreur au point de mesure, etc. Chaque résultat de mesure de la masse de l'échantillon devrait être indiqué avec l'incertitude de sa détermination.

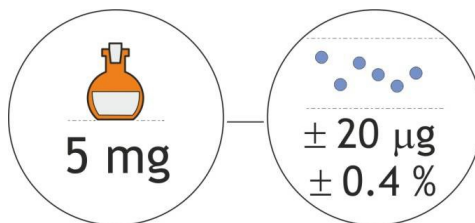


Figure 25. Incertitude de mesure

*) - International Vocabulary of Metrology – Basic and General Concepts and Associated Terms (VIM), 3rd Edition.

CHARGE MINIMALE

Selon le règlement OIML R 76, la charge minimale est la valeur de la charge en dessous de laquelle les résultats du pesage sont susceptibles d'être entachés d'une erreur relative trop importante. La plage de pesée de chaque balance varie de la charge Min. à la charge Max. Selon la métrologie légale, la valeur de la masse minimale est déterminée par une relation relative à l'échelon réel de la balance, en fonction de la classe de précision de la balance :

- Min = 100d (classe de précision I)
- Min = 50d ou 20d (classe de précision II)



Figure 26. Charge minimale des balances

COMMENTAIRE

PN-EN 45501:2015 " Questions métrologiques relatives aux instruments de pesage à fonctionnement non automatique ", est une norme définissant toutes les exigences relatives à la conception, au fonctionnement et au marquage des instruments de pesage qui sont susceptibles d'être utilisés dans le cadre de la métrologie légale.

ÉCART D'EXCENTRATION

L'écart d'excentration selon OIML R76 est déterminé par la mise en place d'un étalon d'une masse égale à

$\frac{1}{3}$ de la charge maximale de la balance au centre de chacun des 4 segments du plateau de la balance. L'erreur de pesage de l'étalon de masse doit être inférieure à l'erreur maximale tolérée pour la charge appliquée.

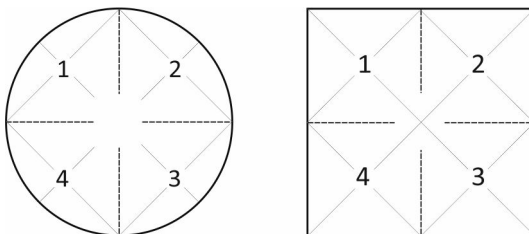


Figure 27. Les points de contrôle pour tester l'excentration

L'écart d'excentration différentiel*) est la différence qui apparaît entre les indications lorsque l'étalon est placé hors centre sur le plateau de la balance et l'indication lorsque le même étalon est placé exactement au centre du plateau.

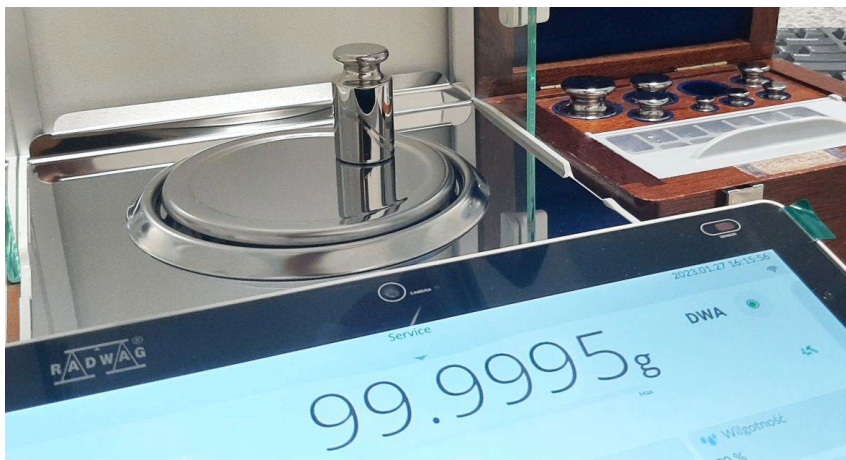


Figure 28. L'essai d'excentration de la balance XA 220.5Y

+) I-CAL-GUI-018/v4.0/2015-10-01

POIDS ÉTALON

Les poids étalons sont des instruments de mesure qui constituent des étalons de mesure. Leur spécification est définie dans des documents tels que OIML R111 „Weights of classes E₁, E₂, F₁, F₂, M₁, M₁₋₂, M₂, M₂₋₃ and M₃. Part 1: Metrological and technical requirements”, ASTM E617-18 „Standard Specification for Laboratory Weights and Precision Mass Standards”.

OIML - L'organisation internationale de métrologie légale a défini les exigences métrologiques.

pour les poids étalons en matière de légalisation obligatoire dans le monde entier. Les exigences sont spécifiées selon les classes de précision, le matériau, la forme, l'identification, la densité, le magnétisme, etc. Les poids étalons sont utilisés dans le domaine de la métrologie légale et, en tant qu'instruments de mesure, ils nécessitent une revalidation.

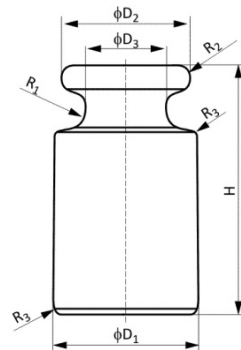


Figure 29. Le poids étalon selon OIML dimensions hors tout

Pratiquement, les étalons de masse, qui ont toutes les mêmes caractéristiques physiques que les poids étalons, sont utilisés pour évaluer le fonctionnement des balances. Les étalons de masse ont une masse précise avec une incertitude sur la détermination de celle-ci et ne font pas l'objet d'une métrologie légale.



Figure 30. Ensemble d'étalons de masse

PERSONNEL

Les meilleurs résultats peuvent être obtenus lorsque le personnel est conscient de la pertinence des actions entreprises, tout en connaissant les capacités de mesure et les limites relatives à la méthode de mesure et à l'équipement utilisés. En ce qui concerne les mesures de poids, la technique de pesage et la capacité d'évaluer correctement le résultat de la mesure sont importantes. Les balances analytiques et les microbalances fabriquées par Radwag permettent de mesurer le poids d'échantillons de quelques milligrammes (mg) avec une précision de quelques microgrammes (μg). Un processus qui semble simple peut être perturbé par de nombreux facteurs externes.

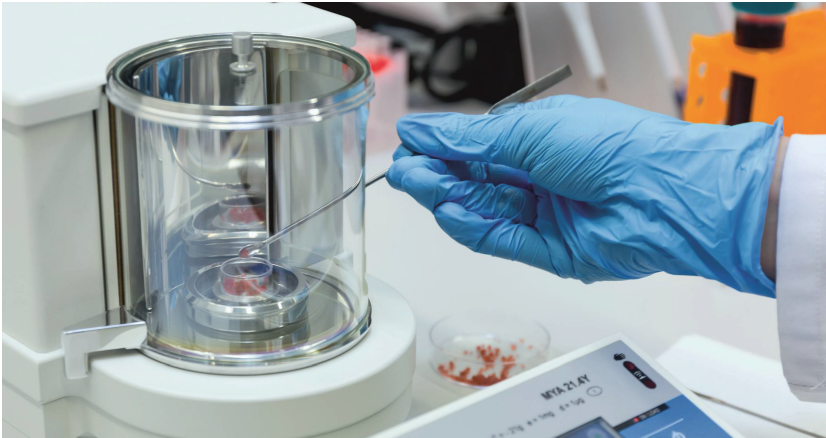


Figure 31. Personnel - bonnes pratiques de pesage

L'acquisition des compétences nécessaires afin d'effectuer correctement les mesures de poids se fait uniquement au moyen des essais pratiques, la connaissance étant complètement différente de la compétence. C'est dans cette optique que Radwag offre la possibilité de participer à des formations théoriques et pratiques périodiques.

MOBILITÉ DE LA BALANCE

La capacité de la balance à réagir à de faibles variations de charge. Le seuil de mobilité est la valeur de la plus petite surcharge qui, déposée ou retirée sans choc sur le récepteur de charge, provoque une variation perceptible de l'indication. L'excitabilité de la balance peut être importante en cas de dosage de très petites quantités de substances ou dans des processus où l'on observe une variabilité des indications de la balance lorsque l'échantillon est placé en continu sur son récepteur de charge.



Figure 32. Le dosage des ingrédients lors de la production de peinture

COMMENTAIRE

Une mobilité trop faible de la balance peut entraîner des erreurs relatives trop importantes. Durant les processus typiques de pesage, lorsque la masse de l'échantillon est importante, la mobilité n'est pas un facteur métrologique pertinent.

PRÉCISION DE LA MESURE

La précision des mesures est la convergence qui existe entre les indications ou les valeurs des quantités mesurées obtenues sur les mêmes objets ou sur des objets similaires dans des conditions spécifiques. La mesure de la précision des mesures est l'écart-type S d'une série de mesures. En utilisant la valeur S il est possible de déterminer avec une certaine probabilité l'endroit où se trouve la valeur mesurée.

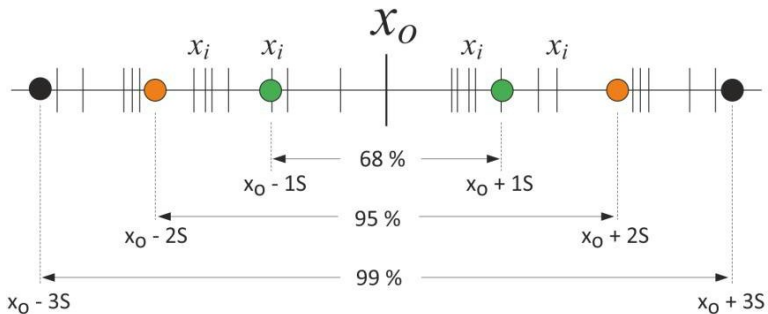


Figure 33. La précision des mesures - la règle des 3 sigmas

où x_0 – valeur moyenne
 x_i – résultat de la mesure
 S – écart-type

Plus la valeur de l'écart-type (S) est faible, plus la précision de la mesure est grande, plus les résultats sont concentrés autour de la valeur moyenne. La précision de la mesure dépend

- des conditions dans lesquelles l'essai est effectué (température, humidité, vibrations),
- de la taille et la forme de l'objet à peser
- de la technique de pesage (pas de chocs),
- de la stabilité thermique de la balance et, dans une moindre mesure
- de l'erreur d'excentration

RÉSOLUTION DE LA BALANCE

Dans le cas des balances électroniques, la résolution est la différence des indications correspondant à une variation d'une unité du chiffre le moins significatif. Les résolutions typiques des balances de laboratoire sont comprises entre 10^{-2} et 10^{-7} g.



Figure 34. Le contrôle du volume des pipettes à piston

COMMENTAIRE

Le terme résolution ne devrait pas être confondu avec celui de précision des indications de la balance, qui dépend d'un certain nombre de facteurs. Certains processus nécessitent l'utilisation d'une balance avec une résolution spécifique, par exemple le contrôle du volume des pipettes à piston.

FLOTTABILITÉ

La force de flottabilité est la force agissant sur un corps immergé dans un liquide ou un gaz en présence de la gravité. La force de flottabilité est dirigée verticalement vers le haut, contrairement à la force de gravitation. La valeur de la force de flottabilité est égale au poids du liquide déplacé par ce corps, conformément à la relation :

$$F_w = \rho \cdot g \cdot V$$

où : ρ – masse volumique du milieu dans lequel se trouve le corps (liquide ou gaz)
 g – accélération de la pesanteur
 V – volume de fluide déplacé égal au volume de la partie du corps immergée dans le fluide.

Une conséquence de la présence de la force de flottabilité dans les mesures de masse est la distinction entre la masse conventionnelle d'un corps (masse conventionnelle) et la masse physique, qui correspond à la quantité de matière que possède un corps. Si la masse physique du corps est connue, la valeur de la masse conventionnelle (conventionnelle) peut être calculée conformément aux directives de OIML D 28 „Conventional value of the result of weighing in air” à partir de la relation ci-dessous :

$$m_c = \frac{(1 - \rho_0)/\rho}{(1 - \rho_0)/\rho_c}$$

où : m_c – masse conventionnelle
 ρ – la masse volumique du corps pesé
 ρ_0 – la masse volumique de l'air
 ρ_c – la masse volumique de référence de l'étalon , 8000 kg/m³

COHÉRENCE DES MESURES

La propriété d'une mesure ou d'un étalon d'une unité de mesure selon laquelle il (ils) peut (peuvent) être associé(s) à des références, qui sont principalement des étalons nationaux ou à des unités de mesure internationales, à travers une chaîne ininterrompue de comparaisons, toutes ayant des incertitudes spécifiées.

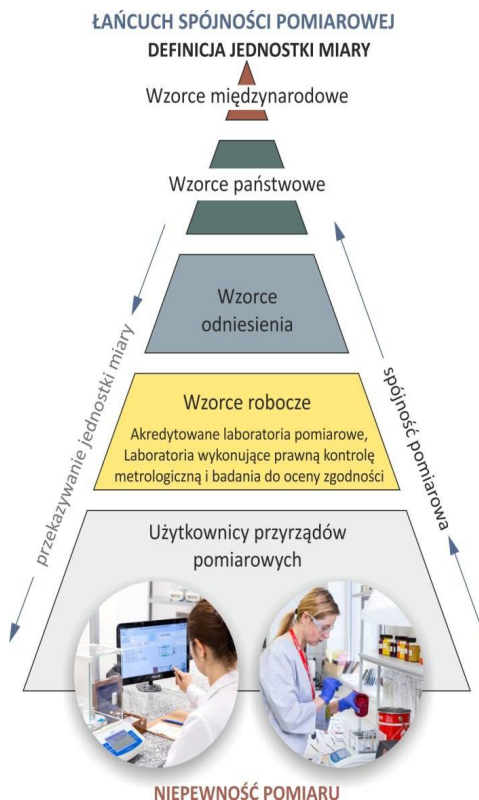


Figure 35. La traçabilité de mesure dans la mesure de la masse

łańcuch spójności pomiarowej	Chaîne de traçabilité de mesure
Definicja jednostki miary	Définition de l'unité de mesure
Wzorce międzynarodowe	Étalons internationaux
Wzorce państwowe	Étalons nationaux
Wzorce odniesienia	Étalons de référence
Wzorce robocze	Étalons de travail
Akredytowane laboratoria pomiarowe, Laboratoria wykonujące prawną kontrolę metrologiczną i badania do oceny zgodności	Laboratoires de mesure accrédités, Laboratoires effectuant le contrôle métrologique légal et les essais pour l'évaluation de la conformité
Użytkownicy przyrządów pomiarowych	Utilisateurs des instruments de mesure
Niepewność pomiaru	Incertitude de mesure

THERMOGRAVIMÉTRIE

Une technique permettant de déterminer la perte de masse d'un échantillon pendant son chauffage contrôlé. Durant ce processus, la perte de masse de l'échantillon, la teneur en matière sèche, l'humidité sont calculées et une courbe de séchage est tracée. En tant que processus physique, la thermogravimétrie constitue la base du fonctionnement des dessiccateurs pondéraux, qui sont utilisés pour déterminer rapidement la teneur en eau ou en masse sèche de divers produits.



Figure 36. Thermogravimétrie - le dessiccateur à micro-ondes PMV 50.5Y

COMMENTAIRE

L'analyse de la teneur en eau à l'aide des dessiccateurs nécessite un processus de validation. Il s'agit d'un élément indispensable permettant de s'assurer que la méthode utilisée est précise et peut être utilisée de façon réciproque avec les méthodes de référence.

BALANCE

Un instrument de mesure utilisé pour déterminer la masse d'un corps en utilisant les effets de la gravité sur ce corps. Le terme "masse" est utilisé dans le sens de "masse conventionnelle" ou "valeur conventionnelle du résultat de pesage dans l'air" selon OIML R111 ou D28. La balance peut aussi être utilisée pour déterminer d'autres grandeurs, quantités, paramètres ou caractéristiques liés à la masse



Figure 37. La balance à fonctionnement non automatique PS 1000.X2 avec étalons de masse

Elle peut fonctionner en mode manuel (balance à fonctionnement non automatique) ou en mode automatique dans la chaîne de production, auquel cas elle est dotée de systèmes supplémentaires pour l'étiquetage et la sélection des produits à contrôler.



Figure 38. Balance automatique avec l'alimentateur et le système de tri

DESSICCATEUR

L'instrument de mesure dans lequel les fonctions de pesage et de chauffage de l'échantillon sont réalisées simultanément. En fonction de la perte de masse, la teneur en eau ou en matière sèche est déterminée dans le produit analysé. La méthode utilisant un dessiccateur nécessite une validation, à savoir que l'on démontre la corrélation du résultat de la teneur en eau avec le résultat de la teneur en eau obtenu à l'aide de méthodes reconnues (normalisées).



Figure 39. Dessiccateur – mesure de la teneur en eau

COMMENTAIRE

La précision des indications de mesure de la masse est assurée par un ajustage interne ou externe (avec un étalon de masse). Le processus d'ajustage pour l'analyse de la teneur en eau n'est pas obligatoire, car le principe de fonctionnement du dessiccateur consiste à mesurer la masse de l'échantillon de manière différentielle (humide/sèche). La température de séchage est ajustée par défaut et n'a pas besoin d'être ajustée périodiquement.

VALIDATION

Il s'agit d'une action visant à confirmer, de manière documentée et selon les principes des bonnes pratiques de fabrication, que les procédures, les processus, les équipements, les matériaux, les actions et les systèmes permettent effectivement d'obtenir les résultats prévus. Pour les balances, la validation comprend un contrôle objectif des paramètres métrologiques et le résultat du contrôle est comparé aux limites - les exigences de l'utilisateur.

Pour les processus de séchage, la validation est l'optimisation des paramètres de séchage en vue de parvenir à la précision et à l'exactitude souhaitées de l'analyse. Ce processus nécessite de bien connaître la valeur de référence de l'humidité de l'échantillon.

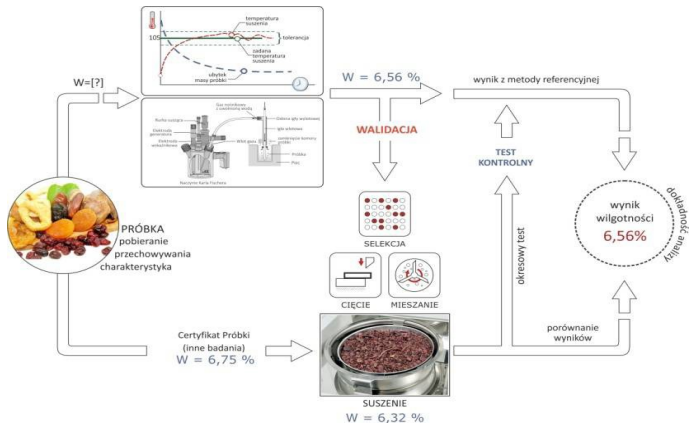


Figure 40. La validation pour les mesures de la teneur en eau

Niepewność pomiaru	Incertitude de mesure
Przekazywanie jednostki miary	Transmission de l'unité de mesure
Spójność pomiarowa	Traçabilité de la mesure
Temperatura suszenia	Température de séchage
Tolerancja	Tolérance
Zadana temperatura suszenia	Température de séchage réglée
Ubytek masy próbki	Perte de masse de l'échantillon
Wynik z metody referencycyjnej	Résultat de la méthode de référence
Walidacja	Validation
Test kontrolny	Essai de contrôle
Próbka	Échantillon
pobieranie	échantillonnage
przechowywania	stockage
charakterystyka	caractérisation
selekcja	sélection
okresowy test	essai périodique
wynik wilgotności	résultat de l'humidité
dokładność analizy	précision de l'analyse
Cięcie	Découpage
Mieszanie	Mélange
Certyfikat próbek (inne badania)	Certificat d'échantillon (autres essais)
Porównanie wyników	Comparaison des résultats
Suszenie	Séchage

CONDITIONS DE FONCTIONNEMENT DE LA BALANCE

Pour les balances électroniques à résolution élevée, la stabilité de la température et de l'humidité dans l'environnement de travail est importante. Ce sont deux facteurs clés qui ont une influence significative sur la précision de la mesure de la masse. Il existe en outre d'autres domaines liés directement ou indirectement à l'environnement de travail qui peuvent affecter négativement la qualité du processus.

En fonction du type d'échantillon testé, on peut prendre en compte l'influence de facteurs tels que la vibration du substrat, la sorption de l'humidité par la structure de l'échantillon, la présence de charges statiques déséquilibrées, le magnétisme, les mouvements d'air excessifs, la variation de masse résultant de la désorption de l'humidité, etc.

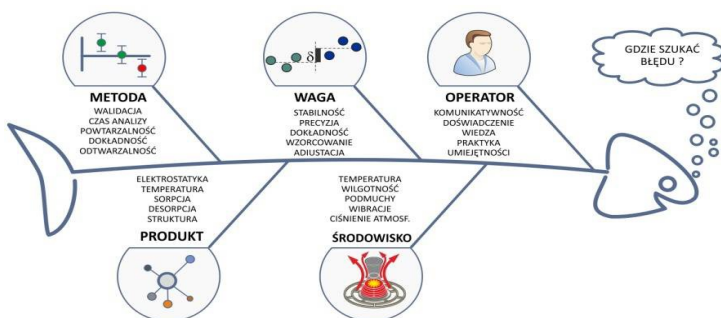


Figure 41. Les facteurs ayant une influence sur le processus de mesure de la masse.

Metoda	Méthode
Walidacja	Validation
Czas analizy	Durée de l'analyse
Powtarzalność	Répétabilité
Dokładność	Précision
Odtwarzalność	Répétabilité
Waga	Poids
Stabilność	Stabilité
Precyzja	Précision
Dokładność	Exactitude
Wzorcowanie	Étalonnage
Adiustacja	Ajustage
Operator	Opérateur
Komunikatywność	Communication
Doświadczenie	Expérience
Wiedza	Connaissances
Praktyka	Pratique
Umiejętność	Compétences
Elektrostatyka	Électrostatique
Temperatura	Température
Sorpca	Sorption
Desorpca	Désorption
Struktura	Structure
Produkt	Produit
Wilgotność	Humidité
Podmuchy	Souffles
Wibracje	Vibrations
Ciśnienie atmosf.	Pression atmosphérique
Środowisko	Environnement
Gdzie szukać błędów?	Où chercher l'erreur ?

Un facteur lié au processus de mesure de la masse ou à la préparation de l'échantillon pour analyse détermine généralement l'importance de la précision du pesage.

HUMIDITÉ DU MATÉRIAU

L'humidité relative d'un matériau (échantillon) correspond au rapport entre la masse d'eau contenue dans le matériau et la masse du matériau humide. Le calcul automatique de l'humidité relative nécessite l'utilisation d'un dessiccateur, qui détermine la masse de l'échantillon humide et la masse de l'échantillon après l'avoir séché à une température donnée.

$$w_{REL} = \frac{m_w - m_d}{m_w} \times 100 \% m_w$$



Figure 42. La préparation de l'échantillon pour le séchage

L'humidité absolue est le rapport entre la masse d'eau contenue dans le matériau et la masse du matériau complètement sec.

$$w_{ABS} = \frac{m_w - m_d}{m_d} \times 100 \%$$

COMMENTAIRE

Quand les échantillons sont chauffés au moyen d'un dessiccateur, tous les composants volatils sont évacués de la structure de l'échantillon. L'humidité du matériau est donc la somme de tous les composants qui peuvent être éliminés à une température de séchage donnée.

ÉTALONNAGE

L'ensemble des actions permettant d'établir la relation entre les valeurs du mesurande indiquées par la balance et les valeurs correspondantes des grandeurs physiques représentées par l'étalon de mesure. Les caractéristiques de l'étalonnage concernent l'erreur de mesure, l'incertitude de mesure et la traçabilité de mesure.

<p style="text-align: center;">RADWAG Wagi Elektroniczne Witold Lewandowski 26-600 Radom, ul. Toruńska 5 CENTRUM METROLOGII, BADAŃ I CERTYFIKACJI - LABORATORIUM POMIAROWE 26-600 Radom, ul. Starowiejska 17A tel. /38/ 386 64 70; fax /48/ 385 00 11</p>		
		
<p>Calibration laboratory accredited by Polish Centre for Accreditation, a signatory to EA MLA and ILAC MRA that include recognition of calibration certificates. Accreditation No AP 069.</p>		
<h1>CALIBRATION CERTIFICATE</h1>		
		
		
Date of issue: 17 June 2021	Certificate No: 6076/2252/21	Page: 1 / 2
OBJECT OF CALIBRATION	Non-automatic electronic weighing instrument - single range Manufacturer RADWAG Wagi Elektroniczne Type / symbol MYA 5.4Y Serial No 702517 Capacity Max 5,1 g Scale interval <i>d</i> 1 mg	
APPLICANT	RADWAG Wagi Elektroniczne ul. Toruńska 5, 26-600 Radom	
USER		
PLACE OF CALIBRATION	RADWAG Wagi Elektroniczne Laboratorium Pomiarowe ul. Starowiejska 17A, 26-600 Radom	
CALIBRATION METHOD	Calibration Procedure: PW 01 rev. XIII of 28 February 2018	
ENVIRONMENTAL CONDITIONS	Air temperature: (22,59 + 22,94) ± 0,20 °C Relative humidity: (54,3 + 56,3) ± 1,1 %	
DATE OF CALIBRATION	17 June 2021	
TRACEABILITY	This certificate is issued under the agreement EA MLA in the field of calibration and provides traceability of measurement results to the International System of Units (SI)	
CALIBRATION RESULTS	The results have been presented on page 2 of this certifiacae including uncertainty of measurement.	
UNCERTAINTY OF MEASUREMENT	Uncertainty of measurement has been evaluated in compliance with EA-4/02 M:2013 The expanded uncertainty assigned corresponds to a coverage probability of 95 % and the coverage factor <i>k</i> = 2.	
		
This certificate may be presented or copied as whole document only		

Figure 43. Exemple de certificat de calibration

ÉTALON DU POIDS

Un étalon de masse est un instrument de mesure destiné à définir, réaliser, conserver ou reproduire une unité de mesure. La forme de l'étalon de masse peut être arbitraire, cependant le matériau de l'étalon doit permettre de garantir la constance de sa masse dans le temps, il doit comporter une identification, un certificat d'étalonnage avec des informations sur la traçabilité de mesure et une incertitude estimée de la mesure. Les étalons de masse ne peuvent pas être utilisés comme poids étalons au sens de la métrologie légale. Pour les étalons de masse, la classification principale est l'incertitude de mesure estimée lors de leur étalonnage.



Figure 44. Les essais des étalons de masse dans un cycle automatique

COMMENTAIRE

Les étalons de masse doivent être vérifiés périodiquement par réétalonnage en vue d'établir leur masse réelle avec l'étalon de référence carbone.

PLAGE DE PESÉE

L'intervalle entre la charge minimale (Min) et la charge maximale (Max) de la balance. En pratique, le seuil de pesage des petites masses peut être plus élevé, étant donné qu'il est déterminé par la précision de pesage requise → voir Poids minimum.

ARRONDISSEMENT DU RÉSULTAT DE LA PESÉE

Chaque balance électronique permet de mesurer la masse de l'échantillon avec une résolution beaucoup plus élevée que celle indiquée sur l'écran de la balance. Ainsi, chaque résultat est arrondi à la valeur de l'échelon réel (d) de la balance.



Figure 45. La balance de la série XA - arrondissement du résultat

Rzeczywista wartość zmierzona	Valeur mesurée réelle
Wynik ważenia	Résultat du pesage

COMMENTAIRE

L'obtention d'une mesure " plus précise " de la masse de l'échantillon requiert l'utilisation d'une balance dont la valeur de l'échelon réel est plus petite. Pour ce faire, il faut respecter le principe selon lequel la précision de la mesure augmente lorsque la valeur de l'échelon réel diminue.



RADWAG BALANCES ÉLECTRONIQUES

26-600 Radom, ul. Toruńska 5

Tél. 48 48 3848800, fax 48 48 3850010

e-mail: radom@radwag.pl, <http://www.radwag.com>