

Balances

Partie I. Bonnes pratiques de pesage

Commission SFSTP, D. Louvel

C. Barbier, M.-D. Blanchin, M.-C. Bonenfant, X. Chavatte, C. Chmieliewski, X. Dua, R. Dybiak,
C. Imbernon, C. Lebranchu, L. Louvet, M. Vandenhende

Cet article est le résultat des travaux de la commission SFSTP « Petit matériel » et a pour but d'éclairer le lecteur sur les bonnes pratiques de pesage et les performances de ses instruments de pesage. Il pourra s'en inspirer pour rédiger ses procédures internes et former/qualifier son personnel. Il pourra aussi s'en inspirer pour procéder à la qualification des performances, à l'achat, au contrôle de routine.

Mots clefs : Métrologie – Instruments de pesage – Bonnes pratiques – Formation – Performance.

I INTRODUCTION

La balance est définie comme un instrument de pesage à fonctionnement non automatique. Elle mesure la force générée par l'objet soumis à l'action de la pesanteur qui est déposé sur son plateau. Comme la pesée est réalisée dans l'air, cette force est la résultante de la force gravitationnelle et de la force de la poussée de l'air (poussée aérostatique). Cette force résultante est transformée en indication de masse par rapport aux points d'ajustage mémorisés dans la balance.

Cet article traite des éléments suivants :

- les grandeurs d'influence qui peuvent perturber les pesées,
- les précautions d'emploi liées aux phénomènes physiques,
- les termes techniques utilisés par les constructeurs,
- le choix d'une balance selon ses critères d'utilisation,
- les poids étalons.

II LES GRANDEURS D'INFLUENCE

Les influences physiques sont souvent en cause, lorsque l'affichage du poids n'est pas stable, lorsque les résultats augmentent ou diminuent lentement ou lorsque les valeurs sont erronées.

Les causes les plus courantes sont :

Balances Part I. Best weighing practices

This paper is the result of the SFSTP commission "Petit matériel" and is intended to help the user on the good weighing practices and the performances of its weighing instruments. The reader can find a basis in this document for writing his internal procedures and train/qualify its staff. He can also find a basis to carry out the performance qualification for the routine control and before purchase.

Keys words: Metrology – Weighing instruments – Good practices – Training – Performance.

I INTRODUCTION

A balance is defined as a non automatic weighing instrument because the operator is requested to place the load on the balance pan. A balance measures the force generated by an object subjected to the action of gravity, which is placed on his pan. As the weighing is carried out in the air, this force is the resultant of the gravitational force and the air buoyancy force. This resultant force is compared to set points stored in the balance and then transformed into an indication of mass.

This document article deals with the following elements:

- the influence quantities that may disturb the weighing,
- the cautions of use related to physical phenomena,
- the technical terms used by manufacturers,
- the balance choice according its use criteria,
- the standards weights.

II INFLUENCE QUANTITIES

The physical quantities are often involved when the balance displays an unstable weight, when the displayed values increase or decrease slowly or when the values are wrong.

The most common causes are:

- une mauvaise manipulation des produits à peser,
- un mauvais emplacement de la balance,
- une évaporation ou une absorption d'humidité par les produits à peser,
- des produits à peser ou des récipients chargés d'électricité statique,
- des produits à peser ou des récipients magnétiques,
- la masse volumique des produits à peser.

Dans les chapitres suivants, nous présentons ces influences, leurs causes et proposons certaines mesures à prendre.

1. LA TEMPÉRATURE

Effet – L'affichage du poids d'une charge varie constamment dans un sens.

Cause – Une différence de température entre le produit à peser et l'environnement entraîne des circulations d'air le long du récipient de pesée. L'air frottant le récipient génère une force dirigée vers le haut ou le bas. Le résultat de pesée s'écarte alors de la valeur vraie. Cet effet est appelé « poussée dynamique ». Il ne diminue que lorsqu'un équilibre thermique a été atteint. Un objet froid paraît plus lourd, un objet chaud plus léger. Cet effet peut entraîner des problèmes, en particulier lors des pesées différentielles avec des semi-microbalances, des microbalances et des ultra-microbalances.

Remède – Ne pas peser de charge sortie directement d'un endroit ayant une température différente de celle du local.

- Mettre la charge à peser dans le local pour qu'elle s'acclimate lentement à la température.
- Ne pas tenir la charge à peser avec les doigts nus, utiliser des pinces ou des gants.
- Ne pas introduire la main dans la chambre de pesée.

Conseils – Laisser se stabiliser thermiquement les objets à peser à la température ambiante ou réduire le gradient de température entre les objets à peser et la température ambiante.

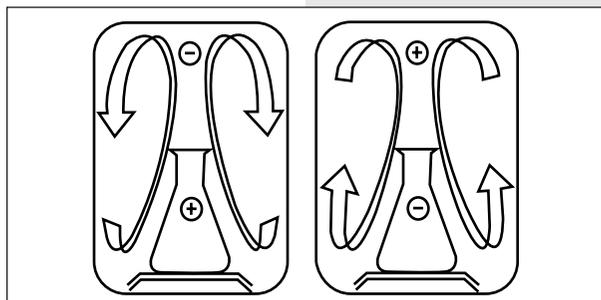


Figure 1. Création de courant de convection dans une chambre de pesée.

Figure 1. Creation of convection flow in a weighing chamber.

2. LE MAGNÉTISME

Effet – Une charge peut présenter, suivant sa position sur le plateau, des indications de poids différentes. Les résultats ne sont pas reproductibles. L'affichage reste toutefois stable.

Cause – La charge à peser est magnétisée en raison du fer qu'elle contient. Le champ magnétique de la cellule de mesure de la balance et celui composant la charge s'attirent. Les forces supplémentaires engendrées sont interprétées de façon erronée par la balance comme étant une charge.

- a mishandling of the products to weigh,
- a wrong location for the balance,
- the evaporation or absorption of moisture by the products to weigh,
- products or containers to weigh charged with statics,
- magnetic products or containers to weigh
- the density of the products to weigh.

In the following chapters, we are presenting these influences, their causes and we offer some measures to be taken.

1. TEMPERATURE

Effect – The weight display of a weighing sample changes constantly in one direction.

Reason – There is a temperature gradient between the weighing sample and the surroundings that leads to air currents along the weighing vessel. The air flowing along the side of the vessel generates a force in an upward or downward direction that falsifies the weighing result. This effect is called dynamic buoyancy. The effect does not die away until a temperature equilibrium is established. The following applies: A cold object appears heavier, a warm object lighter. This effect can lead to problems, especially in differential weighings with semi-micro, micro and ultra-microbalances.

Corrective measures – Never weigh samples taken directly from a place having a different temperature from the weighing room (e.g. dryer or refrigerator).

- Do not hold the weighing sample with bare hands, use tweezers.
- Never put your hand into the weighing chamber, otherwise the weighing chamber would warm up.

Advice – Acclimatize weighing sample to the temperature of lab or weighing chamber, or reduce the temperature difference between surroundings and weighing sample.

2. MAGNETISM

Effect – The weight of a weighing sample depends on its position on the weighing pan. The reproducibility of the result is poor.

Reason – The content of the sample to weigh is a magnetic material. The electromagnetic field of the load cell and iron exert a mutual attraction. The additional forces that arise are thus wrongly interpreted by the balance as a load.

Remède – Comme la force magnétique diminue avec la distance, le produit à peser peut être placé plus loin du plateau à l'aide d'un support amagnétique (plastique, aluminium, bois). Dans tous les cas éviter une matière plastique car elle est plus facilement électrostatique. Le même effet peut être obtenu avec le dispositif permettant de peser sous la balance.

Conseils – Ne laissez pas l'agitateur magnétique (gros ou petit) dans le bécher qui sera ensuite pesé.

- Si vous pesez des objets métalliques ferreux, veillez à ce qu'ils ne sont pas magnétisés.
- Pour savoir si l'objet à peser a un champ magnétique capable de perturber celui de la cellule, approchez-le du plateau sans le toucher. Si vous constatez des variations d'indication, le champ est suffisamment fort. Vous devez donc placer un support amagnétique entre les deux champs (objet et cellule).

3. L'ÉLECTRICITÉ STATIQUE

Effet – Un récipient affiche à chaque pesée un poids différent. L'affichage du poids n'est pas stable et les résultats ne sont pas reproductibles. La valeur de l'écart type de répétabilité est nettement supérieure à celle réalisée avec un poids étalon.

Cause – Votre récipient de pesée s'est chargé d'électricité statique. Les matériaux isolants comme la plupart des récipients de pesée (en verre, en matière plastique) peuvent se charger d'électricité statique. Cette charge est créée avant tout par frottement lors de la manipulation ou du transport de matériaux (en particulier, les poudres et granulés). Si l'air est sec (taux d'humidité relative inférieur à 40% = moins bonne conductibilité), ces charges électrostatiques ne peuvent plus s'écouler ou seulement très lentement, et ce pendant des heures.

Les erreurs de pesée proviennent des forces électrostatiques qui agissent entre le produit à peser et l'environnement. Ainsi, si le produit et l'environnement possèdent la même charge électrique (+, + ou -, -) ils se repoussent ; si les charges sont opposées (+, - ou -, +) ils s'attirent.

Ces forces électrostatiques peuvent être mesurées par les microbalances, les balances semi-micro et les balances d'analyses et conduisent aux erreurs de pesée décrites.

Un récipient en matière plastique, frotté avec un chiffon en laine ou en soie produit exactement ce phénomène.

Remède – La charge électrostatique du produit à peser doit être déchargée ou évitée par blindage. Pour cela, il existe plusieurs possibilités :

- augmenter l'humidité de l'air à l'aide d'un humidificateur ou en ajustant la climatisation en conséquence.

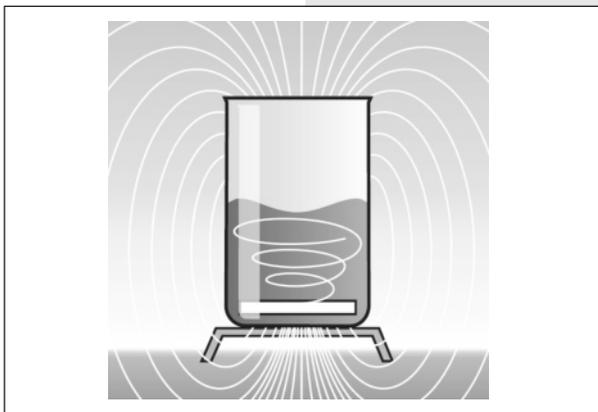


Figure 2. Champ magnétique autour d'une charge magnétisée.
Figure 2. Magnetic field around a load generated by a stirrer.

Corrective actions – As the magnetic force decreases with distance, the product to weigh can be placed further from the balance with a non-magnetic (aluminium, wood). In all cases, avoid plastic because it can be charged with statics. Don't keep the magnetic stirrer (small as large) in the beaker which will be then weighed.

Advice – If you weigh objects made with iron, make

sure they are not magnetic.

- If you want to know if the object to weigh has a magnetic field able to disrupt the measuring cell, approach the object to the pan without touching it. If you notice indication changes, the field is sufficiently strong. You must place a non-magnetic stand between the two fields (object and cell).

3. ELECTROSTATICS

Effect – A weighing vessel shows different weights on each weighing. The weight display is unstable. The repeatability of the result is poor. The value of the standard deviation is quite greater than the one carried with a standard weight.

Reason – Your weighing vessel has become charged with statics. Materials with a high degree of electrical insulation such as the majority of weighing vessels (glass, plastic) can become charged with statics. This charging occurs primarily through friction during the handling or transport of materials (especially of powders and granules). If the air is dry (less than 40% relative humidity = relatively poor surface conductivity), these electrostatic charges can no longer be discharged or at least only very slowly over a period of hours.

The weighing errors arise through the electrostatic forces that act between the weighing sample and the surroundings. The following holds: if the weighing sample and the surroundings have the same electric charge (+, + or -, -) they repel each other, if the charges are different (+, - or -, +) they attract each other.

These electrostatic charges can be measured by micro, semi-micro and analytical balances and lead to the weighing errors described.

A plastic vessel that has been rubbed with a wool or silk cloth shows exactly this effect.

Corrective actions – The electrostatic charge of the weighing sample must be discharged or screening employed. The following possibilities exist:

- increase atmospheric moisture by means of a humidifier or by appropriate setting of the air con-

En tenir compte plus particulièrement en hiver lorsque les locaux sont chauffés (45 à 60% d'humidité relative serait l'idéal) ;

- stopper les forces électrostatiques par un blindage (poser le récipient de pesée dans un récipient en métal) ;
- utiliser d'autres récipients de pesée :
 - plastique : inadéquat,
 - verre (certains verres peuvent être chargés en électricité statique) : bon,
 - métal (métal amagnétique ou aluminium) : très bon ;
- utiliser l'un des « pistolets antistatiques » que l'on trouve dans le commerce. Ils ne sont cependant pas efficaces avec tous les matériaux ;
- utiliser un ionisateur ;
- mise à la terre de la balance (et donc du plateau).

Sur les balances, ceci est effectué automatiquement via la fiche secteur. Faites vérifier votre mise à la terre par un électricien qui à l'aide d'un ohmmètre contrôlera que la résistance entre terre et neutre est proche de zéro. Vérifiez que la résistance entre la borne de terre du cordon de la balance et le plateau de pesée est proche de zéro.

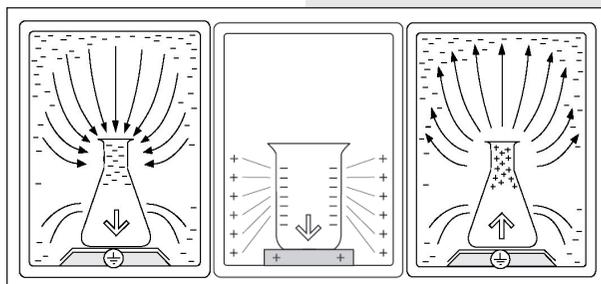


Figure 3. Champ magnétique autour d'une charge magnétisée.
Figure 3. Statics around a load.

3.1. Solution avec ionisateurs

Un ionisateur génère, au moyen d'une haute tension, des ions chargés positivement et négativement. Ces ions sont attirés par un objet chargé et neutralisent les charges électrostatiques gênantes à la surface de l'objet. Les forces faussant le pesage sont éliminées par la même occasion.

Le système ionisateur est utilisable avec pratiquement chaque balance et quel que soit le récipient à peser. Il se compose d'un ionisateur en forme de U et d'une unité d'alimentation haute tension.

- Le produit à peser et le récipient de pesage sont déchargés par passage à travers l'ionisateur en forme de U au moment de les placer sur la balance.
- Le produit à peser est désélectrisé. L'opération est terminée en l'espace de quelques secondes.
- Dans le cas de produits pulvérulents, l'ionisation empêche le soulèvement de poussière (dangereux si les particules sont toxiques).
- Le libre accès au plateau de la balance n'est pas entravé.
- Pas de manipulations supplémentaires requises.
- Pas de courant d'air dans l'enceinte de pesage ; la durée de stabilisation du résultat n'est pas affectée.
- L'ionisateur ne présente aucun risque au toucher malgré la haute tension, car le courant maximal est limité par l'unité d'alimentation et l'ionisateur en forme de U.
- Les pointes de l'ionisateur en forme de U doivent être nettoyées périodiquement ; ceci mis à part, l'ionisateur ne nécessite aucun entretien.

ditioning. Particular attention should be paid to this in winter in heated rooms (ideally 45-60% rel. atmospheric humidity);

- screen electrostatic forces (place weighing vessels in a metal container);
- use different weighing vessels:
 - plastic: poor,
 - glass (glasses may be charged with statics): good,
 - metal (non-magnetic metal or aluminium): very good;
- use commercially available antistatic guns. However, they are not effective with every type of material;
- use an ionizer;
- ground the balance (and hence the weighing pan). This is achieved automatically with balances via the three-pin power plug. Ask your local electrician to

check the plug ground plug with an ohmmeter that the resistance between earth and neutral is close to zero. Verify also that the resistance between the ground cord of the balance and the weighing pan is close to zero.

3.1. Solution with anti-static devices

An ionizer uses a high voltage to generate positively or negatively charged ions. These are attracted by object charged by electrostatic and neutralize the disruptive electrostatic charge on the surface of the weighing sample. As a result, the forces which distort the weighing result also disappear.

This ionization system can be used with practically all balances and weighing substances. It consists of a U-shaped ionizer and a high-voltage pack.

- The weighing sample or weighing container is discharged by being passed through the U ionizer when the balance is loaded.
- The weighing sample is neutralized. The operation is completed in seconds.
- The ionizer prevents powdery substances from blowing (problematical with toxic particles).
- The weighing pan remains freely accessible
- No additional operating steps are necessary.
- There are no drafts in the weighing chamber; the stabilization time of the weighing is not affected.
- Despite the high voltage, the ionizer is absolutely safe for the touch. The maximum current can flow is limited by the power pack and the U ionizer.
- From time to time the tips of the U ionizer should be cleaned of dirt. No other maintenance is required.

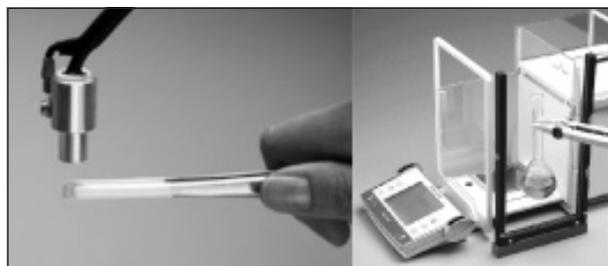


Figure 4. Exemples d'ionisateurs externes.
Figure 4. Examples of external anti-static devices.

3.2. Solution avec ionisateur interne

Certains sont intégrés totalement à l'intérieur de la balance et fonctionnent sans contact avec le produit. D'autres fonctionnent à l'aide d'un système de ventilation, mais comme son accès ne permet pas de le nettoyer, un risque élevé de contamination demeure.

4. L'ACCÉLÉRATION DE LA PESANTEUR

Que se passe-t-il lorsqu'on déplace une balance d'un point du globe à un autre et qu'on la remet en service ? L'exactitude de la mesure est-elle la même ? Peut-être ces questions vous étonnent-elles un peu, mais elles ne sont pas dénuées de sens. En effet, toutes les balances électroniques mesurent le poids ($F_g = m \cdot g$) ou la force gravitationnelle générée par le produit à peser, et non sa masse m . Or, cette valeur est fonction de l'accélération de la pesanteur de l'endroit où est effectuée la mesure. Sur terre, l'accélération de la pesanteur ($9,8 \text{ m/s}^2$ environ) n'est pas une grandeur constante. Elle dépend beaucoup du lieu, en particulier de la latitude, mais aussi de l'altitude.

Supposons que vous déménagiez avec votre balance. À la nouvelle adresse, vous choisissez un laboratoire situé un étage plus haut. En fait, vous augmentez de trois mètres environ la distance séparant la balance

Tableau 1. Accélération de la pesanteur dans quelques villes situées à différentes latitudes. (L'unité de mesure pour l'accélération (m/s^2) utilisée est identique à l'unité N/kg mais cette dernière convient mieux à nos besoins. N (Newton) est l'unité de mesure pour la force, kg celle pour la masse. La valeur de l'accélération de la pesanteur d'environ $9,81 \text{ N/kg}$ nous indique donc que sur la terre une masse de 1 kg a un poids de $9,81 \text{ N}$.)

Table 1. Gravitation for different cities located on different latitudes. (The unit measure for acceleration (m/s^2) used is identical as the unit N/kg but this one better suit to the needs. N (Newton) is the measure unit for the force, kg for the mass. The value of the acceleration of the gravity about $9,81 \text{ N/kg}$ gives ten that on earth a mass of 1 kg has a weight of $9,81 \text{ N}$.)

Villes/Cities	g (accélération/acceleration)	Latitude
Reykjavik	$9,82274 \text{ m/s}^2$	$64^\circ 8'$
Helsinki	$9,81902 \text{ m/s}^2$	$60^\circ 10'$
Londres/London	$9,81200 \text{ m/s}^2$	$51^\circ 30'$
Paris	$9,80932 \text{ m/s}^2$	$48^\circ 50'$
Zurich	$9,80665 \text{ m/s}^{2*}$	$47^\circ 23'$
New York	$9,80259 \text{ m/s}^2$	$40^\circ 43'$
Tokyo	$9,79787 \text{ m/s}^2$	$35^\circ 40'$
Le Caire/Cairo	$9,79322 \text{ m/s}^2$	$30^\circ 3'$
Hong Kong	$9,78741 \text{ m/s}^2$	$22^\circ 15'$
Caracas	$9,778095 \text{ m/s}^2$	$10^\circ 30'$
Quito	$9,77282 \text{ m/s}^2$	$0^\circ 12'$

*La valeur pour Zurich est (par hasard) identique à la valeur définie pour l'accélération de la pesanteur par les normes.

*The value for Zurich is (by chance) the same as the value defined for the acceleration of the gravity by the standards.

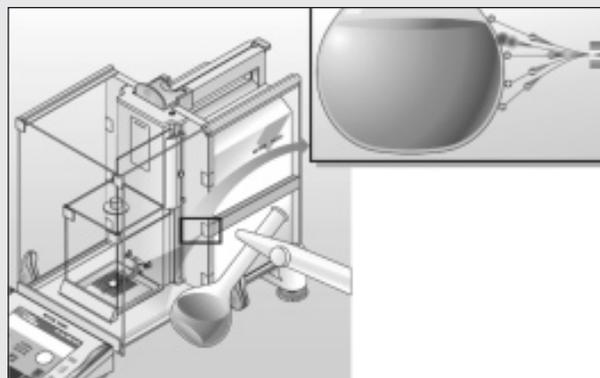


Figure 5. Exemple d'ionisateur interne.
Figure 5. Example of internal anti-static device.

3.2. Solution with internal anti-static device

Such devices may be totally integrated within the balance and they operate without contact with the product. Other operates with a ventilation system, but the lake of access does not allow cleaning it; a high contamination risk remains.

4. ACCELERATION DUE TO GRAVITY

What does happen when moving a balance from a point on the globe to another and it is commissioned again? Is the accuracy of measurement still the same? Perhaps these questions amaze you a little, but they are not meaningless. Indeed, all electronic balances measure the weight ($F_g = m \cdot g$) or the gravitational force due to the product to weigh, and its mass m . However, this value depends on the acceleration of gravity where the measurement is carried out. On earth, the acceleration of gravity (approximately 9.8 m/s^2) is not a constant quantity. It depends very much of the location, especially the latitude, but also the altitude.

Suppose you move with your balance. At the new address, you choose a laboratory one floor above. In fact, you increase the distance by three meters from the balance to the centre of the earth, which is more

du centre de la terre, ce qui représente à peu de choses près un demi-millionième de la première distance. À ce nouveau point d'utilisation, l'accélération de la pesanteur aura donc diminué d'un millionième environ de la valeur qu'elle avait à l'étage inférieur, car la force de gravitation diminue avec le carré de la distance ($\Delta g/g \approx 2 \cdot (3 \text{ m}/6\,370 \text{ km}) \approx 1 \cdot 10^{-6}$, rayon de la terre $\approx 6\,370 \text{ km}$). Ainsi, un poids de 200 g, par exemple, serait affiché avec un millionième de moins, soit un écart négatif de 0,2 mg environ.

L'accélération de la pesanteur sur terre dépend non seulement de l'altitude mais aussi, et encore davantage, de la latitude du point d'utilisation. Plus on se rapproche de l'équateur, plus la force centrifuge due à la rotation de la terre et s'opposant à la gravitation est grande. C'est pour cette raison que l'accélération de la pesanteur agissant sur une masse est la plus forte aux pôles, et la plus faible à l'équateur (voir *tableau 1*) (tout comme la latitude et l'altitude, le défaut d'homogénéité de la couche supérieure de la terre influence l'accélération de la pesanteur).

Supposons qu'une balance installée à Zurich affiche exactement 100 g pour une masse de 100 g, ce que nous attendons évidemment d'elle. Comme l'accélération de la pesanteur diffère d'un endroit à l'autre, la même balance afficherait, par exemple, 100,0546 g à Londres ou 100,0272 g à Paris, ou encore 99,9586 g à New York et seulement 99,9105 g à Tokyo. Bien que les mêmes 100 g soient toujours placés sur le plateau, cette masse n'a pas partout le même poids.

Les différentes valeurs de l'accélération de la pesanteur à tous les points du globe, et donc les valeurs de masse affichées, se situent dans une bande d'environ $\pm 0,3\%$ de part et d'autre de la valeur normale. Or, si la balance affiche déjà un résultat à environ 0,0001% près, ou avec une précision encore plus élevée suivant le modèle, rien que pour cela, il faut que cette influence puisse être corrigée.

D'autre part, il est clair qu'il est impossible d'effectuer cette correction avant l'expédition de la balance, la valeur exacte de l'accélération de la pesanteur au lieu d'utilisation étant inconnue. Mais même si cette valeur était connue, la balance ne pourrait jamais être utilisée à un autre endroit. En effet, sur une balance d'analyse, tout changement de lieu d'utilisation se fait sentir, ne serait-ce qu'au sein d'un même bâtiment, comme nous le montrons dans l'exemple suivant (le site Internet Google Earth permet de connaître la latitude du local où se trouve la balance).

L'accélération de la pesanteur g dépend de l'altitude et de la latitude (voir la formule du guide Welmec 2, chapitre 3.3.2) ; g varie de 0,001 m/s^2 par tranche de 300 m.

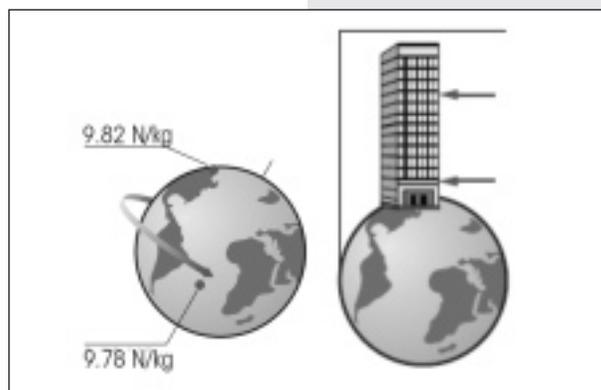


Figure 6. L'accélération de la pesanteur.
Figure 6. Acceleration of gravity.

or less half a millionth from the first distance. At this new location of use, the acceleration of gravity will be reduced by about a millionth of its value in the lower level, because the force of gravity decreases with the square of the distance ($\Delta g/g \approx 2 \cdot (3 \text{ m}/6\,370 \text{ km}) \approx 1 \cdot 10^{-6}$, earth radius $\approx 6\,370 \text{ km}$). Thus, a weight of 200 g, for example, would be displayed with one millionth of less with a negative difference of about 0.2 mg.

The acceleration of gravity on earth depends not only with the altitude but also, and more, with the latitude from the place of use. Closer to the equator, the greater the centrifugal force caused by rotation of the earth and opposing the gravitation is great. For this reason, the acceleration of gravity acting on a mass is greater at the poles and lower at the equator (see *Table 1*) (as the latitude and altitude, the homogenous defect of the external layer of the earth influences the acceleration of the gravity).

Suppose that a balance located at Zurich displays exactly 100 g for a mass of 100 g. As the acceleration of gravity depends from place to place, the same balance will display, for example, 100.0546 g in London or 100.0272 g in Paris, or 99.9586 g in New York and only 99.9105 g in Tokyo. Although this is still the same 100 g that are placed on the pan, this mass has not everywhere the same weight.

The different values of the acceleration due to gravity at all locations on the globe, and thus the mass values displayed are in a band of approximately $\pm 0.3\%$ on both sides of the normal value. However, if the balance displays already a result within 0.0001%, or with a precision even higher depending on the model, for this reason this influence has to be corrected.

On the other hand, it is clearly impossible to carry out this correction before the shipment of the balance, the exact value of the acceleration due to gravity at the place of use is unknown. But even if this value was known, the balance could never be used at other place, in fact, for an analytical balance, any change of place of use arises, even inside the same building, as we have shown in the following example (Google Earth website provides the latitude of the location where the balance is used).

The acceleration of gravity g depends of the altitude and latitude (see formula in the Welmec 2 guide, chapter 3.3.2) ; g varies from 0.001 m/s^2 per group of 300 m.

5. LA POUSSEE AEROSTATIQUE

Effet – Un produit pesé dans l'air ambiant et dans le vide n'est pas le même.

Cause – Un corps plongé dans un fluide est soumis à une force (principe d'Archimède) de sens opposé à la force gravitationnelle. Cette force aérostatique se calcule avec cette formule :

$$F_a = a \cdot V \cdot g$$

avec F_a la force aérostatique du corps pesé, a la masse volumique de l'air, g l'accélération de la pesanteur, et V le volume du corps pesé.

La balance mesure donc la force résultante : $m \cdot g - a \cdot V \cdot g$. Donc, plus l'objet a une faible masse volumique, plus son volume est grand et plus sa poussée aérostatique est grande. Grâce à cette loi, on explique pourquoi un bateau flotte, un ballon vole ou un produit à peser présente une masse différente selon la pression atmosphérique.

Le fluide qui entoure tous les produits à peser est l'air. La masse volumique de l'air a est d'environ $1,2 \text{ kg/m}^3$ (elle dépend de la température, de la pression atmosphérique et de l'humidité relative). La poussée aérostatique du produit à peser (corps) est alors de $1,2 \text{ kg/m}^3$.

Dans la *figure 7*, à gauche, on a déposé un poids étalon de 100 g dans un bécher en verre sur une balance à fléau, puis sur l'autre plateau un bécher identique rempli avec une quantité d'eau telle que la balance soit en équilibre. Ainsi, les deux masses pesées dans l'air font 100 g.

Plaçons ensuite la balance sous une cloche en verre et créons le vide ; la balance penchera du côté du bécher contenant l'eau. Étant donné que l'eau prend plus de volume, elle déplace plus d'air ; elle subissait donc une poussée aérostatique plus forte. Dans le vide, la poussée disparaît (*figure 7*, à droite) (*tableau 2*).

Remède – Étant donné que la balance est ajustée avec des poids d'une masse volumique de $8\,000 \text{ kg/m}^3$, il en résulte des erreurs dues à la poussée aérostatique dans l'air lorsque l'on pèse

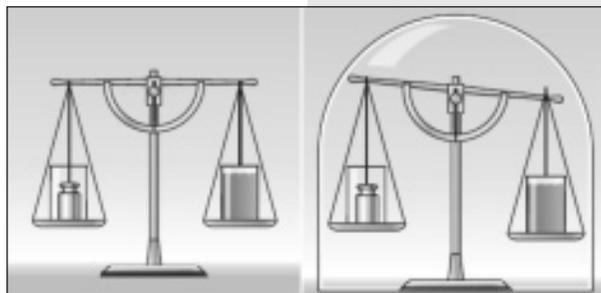


Figure 7. La poussée aérostatique.
Figure 7. Buoyancy effect.

5. BUOYANCY

Effect – A weighing sample weighed in air and in a vacuum does not have the same weight.

Reason – “A body experiences a loss in weight equal to the weight of the medium it displaces” (Archimedes' principle). This buoyancy is calculated with this formula:

$$F_a = a \cdot V \cdot g$$

where F_a is the buoyancy of the weighing sample, a the air density, g the gravitation, and V the volume of the weighing sample.

The balance measures the resulting force: $m \cdot g - a \cdot V \cdot g$. The more the object has a low density, the more its volume is high and its buoyancy is large. This principle provides an explanation of why ships float, a balloon rises or why the weight of a sample is affected by the atmospheric pressure.

The medium that surrounds all weighing sample is air. The density of air a is approximately 1.2 kg/m^3 (depending on the temperature, atmospheric pressure and relative humidity). The buoyancy of the weighing sample (body) is thus 1.2 kg/m^3 .

In *Figure 7*, left, we place a 100-g standard weight in a beaker on a beam balance and then add water to an identical beaker on the other weighing pan until the weighing beam is in equilibrium, the two masses, weighed in air, weigh 100 g.

If we then enclose the beam balance with a bell jar and generate a vacuum in it, the weighing beam will tilt to the side with water since the water displaces more air owing to the larger volume and has hence experienced greater buoyancy. In vacuum there is no buoyancy (*Figure 7*, right) (*Table 2*).

Corrective action – Since the balance is adjusted with weights of density $8,000 \text{ kg/m}^3$ in the weighing of samples of different density an air buoyancy error arises when one weighs products

Tableau 2./Table 2.

	Poids étalon/Standard weight	Eau/Water
Masse dans l'air Mass in air	100,000 g	100,000 g
Masse volumique Density	8 000 kg/m ³	1 000 kg/m ³
Masse volumique de l'air Air density	1,2 mg/cm ³	1,2 mg/cm ³
Volume (masse/masse volumique) Volume (mass/density)	12,5 cm ³	100 cm ³
Poussée aérostatique (masse x masse volumique de l'air) Buoyancy (mass x air density)	12,5 cm ³ x 1,2 mg/cm ³ = 15 mg	100 cm ³ x 1,2 mg/cm ³ = 120 mg
Masse dans le vide (masse + poussée aérostatique) Mass in vacuum (mass + buoyancy)	100,015 g	100,120 g

des produits de masse volumique plus faible (donc de volume plus élevé). Lors du pesage de grande précision (avant tout sur les balances d'analyse), le poids affiché doit être corrigé en conséquence.

Dans le cas de pesées effectuées à des jours différents (pesées différentielles, pesées comparatives), noter la pression atmosphérique, le taux d'humidité de l'air et la température, pour en déduire la masse volumique exacte de l'air.

Conseils – Évaluez l'importance de cette erreur systématique selon la masse volumique du produit que vous avez à peser (voir exemple dans annexe 1). Après cette évaluation, appliquez ou non l'erreur systématique liée à cette pesée. En laboratoire, on travaille normalement sans correction (erreur systématique). Pour de faibles quantités du produit à peser, l'erreur est négligeable.

6. LA GRAVITATION

Effet – L'affichage du poids varie lorsque la pesée est effectuée 10 m plus haut (par exemple du premier au quatrième étage d'un immeuble).

Cause – Pour déterminer le poids d'un corps, la balance mesure la force de gravitation, autrement dit la force d'attraction entre la terre et le produit à peser. Cette force dépend essentiellement de la latitude terrestre du lieu d'emplacement et de l'altitude (distance jusqu'au centre de la terre). Ainsi :

- 1) la force de gravitation sur le produit à peser est d'autant plus faible que celui-ci se trouve éloigné du centre de la terre. Elle diminue avec le carré de la distance ;
- 2) l'accélération centrifuge créée par la rotation de la terre qui s'oppose à la force d'attraction (force de gravitation) est d'autant plus importante que l'on se trouve près de l'équateur. C'est pour cette raison que la force de gravitation qui agit sur une masse est maximale aux pôles et minimale à l'équateur.

La variation de poids repose donc sur une réduction de la force de gravitation. Étant donné qu'elle diminue avec le carré de la distance, le facteur de variation peut être calculé comme suit : pour un produit à peser de 200 g, dont le poids, affiché au premier étage, vaut 200,00000 g, on obtient la valeur suivante au quatrième étage :

$$200,00000g \frac{(r_{terre})^2}{(r_{terre} + 10m)^2} \approx 200,00000g \frac{(6370000m)^2}{(6370010m)^2} \approx 199,99937g$$

Remède – Ajuster la balance après chaque changement d'emplacement. Utiliser des balances avec un système d'ajustage à masse incorporée.

of low density (and therefore higher volume). In weighings with high measurement accuracy (above all analytical balances), the displayed weight should be corrected accordingly.

In weighings on different days (differential weighings, comparative weighings), check atmospheric pressure, atmospheric humidity and temperature and calculate the air buoyancy correction.

Advices – Evaluate the importance of this systematic error according to the density of the product you have to weigh (see example in appendix 1). After this assessment, apply or not the associated systematic error related to this weighing. In the laboratory, work normally without correction (bias). For small quantities of the product to weigh, the error is negligible.

6. GRAVITATION

Effect – The weight display changes when the weighing is performed 10 m higher (e.g. from the first floor to the fourth floor of a building).

Reason – To determine the weight of a body, the balance measures the gravitational force, i.e. the force of attraction between the earth and the weighing sample. This force depends essentially on the latitude of the location and its height above sea level (distance from the centre of the earth). The following holds:

- 1) the further a weight is from the centre of the earth, the smaller the gravitational force acting on it. It decreases with the square of the distance;
- 2) the nearer a location to the equator, the greater the centrifugal acceleration due to the rotation of the earth which counteracts the force of attraction (gravitational force). The force acting on a mass is therefore greatest at the poles and smallest at the equator.

The weight change is thus based on a reduction in the gravitational force. As it decreases with the square of the distance, the variation factor can be calculated as follows: in the case of a 200-g weight that shows exactly 200.00000 g on the first floor, the following weight results on the fourth floor (10 m higher):

$$200,00000g \frac{(r_{earth})^2}{(r_{earth} + 10m)^2} \approx 200,00000g \frac{(6370000m)^2}{(6370010m)^2} \approx 199,99937g$$

Corrective action – Adjust the balance whenever it is moved. Use balances with adjustment device with internal mass.

III PRÉCAUTIONS D'EMPLOI LIÉES AUX PHÉNOMÈNES PHYSIQUES

1. L'EMPLACEMENT DE LA BALANCE

La précision et la fiabilité des résultats de pesage sont étroitement liées à l'emplacement de la balance. Les points énoncés ci-après devraient être respectés.

1.1. La table de pesée

Elle doit, si possible :

- transmettre le minimum de vibrations,
- ne pas fléchir lors de son utilisation (par exemple, une table ou un plan de travail de laboratoire ou une table en pierre de grande stabilité),
- être amagnétique (pas de plan en acier),
- être protégée contre l'électricité statique (pas en matière plastique ou en verre),
- reposer uniquement sur le sol ou être fixée au mur, mais pas les deux en même temps (éviter la transmission simultanée des vibrations du mur et du sol),
- n'être réservée qu'au seul pesage.

Une table antivibratoire est indispensable pour les microbalances et les semi-microbalances.

Il faut installer toutes les balances d'analyse sur une table antivibratoire indépendante car les nouvelles générations de paillasse en laminé ou en époxy transmettent les vibrations.

Il faut veiller à ce que le plateau de la table soit isolé de ses pieds placés sur le sol à l'aide de petits blocs de caoutchouc aussi appelé « *silent blocks* ». Les objets à proximité produisent des vibrations (exemples : extracteur d'air, réfrigérateur, etc.).

Solution simple : si vous avez identifié que la source de la vibration provient d'un extracteur d'air ou d'un réfrigérateur, placez sous ces appareils des amortisseurs en caoutchouc.

1.2. Le local de travail

Il doit si possible :

- ne pas être soumis aux vibrations ou secousses,
- avoir un seul accès (courants d'air),

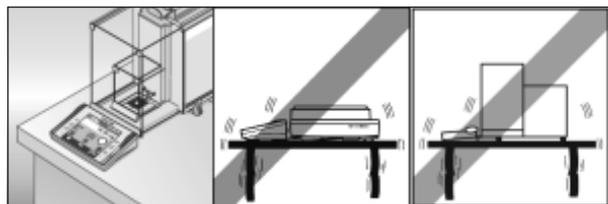


Figure 8. La table de pesée.
Figure 8. Weighing bench.

III CAUTIONS OF USE DUE TO PHYSICAL QUANTITIES

1. THE LOCATION OF THE BALANCE

The accuracy or reliability of weighing results is closely associated with the location of the balance. The following points should be considered in determining the location of balance.

1.1. Weighing bench

It should, as possible:

- transmit as few vibrations as possible;
- not sag when work is carried on it (e.g. stable working bench, stone bench);
- be antimagnetic (no steel plate);
- be protected against electrostatic charges (no plastic or glass);
- stand on the floor or be fixed to the wall, but not both at the same time (avoidance of simultaneous transmission of vibrations from wall and floor);
- remain reserved as workstation for the balance.

A stone table is mandatory for microbalances and semi-microbalances.

All analytical balances must be placed on independent stone table because the new generation of lab benches made with laminated material or epoxy transmits vibrations.

Ensure that the table plate is isolated from his feet placed on the ground with small blocks of rubber also known as "silent blocks". The objects nearby produce vibrations (e.g. air extractor, fridge, etc.).

Simple solution: if you've identified that the vibrations origin comes from an air extractor, or a refrigerator. Put in these devices rubber shock absorbers.

1.2. Work room

It should, as possible:

- be unsusceptible to shock and vibrations as possible,
- have only one entrance (to avoid drafts),

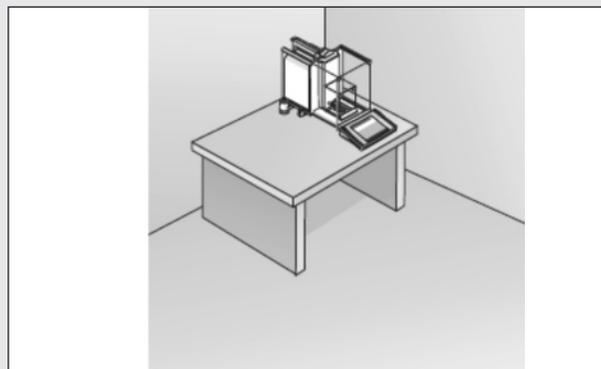


Figure 9. L'emplacement de la balance dans un local.
Figure 9. Place of the balance in the room.

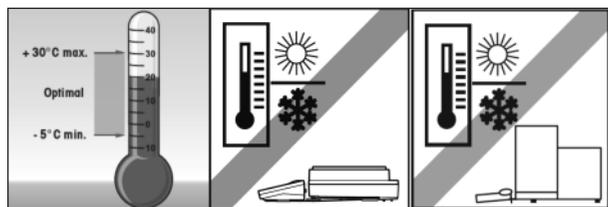


Figure 10. La température du local.
Figure 10. The temperature in the working room.

- avoir le moins de fenêtres possible (exposition directe aux rayons du soleil),
- être exposé au nord.

Les coins du local doivent être réservés à la table de pesée ; c'est à cet endroit qu'un bâtiment présente le moins de vibrations.

1.3. La température du local

La température ambiante doit si possible être maintenue constante afin d'éviter toute dérive (1-2 ppm/°C typique).

Ne pesez pas à proximité de radiateurs, d'ordinateurs, de systèmes à infrarouge.

Les balances dotées d'un ajustage motorisé et entièrement automatique compensent la dérive de température. Pour cela, il suffit d'activer cette fonction.

2. L'HUMIDITÉ DE L'AIR

L'humidité relative doit être comprise entre 50 et 60%. Pour les microbalances, il est recommandé de la surveiller en permanence (corriger éventuellement les variations).

3. L'ABSORPTION D'HUMIDITÉ OU L'ÉVAPORATION

Effet – Le poids d'un produit à peser augmente ou diminue sans cesse.

Cause – Vous mesurez la perte de poids de produits volatiles comme un solvant ou l'évaporation d'eau. Une augmentation de poids indique un produit à peser hygroscopique (absorption de l'humidité de l'air). Vous pouvez mettre en évidence ce phénomène avec de l'alcool ou du gel de silice.

Remède – Utiliser des récipients de pesée propres et secs et garder la plate-forme de pesage bien propre et bien sèche

- Utiliser des récipients à col serré (Erlenmeyer, fiole, butyromètre).
- Mettre un couvercle ou un bouchon sur l'extrémité du récipient (attention, la correction de poussée aérostatique n'est pas la même avec un récipient dont l'extrémité est ouverte ou scellée par un bouchon).

Conseil – Utiliser un support triangulaire métallique (en aluminium car cette matière est amagnétique) à la place des supports en liège ou carton (ces derniers peuvent absorber ou transmettre beaucoup d'humidité).

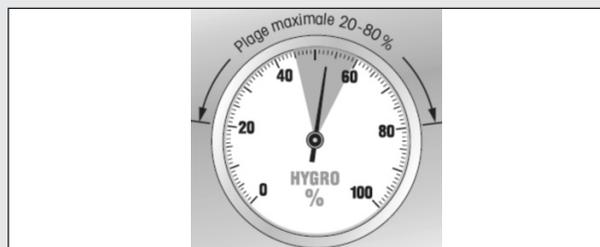


Figure 11. L'humidité de l'air.
Figure 11. The atmospheric humidity.

- have as few windows as possible (danger of direct sunlight),
- be north-oriented.

The corners of the room should be kept free for the weighing bench since these are the most rigid positions of a building with the smallest vibrations.

1.3. Room temperature

The room temperature should be kept as constant as possible to avoid temperature drift (typically 1-2 ppm/°C).

Weighing should never be performed near radiators, computers, and infrared systems.

Balances with automatic adjustment device can compensate all the remaining temperature drift. This device should thus always be switched on.

2. ATMOSPHERIC HUMIDITY

The relative humidity should be between 50 and 60%. Constant monitoring is advisable with microbalances (correct the changes when possible).

3. MOISTURE GAIN/EVAPORATION

Effect – The weight of a weighing sample slowly increases or decreases.

Reason – You are measuring the weight loss of volatile substances or the evaporation of water. The weight increase is due to a hygroscopic weighing sample (atmospheric moisture gain). You can reproduce this effect with alcohol and silica gel.

Corrective action – Use clean and dry weighing vessels and keep the weighing pan free from dirt, contaminants and water drops.

- Use vessels with a narrow neck (Erlenmeyer, flask, butyrometer).
- Mount cover or insert stopper (attention, the buoyancy correction is not the same with a container with an opened end or sealed with a cork).

Advice – Use triangular holder (made of aluminium because this material is antimagnetic) instead of cork or cardboard supports (both can gain or lose water to a considerable extent).

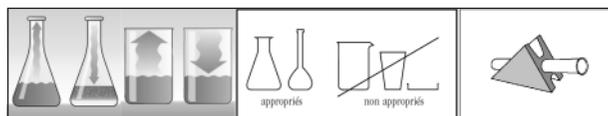


Figure 12. L'absorption d'humidité ou l'évaporation.
Figure 12. Moisture gain/evaporation.

4. LA LUMIÈRE

- Éviter l'exposition directe aux rayons du soleil (exemple : rechercher un mur sans fenêtre ou exposé au nord).
- Les sources de lumière doivent être suffisamment éloignées de la table de pesée afin d'éviter tout rayonnement thermique (notamment les lampes à incandescence, les tubes fluorescents ont moins d'influence).

5. L'AIR

L'espace attribué aux balances est de plus en plus restreint. Il est devenu courant de voir une balance à proximité d'appareils électroniques (exemple : ordinateur, spectromètre, etc.) ayant leur propre système de ventilation. L'utilisateur veillera à :

- ne pas peser à proximité d'une climatisation ou d'appareils dotés de ventilateurs (exemple : les ordinateurs ; la connexion Bluetooth proposée avec certaines balances prend là tout son intérêt),
- éviter la proximité de radiateurs, qui sont sources de chaleur et générateurs de circulation d'air,
- ne pas peser près d'une porte,
- ajouter un pare-brise externe autour de la balance, en particulier dans les hottes aspirantes (figure 14).

Le pare-brise

La chambre de pesée est conçue pour limiter, voire annuler l'influence du courant d'air sur la mesure ; il est donc indispensable de peser avec ses portes fermées.

Sur les balances d'analyse dotées d'un pare-brise motorisé, configurez-le de façon à ouvrir le moins de surface possible.

Sur les balances d'analyse dotées d'un pare-brise traditionnel, limitez l'ouverture au minimum nécessaire pour poser confortablement le produit à peser (pour éviter les courants d'air et les variations de température).

6. LE RÉCIPIENT DE PESÉE

6.1. Manipulation

- Utilisez le plus petit récipient possible (ne pas

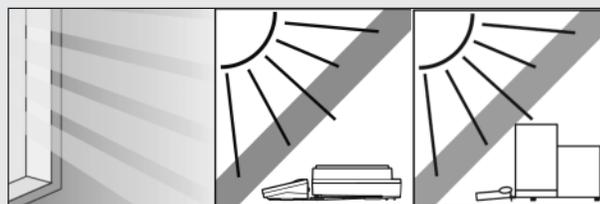


Figure 13. Le rayonnement du soleil.
Figure 13. Direct sunlight.

4. LIGHT

- Avoid direct sunlight (e.g. wall with no window or north-oriented wall).
- Lighting fixtures should be installed at a sufficient distance from the weighing bench to avoid disturbing thermal radiation especially when light bulbs are used. Fluorescent lamps are less critical.

5. AIR

The surrounding allocated to the balance becomes increasingly restricted. It has become common to see a balance in the vicinity of electronic devices (e.g. computer, spectrometer, etc.) having their own ventilation system. The user will ensure to :

- never weigh in the vicinity of air conditioners or units with fans (e.g. computers; Bluetooth connection offered with balances is very useful in this situation),
- avoid weighing close to radiators as in addition to heat (temperature drift) powerful air currents are often produced in the vicinity of such apparatus,
- never weigh next to a door.
- add an external draft shield around the balance especially for hoods (Figure 14).

Draft shield

The weighing chamber is designed to reduce or even cancel the influence of air flow on the measure, so it is essential to weigh with its doors closed.

With balances with a configurable draft shield, adjust this so that the opening of the draft shield is minimal.

With balances with a conventional draft shield, open only wide enough to allow convenient loading of the weighing sample (avoidance of air turbulence and temperature changes).

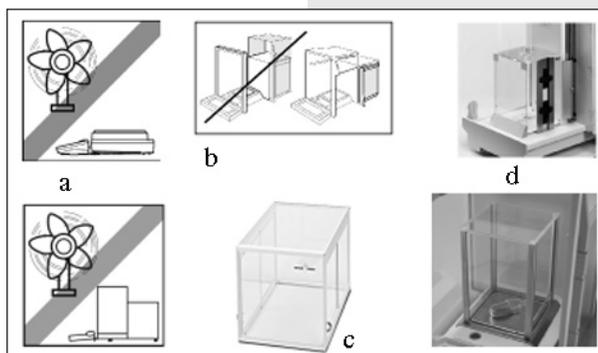


Figure 14. a. Ventilation. b. Portes coulissantes. c. Pare-brise externe à placer autour de la balance. d. Pare-brises internes placés à l'intérieur de la chambre de pesée.

Figure 14. a. Ventilation. b. Sliding doors. c. External draft shield to install around the balance. d. Internal draft shield placed inside the weighing chamber.

6. WEIGHING VESSEL

6.1. Handling

- Use the smallest possible weighing vessel (do not use

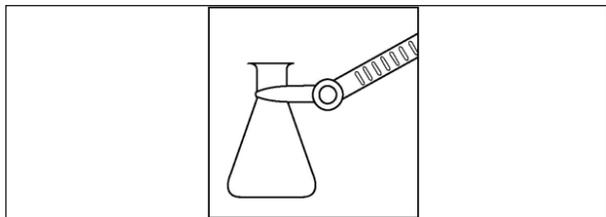


Figure 15. Manipulation d'un récipient à peser à l'aide d'une pince (certaines pinces en plastique peuvent aussi être chargées en électricité statique) ou d'un gant athermique (ne conduit pas la chaleur).

Figure 15. Handling the container to weigh with tweezers (some tweezers made of plastic may also be charged with statics) or non-thermal glove (does not conduct the heat).

utiliser un récipient de taille supérieure à celle du plateau).

- Évitez les récipients en matière plastique et, si l'humidité de l'air est inférieure à 30-40%, aussi ceux en verre, car ils peuvent se charger en électricité statique (voir chapitre « Électricité statique »).
- Le récipient de pesée et son contenu doivent si possible avoir la même température que l'environnement. Toute différence de température conduit à une circulation d'air et à une modification de la pellicule d'eau sur le récipient et le produit à peser (voir chapitre « La température »).
- Ne prenez pas le récipient dans les mains pour le poser dans la chambre de pesée. Elles risqueraient de modifier la température et l'humidité de l'air à l'intérieur de la chambre de pesée, ce qui a une influence défavorable sur l'opération de mesure.

6.2. Produits toxiques

La touche la plus utilisée sur une balance est celle de mise à zéro. Elle sera la plus polluée car chaque opérateur appuiera dessus. Certaines balances disposent maintenant de cellules photoélectriques (aucun contact) programmables (exemple : impression, mise à zéro, ouverture de porte, tarage). De cette façon, le risque de contamination directe ou croisée est supprimé.

7. STABILITÉ DE LA LECTURE

Au début de chaque pesée, veillez à ce que l'affichage indique exactement zéro, sinon appuyez sur la touche de mise à zéro pour éviter les erreurs dues au zéro.

Attendez la disparition de l'indicateur de stabilité (exemple : petit cercle, apparition de l'unité de pesage) avant de noter la valeur du poids indiquée sur l'afficheur.

Certains modèles de balance affichent les valeurs de mesure instables en bleu. Lorsque l'indicateur de stabilité est éteint, l'affichage passe immédiatement au noir.

8. LA MISE DE NIVEAU

La balance doit toujours être de niveau. Il faut vérifier que la bulle d'air du niveau est bien centrée



Figure 16. Cellules de détection.

Figure 16. Detector sensors.

vessel larger than the pan size).

- Avoid weighing vessels made of plastic, and in the case of atmospheric humidity below 30-40% those made of glass since these can become charged with statics (see chapter "Electrostatics").
- The weighing vessel and the sample it contains should have the same temperature as the surroundings. Temperature differences lead to air currents and to a change in the moisture film on the weighing vessel and sample (see chapter "Temperature").
- Never use your hands to place the weighing vessel in the weighing chamber. You could alter the temperature and atmospheric humidity of the weighing chamber and the weighing vessel, and this would have an opposite effect on the measurement process.

6.2. HAZARDOUS PRODUCTS

The key the most used on a balance is the zero setting key. It will be the most polluted because each operator will press it. Some balances have now programmable photoelectric cells (no contact) (e.g. for printing, zero setting, door opening, tare). With this device, the risk of direct or cross-contamination is cancelled.

7. STABILITY OF THE READING

Before each weighing, ensure that the terminal displays exactly zero, if not press the zero key to avoid errors due to zero.

Wait for the stability indicator switches off (e.g. small circle, appearance of the weighing unit) before recording the weight value displayed on the terminal.

Some balances models display measuring values unstable in blue. When the stability indicator is off, the display becomes immediately black.

8. LEVELLING

The balance must always be levelled. You need to check that the air bubble of the level is well centred

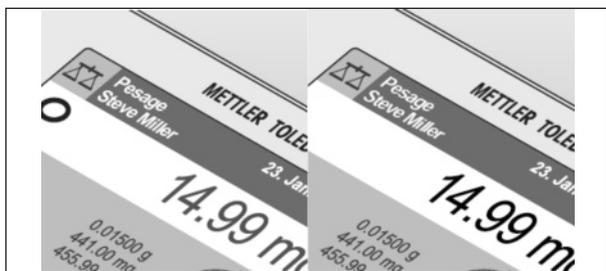


Figure 17. À gauche, indication instable. À droite, indication stable.

Figure 17. Left, unstable indication. Right: stable indication.

par rapport au repère (cercle du centre). Au besoin, corriger le niveau en ajustant la hauteur des pieds

Détecteur de niveau

Les dernières générations de balances disposent maintenant d'un capteur d'inclinaison intégré contrôlant en permanence le correct alignement horizontal, en vous demandant le cas échéant d'effectuer une mise de niveau.

Lorsque le capteur d'inclinaison constate une mise de niveau incorrecte, un texte d'avertissement apparaît et un signal acoustique retentit. L'assistant de mise de niveau guide l'opérateur étape par étape tout au long de la mise de niveau en lui montrant à l'aide de flèches rouges dans quel sens il doit tourner les deux pieds ajustables à l'arrière de la balance. Ainsi, la sécurité de la pesée est encore accrue.

9. MISE SOUS TENSION

9.1. Préchauffage

À la mise sous tension, toute balance a besoin de temps pour que les gradients de température à l'intérieur de la cellule de mesure atteignent leur équilibre. Cette durée dépend de la résolution de la balance :

- un délai de « préchauffage » de 30 min (24 h pour

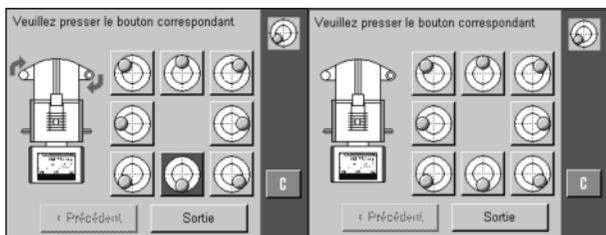


Figure 19. Messages d'aide pour la mise à niveau.

Figure 19. Help prompts for the levelling.

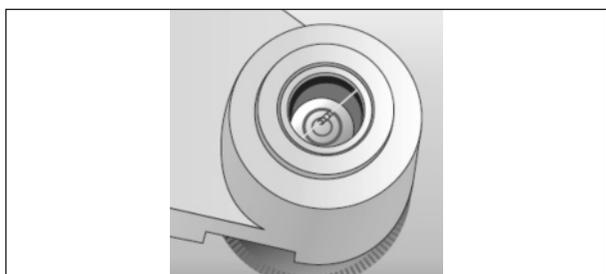


Figure 20. Détecteur de position au dessus de la bulle du niveau.

Figure 20. Level sensor above the air bubble.

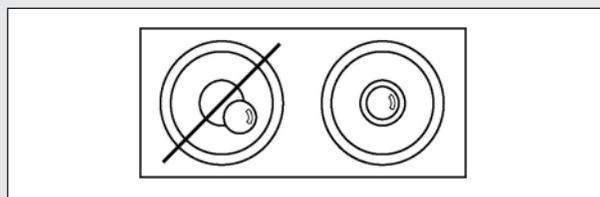


Figure 18. À gauche, niveau incorrect. À droite, niveau correct.

Figure 18. Left, wrong level. Right, correct level.

in the marks (the centre circle). If necessary, adjust the level by adjusting the height of the feet.

Level sensor

The latest generations of balances now have a built-in level sensor that constantly check the correct horizontal alignment and prompts you to make an adjustment if necessary.

When the level sensor detects an incorrect level, a warning text and a warning beep sounds. A level assistant guides the operator step by step through the levelling process by showing him with red arrows which direction the two adjustable feet at the rear of the balance should turn. Thus, security is still weighing increased.

9. POWER-UP

9.1. Warm-up

After switching on, all balances require time so temperature gradients inside the weighing cell reach the equilibrium. The duration depends on the balance readability:

- a warm-up delay of 30 min (24 h for a microba-

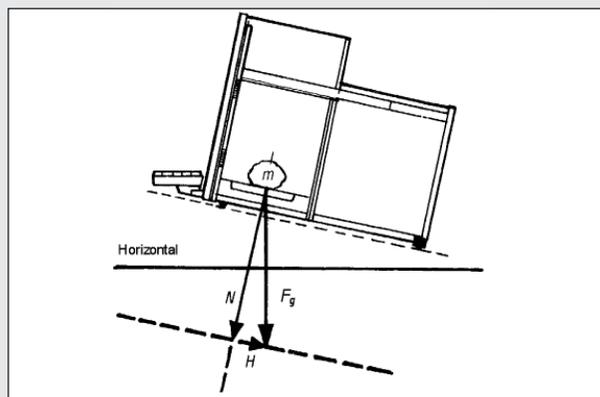


Figure 21. Répartition des forces sur une balance inclinée par rapport à l'horizontale. Comme la direction de la force F_g (verticale) ne concorde plus avec la direction de mesure de la balance, celle-ci ne mesurera que la composante normale N ; le dispositif de guidage du plateau compense la composante tangentielle H .

Figure 21. Forces distribution on a tilted balance from the horizontal. As the direction of the force F_g (vertical) does not match with the measure direction of the balance, it will measure only the normal component N ; the guidance device for the pan will compensate the tangential component H .

une microbalance) est nécessaire quand une balance a été débranchée,

- aucun délai de « préchauffage » n'est nécessaire quand une balance sort du mode « *stand by* » ou « économie d'énergie » pour passer en mode « normal » de fonctionnement (voir son mode d'emploi),
- il n'est pas nécessaire de mettre hors tension la balance à la fin de la journée (hormis pour des économies d'énergie).

9.2. Économie d'énergie

Les balances de nouvelle génération disposent d'une fonction économie d'énergie avec un délai sélectionnable d'une durée de 30, 60, 120 ou 240 min, après laquelle la balance passe en mode « veille ». Ce dernier correspond à l'état dans lequel se situe la balance après arrêt à l'aide de la touche « *on/off* ». Pour rallumer la balance, pressez la touche « *on/off* ».

Demandez au technicien du constructeur si votre balance dispose ou non d'un mode « *stand by* » ou « économie d'énergie ». Les balances anciennes n'ont pas de tels dispositifs.

10. L'AJUSTAGE MANUEL

10.1. Opération préliminaire

Avant la première pesée, déposer une ou plusieurs fois une charge sur le plateau de la balance. Cette action permettra à la balance de se mettre dans les meilleures dispositions pour un fonctionnement optimal.

10.2. Fonctionnement

Ajustez la balance régulièrement et en particulier lorsque vous la remettez pour la première fois en service après un changement d'emplacement, après une mise de niveau ou après d'importantes variations de température, de l'humidité de l'air ou de la pression atmosphérique. Sur certains modèles de balance, cette opération est superflue.

La concordance entre la charge déposée et l'affichage est obtenue par l'ajustage car naturellement, lorsque l'on dépose une masse étalon de 100 g sur le plateau, on s'attend à ce que la balance affiche exactement la valeur 100.

En déclenchant l'ajustage automatisé de la balance, un dispositif motorisé dépose une masse de référence intégrée sous le plateau (les poids de réglage des balances sont en acier inoxydable antimagnétique au nickel-chrome, d'une masse volumique de 8 g/cm³ (8 000 kg/m³) ; la masse des ces poids se rapporte au kilogramme étalon qui représente l'unité de masse, conservé au Pavillon de Breteuil à Sèvres). À partir du résultat de cette pesée qui varie d'un point d'utilisation à l'autre, le microprocesseur calcule le facteur d'ajustage et le mémorise de façon permanente jusqu'au prochain ajustage.

À l'aide de ce facteur, il est possible à présent d'ajuster correctement la sensibilité de la balance.

balance) is required when an analytical or precision balance has been disconnected,

- no warm-up delay is required when an analytical or precision balance comes out of the "stand by" or "energy saving" mode to "normal" operation (see its manual),
- there is no need to switch off the balances at the end of the day (except for energy savings reason).

9.2. Energy saving

New generations of balances have an energy saving function with a selectable delay of 30, 60, 120 or 240 min. After this delay, the balance will be inactive and automatically enters in "stand by" mode. To switch-on the balance display, press "on/off".

Ask to your local service technician what balance has or does not have a "stand by" or "energy saving" mode. Old balance models have no "stand by" mode.

10. MANUAL ADJUSTMENT

10.1. Preliminary action

Before the first weighing, place one or many times a load on the balance pan. This action will allow the balance to be in the best arrangements for optimal operation.

10.2. Operation

Adjust the balance regularly and especially when you use it for the first time, after service, after a change of location, after adjusting the level or after significant changes in temperature, humidity or pressure atmosphere. On some models balances, this action is not necessary.

The match between the load placed on the pan and the display is reached by adjusting because logically, when one places a 100 g standard weight on the pan, it is expected that the balance displays exactly the value 100.

In triggering the automatic adjustment, a motorized device places an integrated reference mass under the pan (adjustment weights of the balances are made of non magnetic stainless steel with nickel-chrome, with a density of 8 g/cm³ (8,000 kg/m³); the mass of these weights are linked to the standard kilogramme that represents the mass unit and stored in the Pavillon de Breteuil in Sèvres). From the result of this adjustment weighing that varies from one point of use to another, the microprocessor calculates the adjustment factor and stores it permanently until the next adjustment.

With this factor, it is possible now to properly adjust the balance sensitivity. All weighing after this

Toutes les pesées succédant à l'ajustage se rapportent alors à la pente correcte de la droite. Vous pouvez ajuster la balance à tout moment en appelant l'ajustage à partir du menu.

10.3. Balances soumises à la réglementation

Une balance est soumise à la réglementation si et seulement si son utilisation correspond aux usages définis dans l'article 1, §1 du décret n° 91-330 modifié du 27 mars 1991. Dans ce cas, la balance doit être vérifiée périodiquement (une fois par an) par un organisme agréé par la Drire, à la demande du détenteur et aussi réparée par un organisme agréé par le Laboratoire national d'essais (arrêtés des 31 décembre 2001 et 26 mai 2004).

L'accès à l'ajustage externe d'une balance soumise à la réglementation est scellé. Ainsi, il n'est pas possible de modifier intentionnellement ses indications. Seul un réparateur agréé peut effectuer un ajustage externe.

11. AJUSTAGE AUTOMATIQUE

L'ajustage est constamment surveillé par un microprocesseur et corrigé automatiquement en cas d'écart de température (l'écart de température est paramétré par l'utilisateur, exemple : le réglage se déclenche quand le thermomètre interne détecte une variation de 1°C depuis le dernier réglage). Une balance dotée d'un tel dispositif permet d'effectuer sur place la correction exacte de la sensibilité (pente) de la droite de pesage (par « sensibilité » nous entendons ici la relation entre la masse affichée et la masse déposée sur le plateau).

Grâce à cette technique, vous êtes toujours certain d'obtenir des résultats exacts, en tout point du globe, avec une température ambiante comprise entre 5 et 40°C.

Afin qu'en tant qu'utilisateur, vous n'ayez pas à vous soucier de l'ajustage de votre balance, les balances sont dotées d'une fonction de surveillance de l'ajustage entièrement automatique. Au lieu d'avoir à vous demander s'il ne faut pas ajuster la balance, c'est elle-même qui se charge de cette vérification. Si un ajustage s'avère nécessaire pour corriger une dérive de la sensibilité, c'est le microprocesseur lui-même qui déclenche cet ajustage ; cette prise de décision est fondée sur des mesures de température et d'autres informations. L'ajustage s'avère en général opportun juste après l'installation ou la mise en service de la balance et devient nécessaire lorsque la température ambiante a varié depuis le dernier ajustage.

Dans ce cas, les fenêtres du pare-brise (si la balance en est équipée) se ferment toutes seules. Ensuite, débute l'ajustage dont le déroulement est entièrement automatique. Si, à cet instant précis, vous

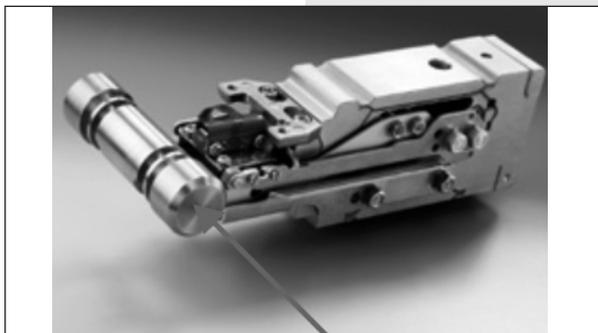


Figure 22. Cellule de mesure avec masse d'ajustage intégrée.
Figure 22. Measuring cell with internal adjustment mass.

adjustment then refer to the correct slope of the right. You can adjust the balance at any time from the menu.

10.3. Balances subject to regulation

A balance is subjected to regulation when it is used according actions defined in article 1, section 1 of amended decree No. 91-330, March 27th, 1991. In this case, the balance must be checked periodically (annually) by an organism agreed by the Drire, at the request of the holder and also repaired by an organism approved by the Laboratoire national d'essais (decrees December 31st, 2001 and May 26th, 2004).

The access to external adjustment of a balance subject to the regulation is sealed. Thus, it is not possible to modify intentionally its readings. Only an approved organism can carry out an adjustment with external mass.

11. AUTOMATIC ADJUSTMENT

The adjustment is constantly monitored by a microprocessor and corrected automatically, when there is a temperature difference (the temperature deviation is set by the user, e.g. the adjustment triggers when the internal thermometer detects a deviation of 1°C since the last adjustment). A balance with such device can carried out on site the exact correction of the sensitivity (slope) of the weighing right ("sensitivity" means the relationship between displayed mass and the mass placed on the balance pan).

With this device, you're always sure to get accurate results, anywhere on the globe, with an ambient temperature within 5 to 40°C.

As user, you do not have to worry about the adjustment of your balance; it has a fully automatic monitoring device. You don't have to ask yourself if the balance has to be adjusted or not, the balance is in charge for this action. If an adjustment is necessary to correct a sensitivity drift, the microprocessor itself triggers this adjustment; this decision is based on measurements of temperature and other information. The adjustment is generally appropriate right after the balance installation and commissioning and becomes necessary when the ambient temperature has changed since the last adjustment.

In this case, the windows of the draft shield (if the balance is equipped) closed all alone. Then start the fully automatic adjustment. If at this precise moment, you are in the process of working with the balance, it

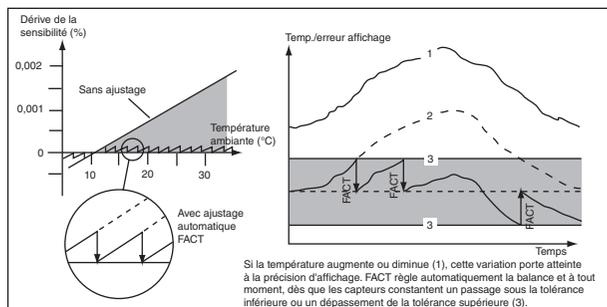


Figure 23. Effet de l'ajustage automatique sur la dérive du résultat.

êtes justement en train de travailler avec la balance, elle attendra le moment opportun. L'affichage vous informera alors qu'un ajustage sera nécessaire.

Important : toute balance d'analyse qui n'est pas dotée d'un tel dispositif doit être ajustée avant chaque pesée, tout spécialement quand la température du local de pesée varie de plusieurs degrés durant la journée (voir l'exemple de calcul du chapitre IV.2.).

12. LE PLATEAU

- Posez le produit à peser au centre du plateau afin d'éviter toute erreur liée aux charges excentrées.
- Sur les microbalances ou les balances semi-micro, il est conseillé, après une pause de plus de 30 min, de charger brièvement le plateau avant de réutiliser la balance (effet de la première pesée).
- Retirez le produit à peser du plateau dès que l'opération de mesure est terminée. Vous évitez ainsi toute variation de température ou d'humidité au sein de la chambre de pesée.

La charge à peser doit toujours être placée de façon verticale à l'intérieur de repères centrés sur le plateau pour éviter toute erreur liée à l'excentration. Ces repères peuvent être tracés sur le plateau s'ils n'existent pas. Évitez de frotter le corps à peser sur le plateau de la balance (encrassement du plateau).

L'entretien

La poudre, les liquides ou les autres substances sur le bord du plateau ou entre le plateau et la plaque de fond peuvent entraîner un affichage instable, lorsque le plateau n'est plus entièrement libre de ses mouvements.

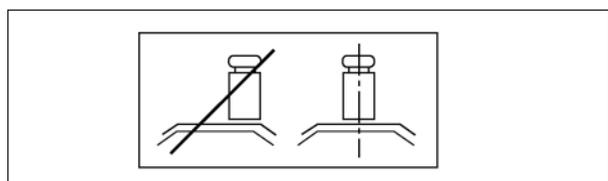


Figure 24. Le placement de la charge sur le plateau de la balance.
Figure 24. The place of the load on the balance pan.

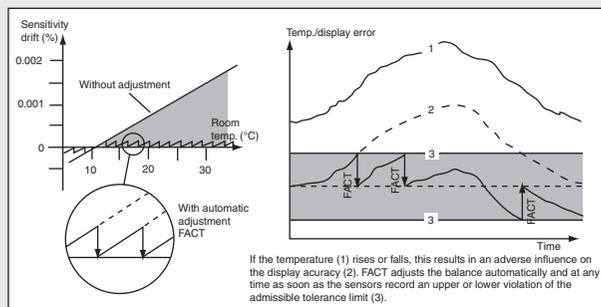


Figure 23. Effect of the automatic adjustment on the result drift.

will await for the right time. The display will inform you that an adjustment is required.

Important: any analytical balance that does not have such a device must be adjusted before each weighing, especially when the room temperature varies of several degrees during the day (see the example of calculation Chapter IV.2.).

12. BALANCE PAN

- Place the sample to weigh in the centre of the weighing pan to avoid eccentricity errors.
- With micro and the semi microbalances, the weighing pan should first be loaded once briefly (initial weighing effect) after a relatively long pause (> 30 min).
- Remove the weighing sample from the weighing pan on completion of the weighing operation. This prevents a change in the temperature and atmospheric humidity in the weighing chamber due to the weighing sample.

The load to weigh must always be placed vertically inside marks centred on the pan in order to avoid all error related to off-centre load. These marks may be drawn if they don't exist. Avoid scrubbing the sample to weigh on the balance pan (pan dirtying).

Cleaning

Powder, liquids or the other remainders on the edge of the pan or between the pan and the bottom plate involve an unstable indication, when the pan is not entirely any more free of its movements.

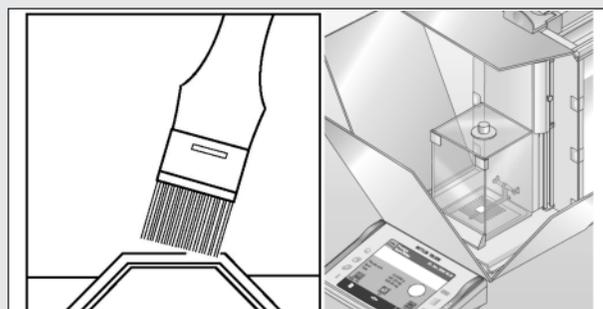


Figure 25. À gauche : nettoyage du plateau au pinceau antistatique. À droite : démontage des vitres pour leur nettoyage.
Figure 25. Left: pan cleaning with an anti-static brush. Right: Windows disassembling for cleaning.

- Maintenez la chambre de pesée et le plateau propres.
- N'utilisez que des récipients de pesée propres et secs pour le pesage.
- Laissez à proximité des moyens de nettoyage comme une pissette contenant de l'éthanol, ou de l'eau purifiée (selon le produit manipulé) ou bien des lingettes humidifiées

Remarque : le plateau n'est pas nettoyé directement sur son support, il en est préalablement ôté.

IV TERMES TECHNIQUES

1. SENSIBILITE

La sensibilité est une mesure permettant d'exprimer la pente de la courbe de pesage. Elle est définie par l'écart de la valeur affichée, divisé par la charge appliquée. La sensibilité est alors définie par l'expression suivante :

$$E = \Delta R / \Delta m$$

où ΔR est l'écart de la valeur affichée lors d'une variation Δm de la charge.

Lorsqu'on applique par exemple une charge de 100 g, il faut que l'affichage de la balance donne aussi 100 g comme résultat de mesure.

L'illustration montre, en plus de la caractéristique correcte, une caractéristique avec une pente (sensibilité) trop faible.

La valeur correcte pour la sensibilité peut être déterminée de la manière suivante : si vous avez sélectionné l'unité « gramme », vous vous attendez à voir apparaître 100 g sur l'affichage lorsque vous avez déposé 100 g sur le plateau ; la sensibilité de la balance vaut alors : $E = \Delta R / \Delta m = (100 \text{ g}) / 100 \text{ g}$, donc exactement 1.

Chaque fois que la sensibilité a changé, son réglage est réajusté lors de l'ajustage. Ainsi, le résultat de mesure affiché concorde bien avec la masse de la charge appliquée sur le plateau.

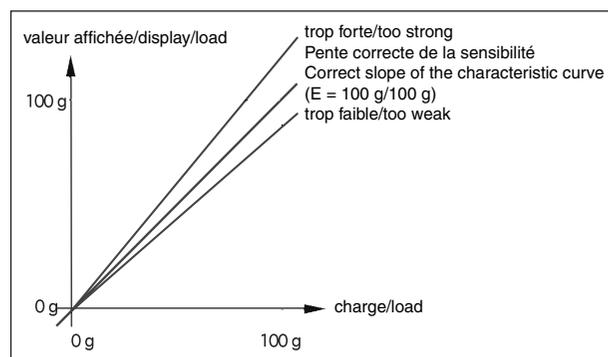


Figure 26. Pente de la caractéristique de pesage.
Figure 26. Slope of the weighing characteristic.

- Maintain the weighing room and the pan, clean.
- Use only clean and dry containers of weighing for weighing.
- Leave nearby cleaning means as a spray containing ethanol or purified water (according to the handled product) or moistened wipes.

Remark: the pan is not directly cleaned on its support, it is removed before.

IV TECHNICAL TERMS

1. SENSITIVITY

The sensitivity is a measure allowing expressing the slope of the weighing curve. It is defined by the deviation of the value displayed, divided by the applied load. The sensitivity is then defined by the following expression:

$$E = \Delta R / \Delta m$$

where ΔR is the deviation of the displayed value during a load change Δm .

When we apply a load of 100 g for example, it is necessary that the display of the balance also gives 100 g as result of measure.

The illustration shows, in addition to the correct characteristic, a characteristic with a slope (sensitivity) too strong and another with a too weak slope.

The correct value for the sensitivity can be determined as follows: if you selected the unit "gram"; you expect to see appearing 100 g on the display when you load 100 g on the pan; the sensitivity of the balance is: $E = \Delta R / \Delta m = (100 \text{ g}) / 100 \text{ g}$, then exactly 1.

Each time that the sensitivity has change, its regulating is readjusted during the adjustment. Thus, the displayed measurement result well concurs with the mass of the load applied on the pan.

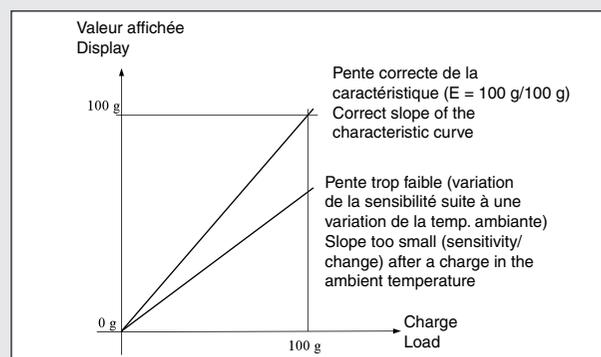


Figure 27. Effet de la température sur le résultat de mesure.
Figure 27. Effect of the temperature on the measurement result.

2. DÉRIVE DE LA SENSIBILITÉ

Le comportement de la sensibilité en fonction de la température est l'écart réversible de la valeur de mesure sous l'influence d'une variation de la température environnante. Il est caractérisé par le coefficient de sensibilité qui donne l'écart du poids affiché (ou du poids net) par degré Celsius.

Une variation de température dans la balance provoque un déplacement dans la pente de la caractéristique linéaire en raison de l'influence de la température ambiante, c'est-à-dire une augmentation ou, comme indiqué ci-dessus, une baisse.

Pour une balance d'analyse, le coefficient de sensibilité est de 0,00001%/°C, ce qui signifie que si la température varie de 1°C, la sensibilité varie d'une partie par million, soit 0,0001%.

Le coefficient de température peut être calculé de la manière suivante :

$$TC = \frac{\Delta E}{\Delta T} = \frac{\left(\frac{\Delta R}{m}\right)}{\Delta T} = \left(\frac{\Delta R}{m \cdot \Delta T}\right)$$

où ΔE représente la variation de la sensibilité et ΔT la variation de température. La variation de la sensibilité est égale à la variation du résultat ΔR divisée par la charge effective m , ou par la quantité dosée après tarage.

Ces indications permettent de calculer l'écart du résultat de mesure qui nous intéresse pour une variation de température donnée ; pour cela, il suffit de transformer l'égalité ci-dessus. Pour la valeur affichée, nous obtenons alors :

$$\Delta R = (TC \times \Delta T) \times m$$

Si vous pesez une charge (échantillon) de 100 g et si la température ambiante du laboratoire a varié de 15°C depuis le dernier contrôle de routine (entre le matin et l'après-midi – cas connu lors d'une canicule), il en découlera une variation ΔR de l'affichage (avec un coefficient de température de 0,00015%/°C) :

$$\Delta R = (TC \times \Delta T) \times m = (0,00015\%/^{\circ}\text{C} \times 15^{\circ}\text{C}) \times 100 \text{ g} = 0,00225 \text{ g} \Leftrightarrow 2,25 \text{ mg}$$

Dans cet exemple, ne pas prendre en compte ce phénomène a des conséquences importantes sur l'exactitude de la mesure.

Par contre, si la charge est de 100 mg, donc mille fois moins, l'écart maximal sera plus petit et ne fera que 2,25 µg.

Important : en conclusion, toute balance d'analyse qui n'est pas dotée d'un dispositif intégré (voir chapitre III.3.) pour compenser l'influence de la variation de la température sur l'affichage, doit être ajustée avant chaque pesée quand la variation de température du local est élevée.

2. SENSITIVITY DRIFT

The behaviour of the sensitivity according to the temperature is the reversible deviation of the measure value under the influences a change of the surrounding temperature. It is characterised by the coefficient of temperature of the sensitivity, that gives the deviation in percent of the displayed weight (or net weight) progressively Celsius.

The temperature change of a balance causes a change in the correct slope of the characteristic curve owing to the influence of the ambient temperature, i.e. an increase or as shown above a decrease.

For an analytical balance, the temperature coefficient of the sensitivity is 0.0001%/°C. This means that for a temperature change of 1°C, the sensitivity changes by 0.0001% or one millionth.

The temperature coefficient can be calculated as follows:

$$TC = \frac{\Delta E}{\Delta T} = \frac{\left(\frac{\Delta R}{m}\right)}{\Delta T} = \left(\frac{\Delta R}{m \cdot \Delta T}\right)$$

where ΔE is the change in the sensitivity and ΔT the temperature change. The sensitivity change is equal to the result change ΔR divided by the weighing load m , or after tarring by the sample weight.

With this information the deviation of the measurement result at a specified temperature change can be calculated by rearranging the above equation. For the display value we then obtain:

$$\Delta R = (TC \times \Delta T) \times m$$

If you weigh a load (sample) of 100 g and if the ambient temperature in the laboratory has changed by 15°C since the last routine control (between the morning and the afternoon – well know case during heatwave), this can lead to the following result change ΔR (with a temperature coefficient of 0.00015%/°C):

$$\Delta R = (TC \times \Delta T) \times m = (0.00015\%/^{\circ}\text{C} \times 15^{\circ}\text{C}) \times 100 \text{ g} = 0.00225 \text{ g} \Leftrightarrow 2.25 \text{ mg}$$

In this example, if you don't take into account this phenomenon this will have important consequences on the measure accuracy.

If, on the other hand, the load were only 100 mg, that is a thousand times less, the maximum deviation would also be correspondingly less and amount solely to 2.25 µg.

Important: as conclusion, any analytical balance without built-in device (see chapter III.3.) to compensate the influence of the temperature variation on the reading must be adjusted before each weighing when the temperature deviation in local is high.

3. LINÉARITÉ

Dans la *figure 28*, on voit que la linéarité caractérise l'aptitude d'une balance à suivre le rapport linéaire entre le poids effectif du produit à peser et la valeur de mesure affichée.

La caractéristique de pesage est représentée par une droite passant par l'origine à charge nulle et par la charge maximale.

La non-linéarité définit la largeur de la bande située de part et d'autre de cette caractéristique idéale, à l'intérieur de laquelle peut varier la valeur de mesure.

Exemple : sur une balance d'analyse classique, l'écart de la caractéristique par rapport à la courbe idéale linéaire est au maximum de $\pm 0,15$ mg sur l'ensemble de la plage de pesée de 200 g.

Pour s'affranchir de l'erreur de linéarité, effectuez une double pesée de Borda.

4. RÉPÉTIBILITÉ

La répétabilité est une mesure caractérisant l'aptitude d'une balance à afficher le même résultat lors de pesées répétitives avec une même charge et dans les mêmes conditions de mesure.

Dans le cas particulier des balances de très haute résolution (plage semi-micro), la répétabilité ne dépend pas uniquement de la balance elle-même. En effet, elle dépend aussi des conditions ambiantes (courants d'air, fluctuations de température, vibrations) et, en partie, du savoir-faire de l'opérateur.

L'exemple suivant montre une série typique de mesures, relevée sur une balance avec une précision d'affichage de 0,01 mg :

$x_1 = 27,51467$ g	$x_2 = 27,51466$ g
$x_3 = 27,51468$ g	$x_4 = 27,51466$ g
$x_5 = 27,51465$ g	$x_6 = 27,51467$ g
$x_7 = 27,51467$ g	$x_8 = 27,51466$ g
$x_9 = 27,51468$ g	$x_{10} = 27,51467$ g

Déterminons maintenant la moyenne et la répétabilité de cette série de mesures :

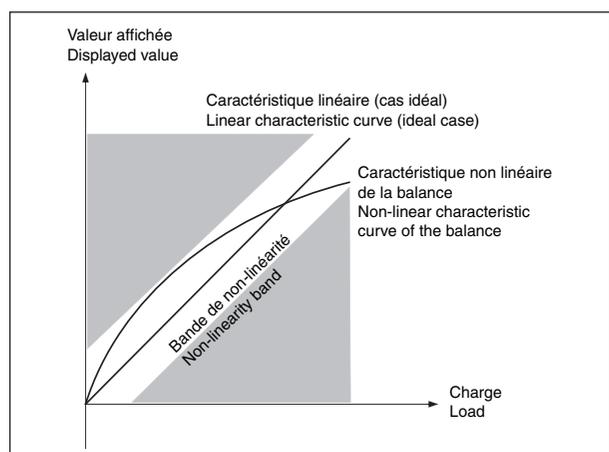


Figure 28. La non-linéarité d'une balance.
Figure 28. Balance non-linearity.

3. LINEARITY

In the *Figure 28*, the linearity expresses how well the balance is capable of following the linear relation between the load and the displayed value.

Here, the characteristic weighing curve is imagined as a straight line between zero and maximum load.

On the other hand, the non-linearity defines the width of the band within which a positive or negative deviation of the measured value from the ideal characteristic curve can occur.

Example: for an analytical balance, the deviation from the linear course of the characteristic curve is, for instance, maximum ± 0.15 mg over the weighing range of 200 g.

To cancel the linearity error, carry out a weighing according the Borda method.

4. REPEATABILITY

The repeatability is a measure of the ability of a balance to provide the same result in repetitive weighing with one and the same load under the same measurement conditions.

Particularly with high resolution balances (semi-micro range), the magnitude of the reproducibility is a property that depends not only of the balance. The reproducibility is also affected by the ambient conditions (drafts, temperature fluctuations, vibrations) and in part by the skill of the person performing the weighing.

The following example shows a typical series of measurements, performed on a semi-micro balance with a readability of 0.01 mg:

$x_1 = 27.51467$ g	$x_2 = 27.51466$ g
$x_3 = 27.51468$ g	$x_4 = 27.51466$ g
$x_5 = 27.51465$ g	$x_6 = 27.51467$ g
$x_7 = 27.51467$ g	$x_8 = 27.51466$ g
$x_9 = 27.51468$ g	$x_{10} = 27.51467$ g

Now determine the mean value and the reproducibility of this series of measurements:

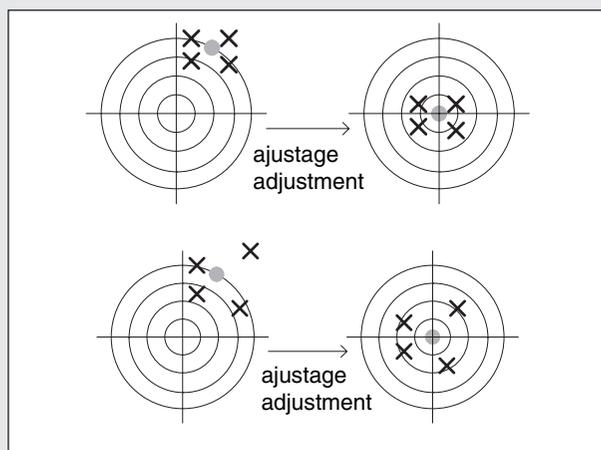


Figure 29. Incidence de l'ajustage sur la répétabilité.
Figure 29. Adjustment effect on the repeatability.

$$\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i$$

avec x_i le i^e résultat de série de mesure et N le nombre de mesures (dix pesées).

La moyenne est : $\bar{x} = 27,514667$ g.

5. ÉCART TYPE

Si un poids est posé plusieurs fois dans des conditions de répétition, il en résulte une répartition des résultats selon la courbe en cloche de Gauss. Comme la figure 30 le montre, l'écart type correspond à la distance entre la courbe et la valeur moyenne au $3/8^e$ du maximum.

La probabilité de l'occurrence correspond à l'aire sous la courbe dans le graphique, limité par l'écart type. Une, deux ou trois fois l'écart type devrait être utilisé comme base pour sélectionner une limite de tolérance relative de 0,1%, selon les besoins de fonctionnement courant.

La fonction correspondante de la courbe en cloche de Gauss est :

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

où n représente le nombre de mesures individuelles x_i , et \bar{x} la moyenne arithmétique des résultats individuels.

Une courbe plate traduit une répétabilité médiocre, alors qu'un tracé raide de la courbe traduit une bonne répétabilité. La configuration variable des balances électroniques permet de trouver l'optimum individuel entre vitesse de pesée et précision de mesure, en fonction des besoins de sécurité. Plus généralement: le résultat obtenu est d'autant plus précis que l'affichage est lent jusqu'à l'obtention d'un résultat stable.

L'allure de la courbe dépend de la performance de la balance ainsi que de la configuration interne pour le réglage du critère de stabilité (ASD). La répétabilité peut être améliorée en augmentant la durée de détection de stabilité de la mesure.

Dans l'exemple du chapitre précédent, l'écart type s est utilisé comme mesure de la répétabilité. En conséquence, la répétabilité de la série de mesures est $s = 0,0095$ mg.

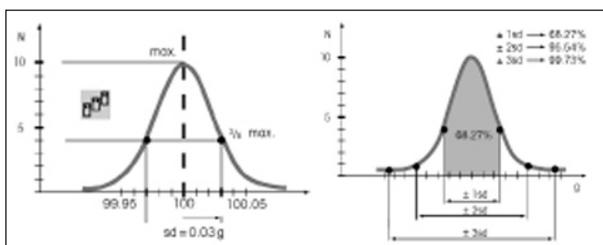


Figure 30. Courbe en cloche de Gauss.
Figure 30. The Gaussian bell-shaped curve.

$$\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i$$

where x_i is the i^{th} result of a serial of measurement, and N the number of measurements (ten).

The mean is: $\bar{x} = 27.514667$ g.

5. STANDARD DEVIATION

If a weight is loaded several times under repeatability conditions, a distribution of the results is obtained which follows the Gaussian bell-shaped curve. As Figure 30 shows, the standard deviation is the distance between the curve and mean value at $3/8^{\text{th}}$ of the maximum.

The probability of occurrence corresponds to the area under the curve in the chart, limited by the particular standard deviation. $1\times$, $2\times$ or $3\times$ standard deviation should be used as a basis for the selected relative tolerance limit of 0.1%, depending on the current dependability needs.

The associated function, the Gaussian bell-shaped curve, is as follows:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

where n is the number of individual measurements x_i , and \bar{x} the arithmetic mean of the individual results.

If the curve is flat, this indicates poor repeatability, whereas a curve with a steep slope describes good repeatability. The variable configuration of electronic balances allows the individual optimum between weighing speed and accuracy of measurement to be configured to meet the dependability requirements. In general, the following holds: the slower the display until attainment of the stable result, the more accurate the result obtained.

The curve profile depends on the particular performance of the balance as well as on the internal configuration for the setting of the stability criterion (ASD, automatic stability detection). The longer the weighing value must remain stable before a result is released, the better the repeatability, but the slower the release of the result.

In the example of the previous chapter, the standard deviation s is used as a measure of the repeatability. Consequently, the repeatability of the measurement series is $s = 0.0095$ mg.

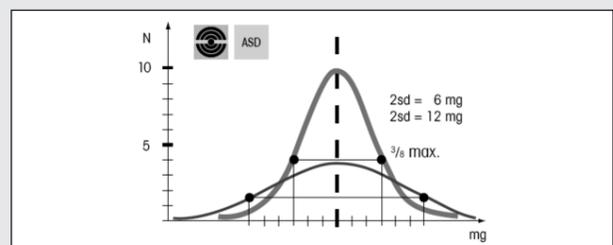


Figure 31. Exemples de courbes.
Figure 31. Examples of curves.

6. LA TOLÉRANCE DU POIDS D'AJUSTAGE

Lors de l'ajustage, la balance pèse un poids de référence dont la masse exacte est connue. L'écart de la masse de ce poids par rapport à la valeur déclarée caractérise *la tolérance du poids d'ajustage*.

Du fait que la poussée aérostatique influence le poids de chaque masse, le poids de référence est étalonné *comme s'il se trouvait dans de l'air d'une masse volumique de 1,2 kg/m³ et comme s'il avait une masse volumique de 8 000 kg/m³ (l'eau a une masse volumique de 1 000 kg/m³)*. Ceci répond aux conditions fixées par les normes internationales.

Dans ce contexte, il est important de constater qu'un écart du poids d'ajustage apparaît comme erreur de sensibilité. Ceci signifie qu'après un tarage, l'écart du résultat de pesée ainsi provoqué augmente de façon proportionnelle à la quantité dosée (et non à la charge totale) : plus la quantité dosée est petite, plus l'écart sera faible.

Explicitons ce point à partir d'un exemple. Le poids d'ajustage d'une balance laisse apparaître un écart maximum de 0,1 mg à 200 g. Si maintenant vous dosez une substance de 1 g, même dans un récipient lourd, l'écart sera au maximum :

$$1 \text{ g} \cdot (0,1 \text{ mg}/200 \text{ g}) = 1 \text{ g} \cdot 0,00005\% = 0,5 \text{ } \mu\text{g}$$

Une valeur négligeable, même si vous opérez sur la plage fine (avec une précision d'affichage de 0,01mg). Notez que l'écart relatif reste constant et égal à 0,00005% (0,1 mg/200 g = 0,000005 = 0,00005% = 0,5 ppm), quelle que soit la charge.

7. LE TEMPS DE STABILISATION

Combien de temps faut-il attendre pour que le poids exact final soit obtenu ?

Le temps de stabilisation est le temps nécessaire à la balance pour effectuer une pesée. Il est défini comme étant l'intervalle de temps situé entre le chargement du produit à peser sur le plateau et la stabilisation de l'affichage du poids.

Le temps de stabilisation dépend des conditions ambiantes (courants d'air, vibrations, etc.) et des paramètres de la balance, c'est-à-dire de la précision d'affichage, du détecteur de stabilité, de l'adaptateur du processus de pesage et de l'adaptateur de vibration (pour des raisons de traçabilité, conservez les paramètres mémorisés dans la balance).

8. LE DELTATRAC

En mode normal de pesée, le DeltaTrac est un dispositif multifonctionnel ayant l'apparence d'un cadran indiquant par son graphique combien il reste de plage de pesée, même si la balance est tarée. Le DeltaTrac vient compléter l'affichage numérique. Il vous indique de manière graphique la plage de pesée utilisée et celle encore disponible. Le DeltaTrac permet de suivre aisément la dynamique d'un processus de pesée. Ce dispositif réduit les problèmes courants

6. THE TOLERANCE OF THE ADJUSTMENT WEIGHT

During the adjustment, the balance weighs a reference standard whose exact mass is known. The mass deviation of this standard with the true value characterises *the tolerance of the adjustment weight*.

Because the buoyancy influences the weight of every mass, the reference weight is calibrated with an air of density 1.2 kg/m³ and with a density of 8,000 kg/m³ (water has a density of 1,000 kg/m³). It answers to the conditions required by the international standards.

In this context, it is important to note that a deviation of the adjustment weight looks like a sensitivity error. It means that after a tarring, the deviation of the weighing result created thus increases in a proportional way to the measured quantity (and no to the total load): the more the weighing sample is small, the more the deviation is weak.

Let's clarify this point with an example. The adjustment weight of a balance lets appear to a maximum deviation of 0.1 mg to 200 g. If now you measure a sample of 1 g, even in a heavy container, the deviation will be to the maximum:

$$1 \text{ g} \cdot (0.1 \text{ mg}/200 \text{ g}) = 1 \text{ g} \cdot 0.00005\% = 0.5 \text{ } \mu\text{g}$$

A negligible value, even though you operate in the fine range (with a display precision of 0.01 mg). Note that the relative deviation remained constant and equal to 0.00005% (0.1 mg/200 g = 0.000005 = 0.00005% = 0.5 ppm), whatever is the load.

7. STABILISATION TIME

How long does it take to reach the correct final weight?

The stabilisation time is the necessary time for the balance to carry out a weighing. It is defined as the interval of time between the loading of the weighing sample on the pan and the display stabilisation of the weight.

The time of stabilisation depends of the surroundings (drafts, vibrations, etc.) and of the adjustment of the balance parameters, which means the precision of display, the stability detector (ASD), the adapter of the weighing process and the vibration adapter (for traceability reasons, store the balance settings).

8. DELTATRAC

In normal weighing mode, DeltaTrac is a multifunctional device having the appearance of a dial indicating by its graph, how much it remains of weighing range, even if the balance is tared. DeltaTrac comes to supplement the digital display. It indicates you in a graphic way the weighing range used and that still available. DeltaTrac makes it possible to easily follow the dynamics of a weighing process. This device reduces the current problems related to an

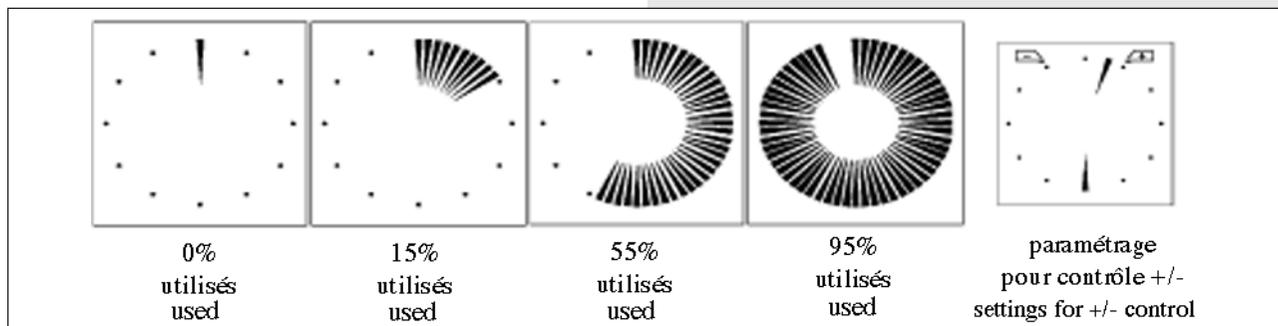


Figure 32. Le DeltaTrac en fonctionnement.
Figure 32. DeltaTrac in operation.

liés à une surcharge. Selon les balances, la forme du DeltaTrac peut correspondre à un cercle, une fiole, un bécher, un carré, etc.

Pour certaines applications comme « statistique plus/moins » et « formulation », le DeltaTrac se transforme en un indicateur avec deux index et deux limites de tolérance. Ainsi, vous êtes en mesure de déceler plus rapidement la position du résultat de la pesée par rapport au poids de consigne.

9. LE DELTARANGE

Les balances DeltaRange disposent d'une plage fine mobile d'une précision dix fois plus élevée. Dans cette plage fine, la balance affiche toujours le poids avec une décimale de plus. Avec cette fonction, vous pouvez doser de faibles quantités dans un grand récipient à tout moment par simple appui sur la touche de tarage, et cela sur toute sa portée.

Quand environ 20% de la portée de la balance sont atteints, la balance passe automatiquement à une précision d'affichage plus grande. Tarer la balance et la plage fine revient automatiquement.

10. PARAMÉTRAGE

Certains constructeurs vous permettent d'optimiser le fonctionnement de votre balance à l'aide d'un paramétrage adapté.

10.1. L'adaptateur de vibration

Il permet d'adapter la balance à son environnement de pesée (pour des raisons de traçabilité, conservez les paramètres mémorisés dans la balance). Ajuster l'adaptateur sur la petite vaguelette quand la balance est installée dans un environnement idéal. Ajuster la taille de la vaguelette au réglage le plus fort quand l'environnement de la balance est la cause

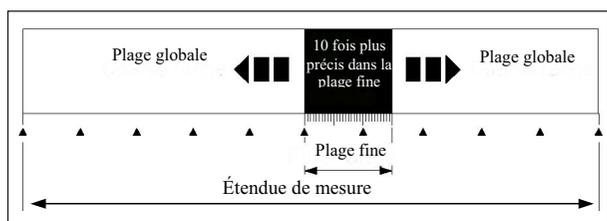


Figure 33. Le DeltaRange et l'étendue de mesure.

overload. According to the models of balances, the DeltaTrac shape may correspond to a circle, a flask, a beaker, a square, etc.

In the applications "statistics +/-" and "formulation", DeltaTrac is used as indicator with two indices and two tolerances. Thus, you are able more quickly to detect the position of the weighing result compared to the target weight.

9. DELTARANGE

DeltaRange balances have a mobile fine range with readability ten times greater. In this fine range, the balance always displays the weight with one more decimal. With the function DeltaRange, you have the possibility of constantly fill small quantities in a large container by simple press on the tare key, and this on all its range.

When approximately 20% of the balance range is reached, the balance passes automatically to larger display readability. Tare the balance and the fine range returns automatically.

10. SETTINGS

Some manufacturers allow you optimizing your balance operation using appropriate settings.

10.1. Vibration adapter

It allows adapting the balance to its weighing environment. Adjust the adapter on the small wavelet when the balance is installed in an ideal environment. Adjust the size of the wavelet to the most extreme adjustment when the balance environment is the cause of vibrations and strong draughts (Table 3 and Figure 34).

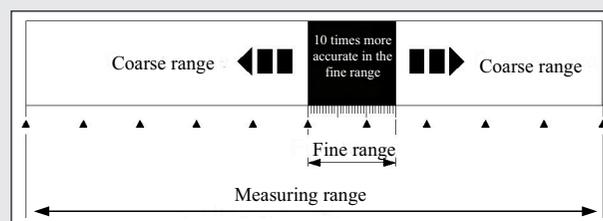


Figure 33. DeltaRange and measuring range.

Tableau 3. Paramétrage d'un adaptateur de vibration.
Table 3. Vibration adapter settings.

Performance	Symbole/Symbol	Affichage/Display	Commentaires/Comments
		1	Paramétrage pour un environnement très calme et stable La balance filtre moins, mais elle est plus sensible aux influences externes Adjustment for an environment very calm and stable The balance filters less, but it is more sensitive to the external influences
		2	Paramétrage pour des conditions ambiantes normales Il s'agit du réglage d'usine. La balance travaille à vitesse moyenne Adjustment for normal ambient conditions It is the factory settings, the balance works at mean velocity.
		3	Paramétrage pour environnement instable Le réglage du filtre de la balance est supérieur au réglage d'usine, mais la balance est moins sensible aux influences externes Adjustment for unstable environment The filter adjustment of the balance is higher than the factory settings, but the balance is less sensitive to the external influences

de vibrations et de forts courants d'air (tableau 3 et figure 34).

10.2. Environnement

Avec ce paramétrage, vous adaptez la balance à son environnement. Si vous travaillez avec un environnement pratiquement exempt de courant d'air et de vibrations, sélectionnez le paramétrage « stable ». En revanche, si vous travaillez dans une ambiance avec des conditions changeant en permanence, sélectionnez « instable » ou « très instable ». « Standard » correspond à un environnement de travail moyen avec des fluctuations et conditions ambiantes moyennes.

10.3. L'adaptateur de processus de pesage

Pour certaines balances, on peut trouver ce type d'adaptateur qui fonctionne sur un principe identique au paramétrage lié à l'environnement. Il permet d'ajuster la balance à l'application de pesage (pour des raisons de traçabilité, conservez les paramètres mémorisés dans la balance). Régler la gouttelette au plus bas et la balance est prête pour un dosage fin. Changer la taille de la gouttelette en position centrale pour un pesage standard et à la plus forte position pour des résultats rapides comme le contrôle de poids (tableau 4 et figure 34).

10.4. Mode de pesage

Ce paramétrage est utilisé pour adapter la balance au mode de pesage. Sélectionnez « universel » pour toute opération habituelle de pesage ou « dosage » pour le dosage de produits liquides ou pulvérulents. Avec ce paramétrage, la balance réagit très rapidement aux plus faibles variations de poids. Le paramétrage « mode capteur » délivre selon le paramétrage des conditions ambiantes un

10.2. Environment

With this parameter, you adapt the balance with your own weighing application. If you are working in an environment which is practically free from drafts and vibrations, choose the "stable" setting. If, on the other hand, you work in an environment where the conditions are continuously changing, select "unstable" or "very unstable". The "standard" setting corresponds to an average working environment subject to moderate variations in the ambient conditions.

10.3. Weighing process adapter

For some balances, one may find thus type of adapter that operates according the same principle as for the settings related to environment. It allows adjusting the balance with your own weighing application (for traceability reasons, store the balance settings). Adjust the droplet to the lowest and the balance is ready for a fine filling. Change the size of the droplet into central position for a regular weighing and to the strongest position for fast results as the weight control (Table 4 and Figure 34).

10.4. Weighing mode

This setting is used to adapt the balance to the weighing mode. Select "universal" for all normal weighing operations or "dosing" for dosing liquid or powdery weighing samples. With this setting, the balance reacts very quickly to the smallest changes in weight. "Sensor mode" supplies a weighing signal which is filtered to an extent which depends on the setting for the environmental

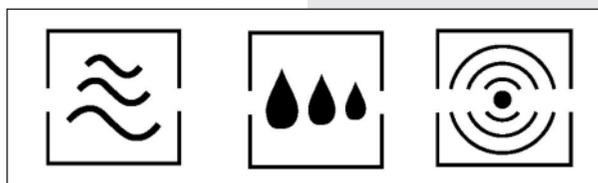


Figure 33. Gauche : un symbole d'adaptateur de vibration. Milieu : un symbole d'adaptateur au processus de pesage. Droite : un symbole d'adaptateur de répétabilité

Figure 33. Left: a symbol of the vibration adapter. Middle: a symbol for the weighing process adapter. Right: a symbol for the repeatability adaptor.

Tableau 4. Paramétrage d'un adaptateur de processus.
Table 4. Weighing process adapter settings.

Symbol/Symbol	Affichage/Display	Commentaires/Comments	
	1	Dosage fin Ce réglage convient pour de dosage de poudres fines, de faibles quantités de liquide, etc. Fine filling This adjustment suits for the dosage of fine powders, small quantities of liquid, etc.	
	2	Paramétrage universel Il s'agit du réglage d'usine, qui convient pour tous les modes de pesage. L'affichage correspond toujours au poids actuel Universal adjustment It is the factory settings. It suits for all the weighing modes. The display corresponds always to the current weight	
	3	Pesée absolue Ce réglage convient pour le contrôle de poids et la détermination du poids d'échantillons Absolute weigh-in This adjustment suits for the weight control and the determination of samples weights	
	off	Applications spéciales Avec ce réglage, la valeur de poids affichée est directement liée au niveau du temps à l'évolution du poids. Ce réglage peut être utilisé avec l'interface de données série Special applications With this adjustment, the value of the displayed weight is directly linked to the evolution times of the weight. This adjustment may be used with the serial data interface	

signal de pesage dont le filtrage est très différent. Le filtre possède un comportement linéaire dans le temps (non adaptatif) et convient pour le traitement continu des valeurs de mesure. Avec le paramétrage « pesée de contrôle », la balance réagit uniquement pour des plus grandes variations de poids et le résultat de pesage est très stable.

Remarque : le nombre de paramétrages disponibles dépend du modèle.

10.5. Validation valeur de mesure

Avec ce paramétrage (pour des raisons de traçabilité, conservez les paramètres mémorisés dans la balance), vous définissez avec quelle rapidité la balance considère la valeur de mesure comme stable et la valide. Le paramétrage « très rapide » est recommandé si vous avez besoin de résultats rapides et que leur répétabilité est d'une importance moindre. Le paramétrage « très fiable » entraîne une très bonne répétabilité des résultats de mesure, mais prolonge le temps de stabilisation. Trois autres paramétrages sont disponibles entre ces deux pour la validation de la valeur de mesure.

10.6. L'adaptateur de répétabilité et de vitesse de mesure

Pour certaines balances, on peut trouver ce type d'adaptateur qui fonctionne sur un principe identique à la validation de mesure. L'adaptateur (pour des raisons de traçabilité, conservez les paramètres mémorisés dans la balance) permet de sélectionner entre une très bonne répétabilité avec un temps de stabilisation lent ou une répétabilité courante avec un temps de stabilisation rapide.

Dès que le résultat de pesée varie pendant un certain temps dans les limites d'un intervalle donné, le résultat de pesée est considéré comme stable et le symbole du détecteur de stabilité s'éteint (témoin de non-stabilité). Avec le réglage de la répétabilité,

conditions. The filter behaves linearly in relation to time (not adaptively) and is suitable for the continuous processing of measurement values. Under "checkweighing", the balance only responds to large changes in weight, and the measurement is therefore very stable.

Note: the number of available settings depends on the balance model.

10.5. Measured value release

With this setting (for traceability reasons, store the balance settings) you define the speed at which the balance regards the measured value as stable and releases it. The "very fast" setting is recommended if you require fast results and repeatability is not very important. The "very reliable" setting provides very good repeatability of the measured results but prolongs the settling time. There are other measured value release settings to choose.

10.6. Repeatability and measurement speed adapter

For some balances, one may find this type of adapter that operates according the same principle for the measurement release. The adapter (for traceability reasons, store the balance settings) allows selecting between a very good repeatability with a slow stabilization time and a standard repeatability with a short stabilization time.

As soon as the weighing result varies during a certain time within the limits of a given interval, the weighing result is regarded as stable and the symbol of the detector of stability switches off (signal of instability). With the repeatability adjustment, you

Tableau 5. Paramétrage d'un adaptateur de répétabilité.
Table 5. Weighing process adapter settings.

Symbol/Symbol	Affichage/Display	Commentaires/Comments
	Std	Répétabilité normale L'affichage du poids est très rapidement considéré comme étant stable, autrement dit le témoin de non stabilité s'éteint très rapidement Standard repeatability The display of the net weight is quickly considered as stable. In other words, the instability signal switches off very quickly
	Good	Bonne répétabilité L'affichage du poids est rapidement considéré comme étant stable. Il s'agit du réglage d'usine Good repeatability The display of the net weight is quickly considered as unstable. It corresponds to the factory settings
	bEttEr	Excellente répétabilité L'affichage du poids met plus longtemps jusqu'à ce qu'il soit considéré comme stable Excellent repeatability The display of the net weight takes more times until it is considered as stable
	bEST	Répétabilité la meilleure possible L'affichage du poids n'est considéré comme stable qu'après quelques secondes sans variations The most possible repeatability The display of the net weight is considered as stable, after few seconds without vibration

vous définissez l'intervalle de temps pendant lequel le résultat ne doit pas dépasser les limites pour qu'il soit considéré comme stable. Plus on augmente la répétabilité souhaitée, plus le déroulement du pesage devient long (tableau 5 et figure 34).

10.7. Zéro automatique

En activant ou pas la mise à zéro automatique ou « AutoZero », la balance corrige en permanence les éventuels écarts du point zéro pouvant apparaître suite par exemple à un léger encrassement du plateau.

V CHOIX D'UNE BALANCE SELON SES CRITÈRES D'UTILISATION

Il ne faut pas tenir compte uniquement des performances métrologiques de la balance, il faut aussi prendre en compte d'autres éléments comme ceux présentés dans les chapitres suivants.

1. TRAÇABILITE

Elle est indispensable pour les BPL et les BPF ; elle est utile dans tous les cas. Pour chaque pesée, on doit connaître :

- la date et l'heure de la pesée,
- la balance utilisée (exemple : n° de série, nom, code d'identification),
- le nom de l'opérateur,
- l'identification du produit/échantillon pesé (exemple : n° de série, code d'identification),
- la valeur du poids (exemple : brut, net, tare),
- la conformité au poids minimal évalué,
- l'état du dispositif de mise de niveau,
- la méthode employée,
- l'optimisation du fonctionnement de la balance à l'aide de son paramétrage,
- etc.

define the time interval where the result should not exceed the limits so that it is regarded as stable. The more one increases the desired repeatability, the more weighing process becomes long (Table 5 and Figure 34).

10.7. Automatic zero

The automatic zero point correction function ("AutoZero") continuously corrects any deviation from the zero point, which can be caused by slight contamination on the weighing pan, for example.

V CHOICE FOR A BALANCE ACCORDING TO THE SPECIFICATIONS OF USE

Do not take only into account the metrological performances of the balance; take also into account other elements such as those presented in the following chapters.

1. TRACEABILITY

It is absolutely necessary for the GPL and GMP; it is useful in all cases. For each weighing, one must know:

- date and time of the weighing,
- the balance ID (e.g. serial number, name, ID code),
- the operator's name,
- the product/sample ID (e.g. serial number, ID code, name, type),
- the weight value with gross, net, tare values,
- the compliance with the evaluation of the minimal weight,
- the state of the level control,
- the method used,
- the optimisation of the balance operation with the settings,
- etc.

Cette traçabilité est possible quand la balance est reliée à une imprimante ou à PC/LIMS/ERP.

Le ticket de pesée comme le transfert de données ne doivent pas être falsifiables.

2. TRANSFERT AUTOMATIQUE DE DONNÉES

Il permet de supprimer le risque d'erreur de transcription quand l'opérateur doit écrire à la main le résultat de la pesée. Il est possible quand la balance est reliée à une imprimante ou à PC/LIMS/ERP.

L'identification des produits/échantillons à peser est aussi facilitée avec un lecteur de code à barres relié à la balance.

3. SÉCURISER LE FONCTIONNEMENT DE LA BALANCE

Ce n'est possible que si la balance dispose d'un système de calibrage motorisé activé par une variation de la température. Avec un tel dispositif activé, la balance est prête à fonctionner dans toutes les conditions.

Il est aussi possible de sécuriser le contrôle de la balance en la programmant pour qu'elle ne fonctionne pas tant que l'opérateur n'a pas effectué de contrôle métrologique.

4. DÉTECTEUR DE NIVEAU

Les dernières générations de balances disposent maintenant d'un capteur d'inclinaison intégré, contrôlant en permanence le correct alignement horizontal en vous demandant le cas échéant d'effectuer une mise de niveau (voir chapitre 7.2). Ainsi, la sécurité de la pesée est encore accrue.

5. SÉCURISER LE PARAMÉTRAGE DE LA BALANCE

De plus en plus de réglementations exigent que l'accès au paramétrage de la balance soit protégé par un mot de passe (droit d'accès défini).

On sait que le changement des paramètres de pesage agit sur les performances de la pesée.

Certaines balances disposent de cette protection par mot de passe limitant ainsi l'accès au paramétrage par un personnel autorisé.

6. OPTIMISER ET RÉDUIRE LE TEMPS DES PESÉES

C'est possible quand la balance est équipée d'accessoires. Il en existe pour toutes sortes d'applications :

- pesée de filtres,
- détermination de masse volumique (exemple : liquides, solides, pâteux),
- contrôle de volume (kit anti-évaporation),
- pare-brise interne et externe,
- pédale de commande (tarage/impression au pied),
- afficheur auxiliaire,
- vibreur automatique pour peser des comprimés/gélules,

This traceability is made possible when the balance is connected to a printer or to a PC/LIMS/ERP.

The printout as the data transfer must be original.

2. AUTOMATIC DATA TRANSFER

It allows cancelling the error risk due to the transcription when the operator must right by hand the weighing result. It is possible when the balance is connected to a printer or to a PC/LIMS/ERP.

The products/samples identification to weigh is made easier with a barcode reader connected to the balance.

3. SECURE THE BALANCE OPERATION

It's only possible if the balance is equipped with an adjustment device triggered by a temperature deviation. With such a device activated, the balance is ready to operate for all conditions.

It is also possible to secure the balance control with an alert when the operator did not carry out the routine control.

4. LEVEL DETECTOR

The last balance generations are equipped with a level detector, controlling permanently the correct horizontality requesting if necessary to carry out a level adjustment (see chapter 7.2). The weighing security is then is increased.

5. SECURE THE BALANCE SETTINGS

More and more regulations request that the balance settings access be secured with a password (defined access right).

We know that the weighing settings changes act on the weighing performances.

Some balances have this password protection limiting the settings access by an authorized staff.

6. OPTIMIZE AND REDUCE THE WEIGHING TIME

It is possible with adapted accessories. They exist for all type of applications:

- weighing filters,
- determination of density (e.g. liquids, solids, pasty substances),
- volume control (humidity trap),
- internal or external draft shield,
- foot switch (tare/printing),
- auxiliary display,
- automatic feeder to weigh pills/capsules,
- funnel,
- transport case, anti-theft device (steel cable),

- entonnoir,
- valise de transport, protection antivol,
- électronique séparée (pesée en boîte à gants),
- imprimante,
- etc.

C'est toujours possible quand la balance est équipée de logiciels internes de traitement des mesures pour :

- les statistiques,
- la formulation,
- le comptage de pièces,
- la pesée en pourcentage,
- la détermination de la masse volumique,
- le pesage différentiel,
- la détermination de la masse spécifique,
- le contrôle des pipettes automatiques,
- l'étalonnage de masses.

7. MANIPULATION DE PRODUITS TOXIQUES

Choisissez une balance avec un plateau grille, ainsi lorsqu'une substance est versée accidentellement à côté du récipient, elle tombe tout simplement dans le plateau collecteur situé en dessous. Par conséquent, le résultat de pesée n'est pas faussé et la substance déversée peut être facilement éliminée.

Choisissez une balance dont les vitres, le plateau et le plateau collecteur sont entièrement démontables.

Choisissez une balance disposant de cellules photoélectriques programmables (impression, mise à zéro, ouverture de porte, tarage). De cette façon, le risque de contamination directe ou croisée est supprimé.

8. PESÉE MINIMALE

Elle permet de sécuriser la pesée d'échantillons de faible poids. Elle est à prendre en compte quand l'utilisateur a défini l'erreur relative et la marge d'erreur acceptables pour ses pesées (pour mieux savoir comment déterminer la pesée minimale, voir l'article à paraître dans le n° 4 de *STP Pharma Pratiques*, juillet-août 2009).

Certaines balances disposent d'une sécurité logicielle intégrée prévenant l'opérateur tant que cette valeur limite n'est pas dépassée. Cette application s'appelle le MinWeigh. Elle est intégrée dans la plupart des balances de nouvelle génération. Voici ses principales caractéristiques :

- la balance vous avertit lorsque la valeur est inférieure à la pesée minimale,
- les paramétrages de la balance ne peuvent pas être modifiés,
- les résultats de pesée de valeur insuffisante sont marqués sur l'impression,
- les résultats de pesée correspondent aux spécifications du certificat et donc à vos directives d'assurance qualité,



Figure 35. Démontage pour le nettoyage.
Figure 35. Disassembly for cleaning.

- separate evaluation electronics (weighing in a glove compartment or contaminated environments),
- printer,
- etc.

It is always possible when the balance is equipped with applications for the measurement process for:

- statistics,
- formulation,
- piece counting,
- percent weighing,
- density determination,
- differential weighing,
- micropipettes control,
- mass calibration.

7. HANDLING OF HAZARDOUS PRODUCTS

Select a balance with a grid pan and then when substance is poured by accident beside the vessel, it simply falls on the drip tray placed below. As consequence, the weighing result is not altered and the poured substance can be easily eliminated.

Select a balance where windows, grid pan and drip tray that may be entirely disassembled.

Select a balance with programmable light sensors (printing, zero, door opening, tare). Like this, the risk of cross or direct contamination is cancelled.

8. MINIMUM WEIGHT

It allows securing the sample weighing with low mass. It has to be evaluated when the user has defined the relative error and the permissible security factor for his weighing (in order to discover how evaluating the minimum weight, please read the article to be published in *STP Pharma Pratiques* No. 4, july-august 2009).

Some balances are equipped with a built-in software security warning the operator when the limit of the value is not reached. This application is called MinWeigh. It is provided with most of the new generation of balance. Here are the main features:

- the balance warns you when the value is smaller than the minimum weight,
- the balance settings can not be modified,
- the weighing results below the limit are identified on the printout,
- the weighing results correspond to the certificate specifications then to your quality guidance,
- possibility to store up to three taring ranges with associated minimum weights,

- possibilité d'entrer jusqu'à trois plages de tarage avec pesées minimales associées,
- commutation automatique entre les différentes plages de tarage,
- affichage des paramètres et du poids de tare sur le terminal de la balance,
- apparition d'un avertissement lorsque l'évaluation du MinWeigh est échue et doit être renouvelée.

VI POIDS ÉTALONS

Un poids est une masse marquée légale ; sa forme, sa constitution, sa valeur nominale et son erreur maximale tolérée sont réglementées. Tout corps a une masse, mais tout corps n'est pas un poids.

1. MASSE CONVENTIONNELLE

Les poids sont caractérisés par leur masse conventionnelle. La masse conventionnelle d'un poids est égale à la masse totale des poids de référence réalisés dans une matière de masse volumique $8\,000\text{ kg/m}^3$, qui équilibre la masse de ce poids, dans l'air de masse volumique $1,2\text{ kg/m}^3$, l'opération étant effectuée à 20°C .

2. CLASSE DE PRÉCISION ET TOLÉRANCE

Les poids sont répartis en sept classes : $E_1, E_2, F_1, F_2, M_1, M_2, M_3$ suivant leur degré de précision. La différence maximale tolérée entre la masse nominale et la masse conventionnelle est égale aux valeurs indiquées dans le tableau de l'annexe 3. Le tableau 6 décrit l'utilisation typique des poids selon leur classe.

3. FORME, MATIÈRE, DIMENSION ET MARQUAGE

Ces caractéristiques sont décrites dans l'arrêté du 11 juin 1975. Elles sont obligatoires pour des poids utilisés dans le cadre réglementaire. Les critères retenus sont parfaitement applicables en métrologie dans une entreprise.

3.1. Valeur nominale d'un poids étalon

Elle est toujours de la forme $(a \cdot 10^n\text{ kg})$, avec $a = 1, 2$ ou 5 et n qui représente soit zéro, soit un nombre entier positif ou négatif.

3.2. Présentation

Les poids faisant partie de la même série doivent être de même classe.

Les poids d'une série donnée doivent avoir la même forme, sauf pour les poids de 1 g et moins.



Figure 36. À gauche un poids, à droite une masse.
Figure 36. Left: OIML weights. Right: mass.

- automatic change between the different taring ranges,
- display of the parameters and the tare weight on the balance terminal,
- warning signal displayed when the MinWeigh evaluation is overdue and has to be renewed.

VI STANDARDS WEIGHTS

A weight is a material measure of mass, regulated in regard to its physical and metrological characteristics: shape, dimensions, material, surface quality, nominal value, density, magnetic properties and maximum permissible error. All bodies have a mass, but any mass is not a weight.

1. CONVENTIONAL MASS

Weights are featured by the conventional mass. For a weight taken at a reference temperature (t_{ref}) of 20°C , the conventional mass is the mass of a reference weight of a density (ρ_{ref}) of $8,000\text{ kg/m}^3$ which it balances in air of a reference density (ρ_0) of 1.2 kg/m^3 .

2. ACCURACY CLASS AND TOLERANCE

Weights are defined with seven classes: $E_1, E_2, F_1, F_2, M_1, M_2, M_3$ according to the level of accuracy. The maximal permissible deviation between the nominal value and the conventional mass is equal to values given in the table of the appendix 3. Table 6 gives the typical use of the weights according the accuracy class.

3. SHAPE, MATERIAL, DIMENSION AND MARKING

These features are defined in the French order of June 11th, 1975 and OIML R111. They are mandatory for weights used according regulation (e.g. initial verification, subsequent verification). The given criteria are perfectly applicable for metrology in an enterprise.

3.1. Nominal value

The nominal values of the mass for weights or weight sets shall be equal to $1, 2$ or $5 \times 10^n\text{ kg}$, where n represents a positive or negative whole number or zero.

3.2. Presentation

Weights part of the same set must have the same accuracy class.

Weights of a given set must have the same shape, except for weights of 1 g and less.

Tableau 6. Utilisation typique des poids selon leur classe.
Table 6. Typical use of weights according to their accuracy class.

Classe de précision Accuracy class	Utilisation/Use
E ₁	Poids destinés à assurer la traçabilité entre les étalons nationaux de masse (dont les valeurs dérivent du Prototype international du kilogramme) et les poids de classe E ₂ et inférieures. Les poids ou séries de poids de classe E ₁ doivent toujours être accompagnés d'un certificat d'étalonnage. Weights intended to ensure traceability between national mass standards (with values derived from the International Prototype of the kilogram) and weights of class E ₂ and lower. Class E ₁ weights or weight sets shall be accompanied by a calibration certificate.
E ₂	Poids destinés à être utilisés pour l'étalonnage des poids de classe F ₁ et destinés à être utilisés pour vérifier les instruments de pesage de classe I. Les poids ou séries de poids de classe E ₂ doivent toujours être accompagnés d'un certificat d'étalonnage. Ils peuvent être utilisés comme poids de classe E ₁ s'ils sont conformes aux exigences de rugosité de surface, de susceptibilité magnétique et d'aimantation pour les poids de classe E ₁ , et si leur certificat d'étalonnage fournit les données appropriées. Weights intended for use in the verification or calibration of class F ₁ weights and for use with weighing instruments of special accuracy class I. Class E ₂ weights or weight sets shall be accompanied by a calibration certificate. They may be used as class E ₁ weights if they comply with the requirements for surface roughness, magnetic susceptibility and magnetization for class E ₁ weights, and if their calibration certificate gives the appropriate data.
F ₁	Poids destinés à être utilisés pour étalonner des poids de classe F ₂ et destinés à être utilisés pour vérifier les balances de classes I et II. Les poids ou séries de poids de classe F ₁ doivent toujours être accompagnés d'un certificat d'étalonnage. Weights intended for use in the verification or calibration of class F ₂ weights and for use with weighing instruments of special accuracy class I and high accuracy class II.
F ₂	Poids destinés à être utilisés pour l'étalonnage des poids de classe M ₁ , et éventuellement M ₂ . Aussi destinés à être utilisés pour vérifier les balances de classe II pour les transactions commerciales importantes (ex. : pierres et métaux précieux). Weights intended for use in the verification or calibration of class M ₁ and possibly class M ₂ weights. Also intended for use in important commercial transactions (e.g. precious metals and stones) on weighing instruments of high accuracy class II.
M ₁	Poids destinés à être utilisés pour l'étalonnage des poids de classe M ₂ , et destinés à être utilisés pour vérifier les balances et bascules de classe III. Weights intended for use in the verification or calibration of class M ₂ weights, and for use with weighing instruments of medium accuracy class III.
M ₂	Poids destinés à être utilisés pour l'étalonnage des poids de classe M ₂ et destinés à être utilisés pour vérifier les balances de classe III pour transactions commerciales. Weights intended for use in the verification or calibration of class M ₂ weights and for use in general commercial transactions and with weighing instruments of medium accuracy class III.
M ₃	Destinés à être utilisés avec les balances et bascules de classe III et IIII. Weights intended for use with weighing instruments of medium accuracy class III and ordinary accuracy class IIII.
M ₁₋₂ et M ₂₋₃	Poids de 50 kg à 5 000 kg de précision inférieure destinés à être utilisés avec les ponts-basculés de classe III. Weights from 50 kg to 5,000 kg of lower accuracy intended for use with weighing instruments of medium accuracy class III.

3.3. Matériau

Les poids sont résistants à la corrosion. La qualité du matériau est telle qu'un changement de la masse du poids est négligeable par rapport aux erreurs maximales tolérées dans leur classe de précision (voir tableau 3) dans des conditions normales d'utilisation et la finalité pour laquelle ils sont utilisés.

3.4. Coffret

Les coffrets contenant les poids portent sur leur couvercle l'indication de leur classe sous la forme « E₁ », « E₂ », « F₁ », « F₂ », « M₁ ». Les poids individuels ou les séries de poids doivent être protégés contre les détériorations et les dommages dus aux chocs et aux vibrations. Ils sont contenus dans des coffrets en bois, en plastique ou en tout autre matériau approprié dans lesquels sont ménagées des cavités individuelles. Les parois du coffret doivent être suffisamment rigides pour que les déformations dues aux changements de pression de l'air ambiant, à la manipulation, aux chocs, etc, ne puissent se produire.

3.3. Material

Weights are corrosion resistant. The quality of the material is such that the change in the mass of the weights is negligible in relation to the maximum errors permitted in their accuracy class (see Table 3) under normal conditions of use and the purpose for which they are being used.

3.4. Case of transportation

Cases containing weights bear on the cover the indication for the accuracy of the class as "E₁", "E₂", "F₁", "F₂", "M₁". Individual weights and weights set must be protected against alteration and damage due to shock or vibration. They are contained in cases made of wood, plastic or any suitable material that has individual cavities. The walls of the box shall be sufficiently rigid that deformations due to changes in ambient air pressure, handling, shocks, etc., cannot occur.

3.5. Poids étalons de classes E₁ et E₂

La classe est indiquée sur le couvercle du coffret. Un poids de classe E ne doit pas porter de marquage à moins que le marque ne serve à le distinguer d'un autre poids de classe E, et à condition que la qualité de la surface et la stabilité du poids ne soient pas touchées par les marquages ou par le processus utilisé pour réaliser le marquage.

Les poids de classe E₂ peuvent porter un point décentré sur leur face supérieure pour les distinguer des poids E₁.

Pour un poids inférieur ou égal à 1 g, la dureté du matériau et sa résistance à l'usure doivent être similaires ou supérieures à celle d'un acier inoxydable austénitique.

Les moyens de manutention des poids doivent être d'une construction telle qu'ils ne puissent rayer ou modifier la surface du poids.

Ils sont massifs et exempts de cavités ouvertes vers l'atmosphère. Ils sont de construction intégrale c'est-à-dire constitués d'une seule pièce de matériau :

- forme, matière, cotes définies,
- pas de marque de valeur nominale,
- toujours monobloc,
- matière : acier inoxydable amagnétique,
- boîte de transport ou de conservation,
- manipulation à l'aide de gants ou d'une pince.

3.6. Poids étalons de classes F₁ et F₂

Les poids de classe F peuvent être constitués d'une ou de plusieurs pièces fabriquées à partir du même matériau. Les poids de 1 g à 50 kg de classe F peuvent avoir une cavité d'ajustage, dont le volume ne doit pas dépasser un quart du volume total du poids. La cavité est fermée au moyen d'un bouton de préhension ou par tout autre dispositif approprié.

La surface d'un poids supérieur ou égal à 1 g de classe F peut être traitée avec un revêtement métallique pour améliorer sa résistance à la corrosion et sa dureté.

Les moyens de manutention de poids doivent être d'une telle construction qu'ils ne puissent pas rayer ou modifier la surface du poids.

Les poids supérieurs ou égaux à 1 g ne portent, par brunissage ou gravure, que les chiffres indiquant leur valeur nominale (non suivis du symbole ou du nom de l'unité de mesure) :

- forme, matière, cotes définies,
- marque de la valeur nominale et lettre F (uniquement F₂) sans unité,
- monobloc ou avec cavité d'ajustage,
- matière : acier inoxydable amagnétique ou laiton chromé,
- boîte de transport ou de conservation,
- manipulation à l'aide de gants ou d'une pince.

3.7. Poids étalons de classe M₁

Ils doivent avoir une cavité d'ajustage. Pour ceux de 1 à 50 g, la cavité d'ajustage est optionnelle ; il est

3.5. Standards weights for classes E₁ and E₂

The class is indicated on the cover of the case. A class E weight should not be marked unless the markings are to distinguish it from another class E weight and provided that the surface quality and stability of the weight are not affected by the markings or by the process used to mark it.

Class E₂ weight may bear an off-centre point on the top surface to distinguish it from class E₁ weight.

For weights equal to or greater than 1 g, the hardness of this material and its resistance to wear shall be similar to or better than that of austenitic stainless steel.

Means of handling weights should be of such a construction that it does not scratch or change the weight surface.

They are solid without open cavity to atmosphere and made with a single piece of material:

- shape, material, defined sizes,
- no mark for the nominal value,
- always solid (single piece of material),
- material: non-magnetic stainless steel,
- transportation or storage case,
- handling with tweezers or gloves.

3.6. Standards weights for classes F₁ and F₂

Class F weights may consist of one or more pieces manufactured from the same material. Class F weights from 1 g to 50 kg may have an adjusting cavity. The volume of this cavity shall not exceed a quarter of the total volume of the weight. The cavity shall be closed either by means of a lifting knob or by any other suitable device.

The surface of class F weights greater than or equal to 1 g may be treated with a suitable metallic coating in order to improve their corrosion resistance and hardness.

Means of handling weights should be of such a construction that it does not scratch or change the weight surface.

Weights equal to or greater than 1 g bear, by burishing or engraving, the indication of their nominal value (not followed by the name or symbol of the unit):

- shape, material, defined sizes,
- marking for the nominal value and letter F (only F₂) without unit,
- solid or adjusting cavity,
- material: non magnetic stainless steel or coated brass,
- transportation or storage case,
- handling with tweezers or gloves.

3.7. Standards weights for class M₁ and M₂

Weights from 1 g to 10 g are solid, without an adjusting cavity. For weights from 20 g to 50 g an

cependant recommandé de fabriquer les poids de 1 à 10 g sans cavité d'ajustage. Les poids de 5 à 50 kg de la forme parallélépipède rectangle peuvent avoir une cavité d'ajustage construite. La cavité d'ajustage doit être fermée, soit par un bouchon vissé (portant une rainure de tournevis), soit par un disque en laiton ou en tout autre métal approprié (portant un trou de préhension central) ; le volume de celle-ci ne doit pas excéder un cinquième du volume total du poids :

- forme, matière, cotes définies,
- marque de la valeur nominale avec l'unité suivie de la lettre M,
- cavité d'ajustage scellée au plomb,
- matières : acier inoxydable, laiton, acier, fonte grise,
- forme cylindrique pour les poids de 10 kg à 1 mg,
- forme parallélépipédique pour les poids de 5, 10, 20 et 50 kg.

3.8. Poids étalons de classe M₂

Les poids de 100 g à 50 kg doivent avoir une cavité d'ajustage. Pour ceux de 20 et 50 g, la cavité d'ajustage est optionnelle. Les poids de 10 g et moins doivent être massifs sans cavité d'ajustage :

- forme, matière, cotes définies,
- marque de la valeur nominale avec l'unité,
- cavité d'ajustage scellée au plomb,
- matières : acier inoxydable, laiton, acier, fonte grise,
- forme cylindrique pour les poids de 20 kg à 100 mg,
- forme parallélépipédique pour les poids de 5, 10, 20 et 50 kg.

3.9. Alliages utilisés pour la fabrication des poids selon la R111

La composition de l'alliage est fournie par le fournisseur du poids en question.

La masse volumique du matériau constitutif du poids est telle qu'un écart de 10% de la masse volumique de l'air spécifié (1,2 kg/m³) ne provoque au plus qu'une erreur d'un quart de l'erreur maximale tolérée. Le *tableau 7* décrit leurs masses volumiques et incertitudes associés pour leur fabrication.

Tableau 7. Alliages utilisés pour la fabrication des poids selon la R111.

Alliage/matériau	Masse vol. admise	Incertitude (k = 2)
Laiton	8 400 kg/m ³	± 170 kg/m ³
Acier inoxydable	7 950 kg/m ³	± 140 kg/m ³
Acier ferreux	7 700 kg/m ³	± 200 kg/m ³
Fer	7 800 kg/m ³	± 200 kg/m ³
Fonte blanche	7 700 kg/m ³	± 400 kg/m ³
Fonte grise	7 100 kg/m ³	± 600 kg/m ³

3.10. Forme des poids inférieurs à 1 g

Les poids de 1 000 mg à 1 mg sont fabriqués à l'aide de fines feuilles ou de fils. Le *tableau 8* décrit leurs formes.

adjusting cavity is optional. Weights from 100 g to 50 kg have an adjusting cavity. However, the adjusting cavity is optional for weights from 20 g to 200 g that are made of stainless steel. The adjusting cavity is designed to prevent the accumulation of foreign matter or debris, to permit a secure cavity closure and to allow the cavity to be opened for additional adjustments. The volume of the adjusting cavity is not be greater than the quarter of the total volume of the weight:

- shape, material, defined sizes,
- marking for the nominal value with unit and letter M,
- adjusting cavity sealed with lead,
- materials: stainless steel, brass, carbon steel, iron cast (grey),
- cylindrical shape for weights from 10 kg to 1 mg,
- rectangular parallelepiped shape for 5, 10, 20 and 50 kg weights.

3.8. Standards weights for class M₂

Weights from 100 g to 50 kg have an adjusting cavity. However, the adjusting cavity is optional for weights from 20 g to 200 g. Ten-gram weights have made of solid block without adjusting cavity:

- shape, material, defined sizes,
- marking for the nominal value with unit,
- adjusting cavity sealed with lead,
- materials: stainless steel, brass, carbon steel, iron cast (grey),
- cylindrical shape for weights from 20 kg to 100 mg,
- rectangular parallelepiped shape for 5, 10, 20 and 50 kg weights.

3.9. Alloys used for the manufacturing of weights according to R111

The manufacturer is able to provide the type of alloy for the weight.

The density of the material used for weights is such that a deviation of 10% from the specified air density (1.2 kg/m³) does not produce an error exceeding one-quarter of the absolute value of the maximum permissible error. *Table 7* gives the densities and associated uncertainties for the manufacturing.

Table 7. List of alloys most commonly used for weights according R111.

Alloy/material	Assumed density	Uncertainty (k = 2)
Brass	8,400 kg/m ³	± 170 kg/m ³
Stainless steel	7,950 kg/m ³	± 140 kg/m ³
Carbon steel	7,700 kg/m ³	± 200 kg/m ³
Iron	7,800 kg/m ³	± 200 kg/m ³
Cast iron (white)	7,700 kg/m ³	± 400 kg/m ³
Cast iron (grey)	7,100 kg/m ³	± 600 kg/m ³

3.10. Shape of weights smaller than 1 g

Weights from 1,000 mg to 1 mg are made of thin sheets or wires. *Table 8* gives the acceptable shape.

Tableau 8. Forme des poids inférieures à 1 g.

Valeurs nominales (mg)	Feuilles polygonales	Fils
5 – 50 – 500 2 – 20 – 200 1 – 10 – 100 – 1000	Pentagone Carré Triangle	Pentagone ou 5 segments Carré ou 2 segments Triangle ou 1 segment

3.11. Valeurs maximales acceptables pour le marquage et l'identification

Il est de bonne pratique pour un utilisateur d'identifier clairement les poids individuels, car il contribue à lier le poids avec son certificat d'étalonnage ou son constat de vérification. Le marquage de l'utilisateur est composé de signes, chiffres ou lettres, de sorte qu'il n'y ait pas de confusion avec toute indication de valeur nominale ou de classe.

Les feuilles fines et les poids fils de 1 g à 1 mg ne portent aucune indication de valeur nominale ou de classe.

Les poids dupliqués (deux ou trois exemplaires) d'un jeu de poids sont différenciés par un astérisque ou un point au centre de la surface, à l'exception des poids fils qui sont différenciés par une ou deux extrémités recourbées.

Le *tableau 9* décrit leurs valeurs maximales acceptables pour le marquage et l'identification.

Tableau 9. Valeurs maximales acceptables pour le marquage et l'identification.

Classe	Valeur nominale	Hauteur du lettrage (mm)	Nbre max. signes, lettres ou chiffres
E ₁	≥ 1 g	2	3
E ₂	≥ 1 g	3	4
F ₁ à M ₂	1 g à 100 g	3	5
F ₁ à M ₂	200 g à 10 kg	5	5
F ₁ à M ₂	≥ 20 kg	7	5

4. CHOIX DES POIDS ÉTALONS EN FONCTION DE LA BALANCE

Le *tableau 10* permet de déterminer la classe de précision des poids étalons en fonction de la classe de précision de la balance ou son nombre d'échelons.

Tableau 10. Classe de précision des poids en fonction des balances.

Classe précision des poids étalons	Classe précision de la balance	Nbre échelons de la balance	Catégorie de la balance
E ₂	Classe I ou précision spéciale	au-delà de 100 000 échelons	Balance d'analyse avec chambre de pesée
F ₁	Classe II ou précision fine	jusqu'à 100 000 échelons	Balance de précision à plateau supérieur
M ₁	Classe III ou précision moyenne	jusqu'à 10 000 échelons	Balance/basculé industrielle

Table 8. Shape of weights smaller to 1 g.

Nominal values (mg)	Polygonal sheets	Wires
5 – 50 – 500 2 – 20 – 200 1 – 10 – 100 – 1000	Pentagon Square Triangle	Pentagon or 5 segments Square or 2 segments Triangle or 1 segment

3.11. Maximal permissible values for marking and identification

It is good practice for a user to clearly identify individual weights as it helps to link a weight to its calibration certificate or verification document. The user markings consist of signs, numbers or letters, such that there is no confusion with any indication of nominal value or class.

Polygonal sheets and wires weights from 1 g to 1 mg bear no indication of nominal value or class.

Duplicate or triplicate weights in a set are clearly distinguished by one or two asterisks or points on the centre of the surface, except for wire weights, which shall be distinguished by one or two hooks.

Table 9 gives maximal permissible values for marking and identification.

Table 9. Maximal permissible values for marking and identification.

Class	Nominal value	Height of the lettering (mm)	Maximum nb of signs, numerals or letters
E ₁	≥ 1 g	2	3
E ₂	≥ 1 g	3	4
F ₁ à M ₂	1 g to 100 g	3	5
F ₁ à M ₂	200 g to 10 kg	5	5
F ₁ à M ₂	≥ 20 kg	7	5

4. SELECTION OF STANDARDS WEIGHTS ACCORDING THE BALANCE

Table 10 allows determining the accuracy class of standards weights according the balance accuracy class or its number of scale intervals.

Table 10. Accuracy class of weights according to balances.

Accuracy class of the standards weights	Accuracy class of the balance	Number of scale intervals of the balance	Balance category
E ₂	Class I or special accuracy	over 100,000 scale intervals	Analytical balance with weighing chamber
F ₁	Class II or high accuracy	up to 100,000 scale intervals	Precision balance with top pan
M ₁	Class III or medium accuracy	up to 10,000 scale intervals	Industrial balance/scale

5. ENTRETIEN, UTILISATION ET MANUTENTION DES POIDS

5.1. Manipulation des poids

Les poids doivent être manipulés verticalement (de haut en bas). Il ne faut jamais les pousser sur le plateau de la balance, ni les faire glisser : cela risque de provoquer une usure prématurée, donc une variation de masse.

Il est très important de veiller à la propreté des poids. Ils doivent être :

- manipulés à l'aide de gants ou de pinces métalliques amagnétiques protégées (poids de classe E et F),
- conservés de façon à ce qu'ils restent propres.

Utiliser des pinces métalliques amagnétiques (E et F) protégées ou des gants pour éviter les rayures, des pinces en plastique chargé au carbone pour éviter l'électricité statique.

Avant de les utiliser, ôter la poussière et toute particule étrangère. Veiller à ne pas modifier l'état de surface du poids (exemple : création de rayures).

Ne déposez jamais un poids sur une surface sale. Cette salissure peut se coller au-dessous et augmenter la masse, sans parler du risque de contamination croisée lors de la vérification de balances de différents services.

5.2. Nettoyage ou « dépolissage »

Il faut distinguer :

- le nettoyage avec un alcool ou de la vapeur d'eau (méthode du BIPM) qui va altérer la masse du poids,
- le nettoyage ou dépolissage à l'aide d'un pinceau, de papier optique ne va pas, en principe, altérer la masse du poids.

Ce dernier nettoyage doit se faire systématiquement quand on sort le poids de son coffret, car les poids peut être recouvert de particules de feutrine ou de mousse garnissant le coffret. Vérifiez la propreté intérieure de vos coffrets à l'aide d'air comprimé sec pour enlever les particules qui peuvent se coller au poids.

Si, malgré ces précautions, il est nécessaire de nettoyer les poids avant de commencer des mesures (ce qui va provoquer une perte de traçabilité – en principe étalonnage ou nettoyage avant et après), il faut veiller à ce que le processus de nettoyage ne provoque aucune modification de masse. Le processus de nettoyage ne doit enlever aucune quantité significative de matière.

Quand un poids est recouvert d'une quantité significative de poussière et qu'elle ne peut être ôtée avec un chiffon sec, un pinceau doux ou du papier optique, le poids ou une partie seulement peut être nettoyé avec de l'alcool, de l'eau distillée ou d'autres solvants. Un poids avec cavité interne ne doit pas être immergé dans le solvant pour éviter la possibilité qu'un liquide pénètre par l'ouverture.

5. CLEANING, USE AND WEIGHTS HANDLING

5.1. Weighing handling

Weights must be handled vertically (top to bottom). Never push the weights on the balance pan, nor glide over: this may create a premature wear then a mass deviation.

It is very important to ensure the weights cleanliness. They must be:

- handled with gloves or protected metallic non magnetic tweezers (class E and F weights),
- stored with a manner they stay clean.

Use protected metallic non-magnetic tweezers (class E and F weights) or gloves to avoid scratches. Tweezers made of plastic with carbon avoid statics.

Before to use them, remove dust and all foreign particles. Ensure to not modify the surface quality of the weight (e.g. creation of scratches).

Never place a weight on a dirty surface. This dirt may stick below and increase the mass, not to mention the risk of cross contamination during the balance routine control of different services.

5.2. Cleaning or "dust removal"

One must distinguish:

- the cleaning with alcohol or water vapour (BIPM method) that affects the mass of the weight,
- the cleaning or the dust removal with a brush, optical paper will not affect as principle, the mass of the weight.

This last must be done systematically when the weight is removed from its case, because weights can be covered with felt particles or foam garnishing the case. Check the internal cleanliness of your cases, with dry compressed air in order to remove the particles that may stick the weight surface.

If despite these cautions, it is necessary to clean the weights before the measurements start (this may create a traceability loss – as principle a calibration or cleaning before and after is requested), ensure that the cleaning process does not affect the mass value. The cleaning process must not remove any significant quantity of material.

When a weight is covered by a significant quantity of dust and if it is impossible to remove with a dry cloth, a soft brush or optical paper, the weight or a part of it only may be cleaned with alcohol, distilled water or other solvents. A weight with adjustment cavity must not be immersed in the solvent in order to avoid the possibility that a liquid get in by the opening.

5.3. Stabilisation après nettoyage

Une fois le poids nettoyé avec un solvant, il doit être stabilisé en respectant les durées du *tableau 11*.

Tableau 11. Durée de stabilisation après nettoyage.

Classe des poids	E ₁	E ₂	F ₁	F ₂ à M ₃
Après nettoyage à l'alcool	7-10 j	3-6 j	1-2 j	1 h
Après nettoyage eau distillée	4-6 j	2-3 j	1 j	1 h

5.4. Pellicule d'oxydation

Dans la *figure 37*, on voit que la trace d'une empreinte digitale laissée sur la surface d'un poids provoque une augmentation de 43 µg : (1) le dépôt du sébum crée une augmentation de la masse, (2b) à long terme, la masse continue d'augmenter (3) la masse est en dehors des tolérances de la classe E₁, (4) un nettoyage manuel à l'alcool réduit le dépôt, (5) une procédure complète de nettoyage enlève la saleté, la graisse et la pellicule d'oxydation, (6) la pellicule d'oxydation se reforme, la masse augmente pour revenir à la valeur d'origine, (7) le poids est à nouveau conforme.

Ne jamais manipuler un poids à doigts nus, utiliser des moyens de préhension adaptés comme une paire de pinces, une fourche, une poignée, des gants exempts de graisse.

5.5. Stabilisation thermique

Les poids doivent être à la même température que celle du local où se trouve la balance.

Avant de tester la balance, les poids doivent être acclimatés aux conditions ambiantes. Les poids E₁, E₂ et F₁ doivent être à la même température que celle de la zone de pesée tout particulièrement.

La durée minimale obligatoire pour la stabilisation en température (selon la taille du poids, la classe et selon la différence entre la température initiale des poids et celle du laboratoire) est indiquée dans le *tableau 12*. En règle générale, une durée de 24 h est recommandée.

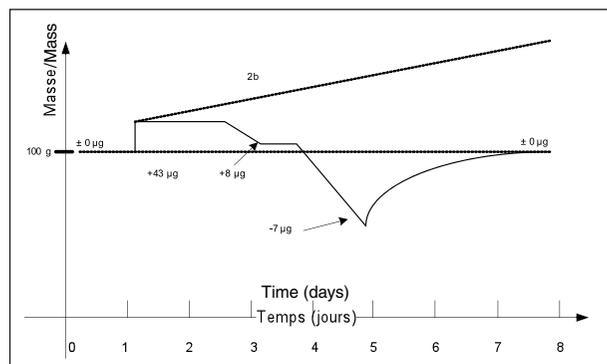


Figure 37. Variation de la masse.
Figure 37. Mass deviation.

5.3. Stabilisation after cleaning

After weights are cleaned with solvents they must be stabilized for the times given in the *Table 11*.

Table 11. Duration of the stabilisation after cleaning.

Weight class	E ₁	E ₂	F ₁	F ₂ to M ₃
After cleaning with alcohol	7-10 d	3-6 d	1-2 d	1 h
After cleaning with distilled water	4-6 d	2-3 d	1 d	1 h

5.4. Oxide layer

In *Figure 37*, one see the trace of a fingerprint of the weight surface create a mass increase of 43 µg: (1) the grease creates a mass increase, (2b) long term, the mass continue to increase, (3) the mass is outside the tolerances limits of class E₁, (4) a manual cleaning with alcohol reduces the deposit, (5) a complete cleaning process removes the dirt, grease and the oxide layer, (6) the oxide layer comes back, the mass increases in order to come back to the origin value, (7) the weight is compliant again.

Never handle a weight with bare hands, always use adapted handling equipments as tweezers, fork, handles, gloves free from grease.

5.5. Thermal stabilisation

Weights must have the same temperature as the room temperature where is located the balance.

Prior to performing any calibration tests, the weights need to be acclimated to the ambient conditions of the laboratory. In particular, weights of classes E₁, E₂ and F₁ should be close to the temperature in the weighing area.

The mandatory minimum times required for temperature stabilization (depending on weight size, weight class and on the difference between the initial temperature of the weights and the room temperature in the laboratory) are shown in *Table 12*. As a practical guideline, a waiting time of 24 h is recommended.



Figure 38. Manipulation d'un poids.
Figure 38. Weight handling.

Tableau 12. Durée de la stabilisation thermique (en h).
Table 12. Duration of the thermal stabilisation (in h).

ΔT^*	Valeur nominale Nominal value	E_1	E_2	F_1	F_2	ΔT^*	Valeur nominale Nominal value	E_1	E_2	F_1	F_2
$\pm 2^\circ\text{C}$	10, 20, 50 kg	27	10	1	0,5	$\pm 0,5^\circ\text{C}$	10, 20, 50 kg	11	1	0,5	0,5
	1, 2, 5 kg	12	5	1	0,5		1, 2, 5 kg	7	1	0,5	0,5
	100, 200, 500 g	5	3	1	0,5		100, 200, 500 g	3	1	0,5	0,5
	10, 20, 50 g	2	1	1	0,5		< 100 g	1	0,5	0,5	0,5
	< 10 g	2	1	0,5	0,5						
$\pm 20^\circ\text{C}$	10, 20, 50 kg	45	27	12	3	$\pm 5^\circ\text{C}$	10, 20, 50 kg	36	18	4	1
	1, 2, 5 kg	18	12	6	2		1, 2, 5 kg	15	8	3	1
	100, 200, 500 g	8	5	3	1		100, 200, 500 g	6	4	2	0,5
	10, 20, 50 g	2	2	1	1		10, 20, 50 g	2	1	1	0,5
	< 10 g	1	1	1	0,5		< 10 g	0,5	0,5	0,5	0,5

*Différence initiale entre la température du poids et celle du laboratoire / Initial difference between the weight temperature and the room temperature.

6. LE CERTIFICAT D'ÉTALONNAGE

6.1. Le document

En première page, le certificat d'étalonnage porte au moins les renseignements suivants :

- le nom, adresse et numéro d'accréditation de l'organisme ayant délivré le certificat,
- le cachet de l'organisme ayant délivré l'accréditation,
- le numéro du certificat,
- le nom du destinataire du certificat,
- la désignation et le numéro de série du matériel certifié,
- la date et le nombre de pages du certificat,
- le nom du signataire du certificat.

Le tableau de résultats des mesures comporte les renseignements suivants :

- l'identification et la valeur nominale du poids M_0 ,
- la valeur de la masse exprimée en masse conventionnelle M_C ,
- l'incertitude de mesure U .

Une annexe peut faire partie du certificat ; elle n'est pas couverte par l'accréditation. Dans un certificat émis par Mettler-Toledo Suisse, on trouve la classe de précision et la date du prochain étalonnage.

6.2. L'accord EA

Les poids étalons doivent être certifiés par un service d'étalonnage national, signataire de l'accord de reconnaissance multilatéral EA (European Cooperation for Accreditation of Laboratories) sur l'équivalence des certificats d'étalonnage.

La politique de Bruxelles engage les organismes d'accréditation de à se rapprocher pour former des sortes de « clubs ». Le but de l'EA est de s'efforcer d'harmoniser les pratiques de l'accréditation des laboratoires dans les pays d'Europe de l'Ouest.

Pour que l'organisme d'accréditation d'un pays fasse partie de ce « club » appelé accord multilatéral (MLA, *multilateral agreement*), il doit se soumettre à

6. CALIBRATION CERTIFICATE

6.1. The document

On first page, the calibration certificate bears at least the following information's:

- the name, address and accreditation number of the organism having issued the certificate,
- the seal of the organism having issued the accreditation,
- the certificate number,
- the name of the recipient of the certificate,
- the designation and the serial number of the equipment certified,
- the date and the number of pages of the certificate,
- the name of the signatory of the certificate.

The table of measurement results includes the following information:

- identification and the nominal value of the weight M_0 ,
- the value of the mass expressed in conventional mass M_C ,
- the uncertainty of measurement U .

An annex can be part of the certificate; it is not an official part. With the Mettler-Toledo Swiss certificate, we find there the accuracy class and the date for the next calibration.

6.2. EA agreement

The standards weights must be certified by a calibration laboratory accredited by a national calibration service, signatory of the multilateral agreement EA (European Cooperation for Accreditation of Laboratories) on the equivalence of the certificates of calibration. According to this agreement, a certificate issued by one the signatories is valid in all countries of the signatories.

The politics of Brussels commits the organisms of accreditation to come closer to form ways of "clubs". The goal of EA is to endeavour to harmonize the practices of the accreditation of the laboratories in the countries, at present, of Western Europe.

So that the organism of accreditation of a country is part of this "club" named multilateral agreement, it must submit to an audit done by its European equals.

un audit effectué par ses pairs européens. Actuellement, plus de seize pays ont souscrit à ce MLA.

L'intérêt de cet accord pour un laboratoire est d'avoir une reconnaissance européenne des certificats d'étalonnage qu'il émet. Un certificat d'étalonnage revêtu du logo d'un des organismes d'accréditation a ainsi la même force probante parmi les signataires du MLA.

6.3. Certificat des poids de classe E₁

Le certificat des poids E₁ mentionne les valeurs de la masse conventionnelle, l'incertitude et la masse volumique ou le volume de chaque poids. Le certificat indiquera en plus si la masse volumique ou le volume a été mesuré ou estimé.

La détermination de la masse volumique ou du volume est à faire uniquement lors du premier étalonnage et ceci pour les poids de valeur nominale supérieure ou égale à 1 g.

6.4. Certificat des poids de classe E₂

Le certificat des poids de classe E₂ mentionne au moins :

- la valeur de la masse conventionnelle de chaque poids et l'incertitude, ou
- les informations requises pour les certificats des poids de classe E₁.

La masse volumique est celle donnée par le fabricant des poids ou celle indiquée dans le *tableau 7*. Il n'est pas nécessaire de réaliser un étalonnage en masse volumique pour cette classe.

7. UTILISATION DES POIDS ÉTALONS

7.1. Conditions de conservation

Il est recommandé de conserver les poids étalons à l'abri de la poussière, dans un local régulé en température et en humidité relative.

À l'abri de la poussière : l'accumulation de la poussière sur un étalon augmente sa masse et crée une source d'erreur systématique difficile à quantifier. Le seul remède consiste à conserver les poids étalons dans une boîte, meuble ou tout autre emballage clos, où la poussière ne peut s'infiltrer.

Avantage d'une régulation en température (20 ± 2°C) : conserver les étalons dans un local régulé permet d'éviter au cours de leur utilisation une circulation d'air nuisible à la stabilité d'indication de la balance [4].

Avantage d'une régulation en humidité (< 50 ± 5%) : l'humidité de l'air (> 60%) engendre une oxydation sur la surface du métal provoquant une variation de masse et créant ainsi une autre source d'erreur systématique difficile à quantifier.

7.2. Conditions de manipulation

Les étalons sont manipulés à l'aide d'outils de manutention non métalliques appropriés (pinces,

Currently sixteen countries are part of this agreement named MLA (multilateral agreement).

The interest of this agreement for a laboratory, it is to have a European recognition of the calibration certificates that it gives out. A calibration certificate bearing the logo of one of the accreditation organisms, has the same conclusive strength thus among the signatories of the MLA.

6.3. Class E₁ weights certificate

The certificate of E₁ weights gives the values for the conventional mass, the uncertainty, and the density or volume for each weight. The certificate gives also the measured or estimated density or volume.

The determination of the density or volume has to be carried out only during the first calibration and this for weights with a nominal value larger or equal to 1 g.

6.4. Class E₂ weights certificate

The certificate of E₂ weights gives at least:

- the value of the conventional mass for each weight and the uncertainty, or
- the requested information the class E₁ weights certificates.

The density is the one given by the weights manufacturer or the one given in the *Table 7*. It is not necessary to carry out a density calibration for this class.

7. USE OF STANDARDS WEIGHTS

7.1. Conditions for the storage

It is recommended to store the standards weights, free from dust, in a temperature and relative humidity controlled room.

Free from dust: the dust accumulation on a standard increases its mass and creates a difficult systematic error source to quantify. The only solution consists in keeping the standards weights in a provided box or all other pre-packages, where the dust is not able to seep into.

The advantage of a temperature regulation (20 ± 2°C): keep the standards in a controlled room allows to avoid during their use, a harmful air circulation to the stability of the balance indication [4].

The advantage of a humidity regulation (< 50 ± 5%): the air moisture (> 60%) generates an oxidation on the metal surface creating a mass change and creating thus another source of difficult systematic error to quantify.

7.2. Conditions for the handling

Weights are handled with suitable non-metallic tools of handling (tweezers, pitchforks, and skin or

fourches, gants en peau ou en coton, élingues). Une manipulation à doigts nus laisse un dépôt de sébum qui oxydera la surface de l'étalon.

7.3. Critères de déclassement

Les critères de déclassement portent sur :

- l'état général de l'étalon (rayures, traces de chocs, oxydation) ;
- la valeur de l'écart supérieur aux incertitudes entre deux étalonnages.

7.4. Périodicité d'étalonnage

Un poids varie peu dans le temps. Les raisons de son usure proviennent essentiellement de son utilisation et de sa conservation.

Le paragraphe précédent montre comment on conservera un étalon ; l'évolution de sa valeur est donc proportionnelle à son utilisation. Cette évolution est calculée par l'écart de la valeur du poids d'un certificat d'étalonnage à l'autre en comparant avec la valeur de l'incertitude de mesure.

Il importe de déterminer une période d'étalonnage courte (exemple : douze mois), puis en fonction du calcul d'écart de l'augmenter ou de la raccourcir.

Un usage permet de conserver pendant cinq années, sans nouvel étalonnage, les étalons de référence et durant une année les étalons de travail. Dans les deux cas, il est préférable de se baser sur des données techniques plutôt que sur usage non reconnu par les différents organismes certificateurs.

7.5. Raccordement interne des étalons de travail

Il est possible de limiter le raccordement de tous les étalons de travail auprès d'un laboratoire accrédité. Les moyens à mettre en place pour cela sont :

- une méthode de travail, un environnement et une incertitude appropriés ;
- un comparateur de masses (fonction des valeurs nominales des étalons de travail) ;
- une série d'étalons de référence raccordés aux étalons nationaux (fonction des valeurs nominales des étalons de travail).

8. CLASSEMENT DES POIDS ÉTALONS SUIVANT LA RECOMMANDATION OIML R111

La classe de précision d'un poids peut être indiquée dans le constat de vérification joint au certificat d'étalonnage.

Selon la recommandation R111 de l'OIML, deux critères sont retenus pour décider de la conformité d'un poids de valeur nominale m_0 et d'erreur maximale tolérée δ_m :

- l'incertitude d'étalonnage doit respecter l'inégalité $U_{(k=2)} \leq \delta_m/3$ (dans la circulaire masse de 1992, en cours de révision pour être conforme à l'OIML, le rapport est $U \leq \delta_m/2$),

cotton gloves free of grease, slings). A handling, with naked fingers, lets a deposit of sebum that will oxidise the weight surface.

7.3. Declassification criteria

The declassification criteria's concerns:

- the general state of the weight (scratches, traces of shocks, oxidation),
- the value of the deviation greater than the uncertainties between two calibrations.

7.4. Calibration interval

A weight varies little in the time. The reasons of its abrasion come from essentially its utilisation and its storage.

The previous chapter shows how to store a weight; the evolution of its value is therefore proportional to the use. This evolution is calculated by the deviation of the mass value from a calibration certificate to the other by comparing with the value of the uncertainty measurement.

It imports to determine a short period of calibration (e.g. twelve months), then according to the deviation calculation, increase or decrease it.

A use allows keeping during five years, without new calibration, the reference standards and during one year the working standards. In both cases, it is better to take as a basis according to technical data rather than a use not recognised by the different inspection organisms.

7.5. Internal traceability of the working standards

It is possible to limit the traceability of all working standards by an accredited laboratory. The means to set up for it are:

- an operating mode, an environment and an uncertainty appropriated;
- a mass comparator (according to nominal values of the working standards);
- a set of reference standards traceable to the national standards (according to nominal values of the working standards).

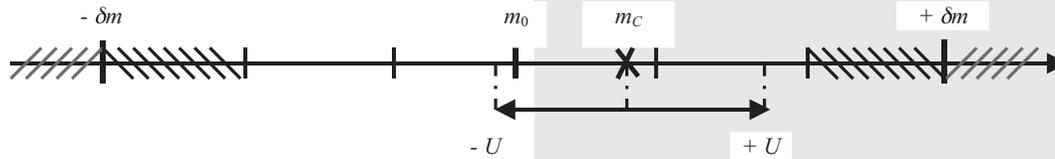
8. CLASSIFICATION OF STANDARDS WEIGHTS ACCORDING TO OIML R111 RECOMMENDATION

The accuracy class of the weight may be indicated in the verification report issued with the calibration certificate.

According to OIML R111 recommendation, two criteria are given to decide the compliance of a weight with the nominal value m_0 and the maximum permissible error δ_m :

- the calibration uncertainty must fulfil the inequality $U_{(k=2)} \leq \delta_m/3$ (in the 1992 mass circular, in progress for an update in order to comply with OIML, the ratio is $U \leq \delta_m/2$),

- l'ajustage du poids doit aussi respecter l'inégalité (équation 1).



Note : le classement consiste à s'assurer que l'écart entre la masse conventionnelle m_c et la valeur nominale de la masse m_0 ne soit pas supérieur à la valeur de la différence erreur maximale tolérée δ_m moins incertitude U :

$$m_0 - (\delta_m - U) \leq m_c \leq m_0 + (\delta_m - U) \quad \text{Eq. 1}$$

ou plus simplement: $|m_c - m_0| \leq \delta_m - U$.

Les erreurs maximales tolérées (emt, δ_m) sont prises égales à celles correspondant aux classes de précision définies dans le tableau de l'annexe 3.

Remarques :

1) Le classement permet de choisir le poids étalon à utiliser en fonction de la classe de l'instrument à vérifier et de son nombre d'échelons de vérification (e) :

- balance de classe I (balance d'analyse) → poids étalons de classe E_2 ,
- balance de classe II (balance de précision) → poids étalons de classe F_1 ,
- balance de classe III (balance industrielle) → poids étalons de classe M_1 .

2) Utiliser un poids classé ne nécessite pas de tenir compte de son erreur (différence entre la masse conventionnelle m_c et la valeur nominale m_0).

3) Le classement permet une éventuelle évolution de la masse dans le temps, ainsi la pérennité est prise en compte.

L'annexe 2 propose un exemple de calcul pour le classement d'un poids.

- the weight adjustment must fulfil the inequality (Equation 1).

Nota: the classification consists in insuring that the deviation between the conventional mass m_c and the nominal value m_0 of the mass must not be greater than the value of the difference: maximal permissible error δ_m minus uncertainty U :

$$m_0 - (\delta_m - U) \leq m_c \leq m_0 + (\delta_m - U) \quad \text{Eq. 1}$$

or simpler: $|m_c - m_0| \leq \delta_m - U$.

The maximal permissible errors (mpe, δ_m) are taken equal to those corresponding to the definite accuracy class in the table of appendix 3.

Remarks:

1) The classification allows choosing the standard weight to use according to the class of the instrument to verify and of its number of verification scale interval (e):

- balance of class I (analytical balance) → standards weights of class E_2 ,
- balance of class II (precision balance) → standards weights of class F_1 ,
- balance of class III (industrial balance) → standards weights of class M_1 .

2) Use a classified weight doesn't require taking into account its error (difference between the conventional mass m_c and the nominal value m_0).

3) The classification allows an eventual evolution of the mass during time, and then the durability is taken into account.

Appendix 2 gives an example of calculation for weight classification.

Annexe 1 – Exemple de calcul de correction aérostatique

Marche à suivre pour la détermination de la correction aérostatique

1. Détermination de la masse volumique de l'air

$$a \approx [0,348444 \cdot p - (0,00252 \cdot t - 0,20582) \cdot h]/273,15 + t$$

avec a la masse volumique de l'air en kg/m^3 , p la pression atmosphérique de l'air en hPa (hectopascal), t la température de l'air en $^{\circ}\text{C}$, h l'humidité relative de l'air en %.

2. Correction de la poussée aérostatique dans l'air

$$m \approx R \cdot [1 - \{a/(8\,000 \text{ kg} \cdot \text{m}^3)\}/1 - (a/\rho)]$$

avec m la masse, R l'affichage de la balance et ρ la masse volumique du produit à peser en kg/m^3 .

L'exemple ci-dessous concerne la pesée d'un objet en aluminium.

1. Mesures

- Affichage de la balance : 200,0000 g.
- Pression atmosphérique : 1 018 hPa.
- Taux d'humidité relative : 70%.
- Température : 20 $^{\circ}\text{C}$.
- Masse volumique de l'aluminium : 2 600 kg/m^3 .

2. Calcul de la masse volumique de l'air

$$a \approx [0,348444 \cdot 1018 - (0,00252 \cdot 20 - 0,20582) \cdot 70]/273,15 + 20$$

$$\Leftrightarrow a \approx 1,2029 \text{ kg}/\text{m}^3$$

3. Calcul de la correction aérostatique

$$m \approx 200,0000 \cdot [1 - \{1,2029/8\,000\}/1 - \{1,2029/2\,600\}]$$

$$\approx 200,0625 \text{ g}$$

Annexe 2 – Exemple de calcul pour le classement d'un poids

Valeurs indiquées dans le certificat d'étalonnage émis par un laboratoire accrédité externe (ou résultat de l'étalonnage effectué en interne) :

- valeur nominale : $m_o = 200 \text{ g}$
- masse conventionnelle : $m_c = 199,999591 \text{ g}$
- incertitude de mesure : $U = \pm 0,000109 \text{ g}$

Rappel :

- premier critère à respecter : $U_{(k=2)} \leq \delta_m/3$
- second critère à respecter : $m_o - (\delta_m - U) \leq m_c \leq m_o + (\delta_m - U)$

1. Classement en E_2

$$\delta_m = \pm 0,0003 \text{ g (emt ou } \delta_m \text{ de la classe } E_2)$$

$$\text{Premier critère à respecter : } U \leq \delta_m/3$$

$$\pm 0,000109 \text{ g} \leq \pm 0,0003/3 = \pm 0,0001 \text{ g}$$

Ce critère n'est pas respecté, le poids ne peut pas être classé en E_2 .

Appendix 1 – Example of air buoyancy calculation

Procedure to determine the buoyancy correction

1. Calculate air density with this formula:

$$a \approx [0,348444 \cdot p - (0,00252 \cdot t - 0,20582) \cdot h]/273,15 + t$$

where a is the air density in kg/m^3 , p the atmospheric pressure in hPa (hecto Pascal), t the temperature in $^{\circ}\text{C}$, h the relative atmospheric humidity in %.

2. Calculate the air buoyancy correction with this formula

$$m \approx R \cdot [1 - \{a/(8,000 \text{ kg} \cdot \text{m}^3)\}/1 - (a/\rho)]$$

where m is the mass in kg, R the balance display in kg and ρ the density of weighing sample in kg/m^3 .

The example below concerns the weighing of a piece of metal made of aluminium.

1. Measurements

- The balance is displaying 200.0000 g.
- The atmospheric pressure is 1,018 hPa.
- The relative humidity is 70%.
- The temperature is 20 $^{\circ}\text{C}$.
- Aluminium density: 2,600 kg/m^3 .

2. Air density calculation

$$a \approx [0,348444 \cdot 1018 - (0,00252 \cdot 20 - 0,20582) \cdot 70]/273,15 + 20$$

$$\Leftrightarrow a \approx 1.2029 \text{ kg}/\text{m}^3$$

3. Calculation of the buoyancy correction

$$m \approx 200.0000 \cdot [1 - \{1.2029/8\,000\}/1 - \{1.2029/2\,600\}]$$

$$\approx 200.0625 \text{ g}$$

Appendix 2 – Example of calculation for a weight classification

Value indicated in the calibration certificate issued by an external laboratory (or result of an internal calibration):

- nominal value: $m_o = 200 \text{ g}$
- conventional mass: $m_c = 199,999591 \text{ g}$
- measurement uncertainty: $U = \pm 0,000109 \text{ g}$

Reminder:

- first criteria to fulfil: $U_{(k=2)} \leq \delta_m/3$
- second criteria to fulfil: $m_o - (\delta_m - U) \leq m_c \leq m_o + (\delta_m - U)$

1. E_2 classification

$$\delta_m = \pm 0,0003 \text{ g (mpe or } \delta_m \text{ for the class } E_2)$$

$$\text{First criterion: } U \leq \delta_m/3$$

$$\pm 0,000109 \text{ g} \leq \pm 0,0003/3 = \pm 0,0001 \text{ g}$$

This criterion is not fulfilled; the weight cannot be classified as E_2 .

Second critère à respecter :

$$m_o - (\delta_m - U) \leq m_c \leq m_o + (\delta_m - U)$$

$$200 - (0,0003 - 0,000109) \leq 199,999591 \leq 200 + (0,0003 - 0,000109)$$

$$199,999809 \text{ g} \leq 199,999591 \text{ g} \leq 200,000191 \text{ g}$$

Ce critère n'est pas respecté, le poids ne peut pas être classé en E₂.

Décision : les deux critères ne sont pas respectés, le poids ne peut pas être classé en E₂.

2. Classement en F₁

$$\delta_m = \pm 0,001 \text{ g (emt ou } \delta_m \text{ de la classe F}_1\text{)}$$

Premier critère à respecter : $U \leq \delta_m/3$
 $\pm 0,000109 \text{ g} \leq \pm 0,001/3 = \pm 0,0003 \text{ g}$

Ce critère est respecté, le poids peut être classé en F₁.

Second critère à respecter :

$$m_o - (\delta_m - U) \leq m_c \leq m_o + (\delta_m - U)$$

$$200 - (0,001 - 0,000109) \leq 199,999591 \leq 200 + (0,001 - 0,000109)$$

$$199,999109 \text{ g} \leq 199,999591 \text{ g} \leq 200,000891 \text{ g}$$

Ce second critère est respecté, le poids peut être classé en F₁.

Décision : les deux critères sont respectés, le poids peut être classé en F₁.

3. Conformité

Pour la conformité finale, il faudra aussi veiller à ce que la forme, le matériau, les dimensions et les informations portées sur la surface correspondent aux exigences de la R111.

Second criterion:

$$m_o - (\delta_m - U) \leq m_c \leq m_o + (\delta_m - U)$$

$$200 - (0,0003 - 0,000109) \leq 199,999591 \leq 200 + (0,0003 - 0,000109)$$

$$199,999809 \text{ g} \leq 199,999591 \text{ g} \leq 200,000191 \text{ g}$$

This criterion is not fulfilled; the weight cannot be classified as E₂.

Decision: the two criteria are not respected; the weight cannot be classified as E₂.

2. F₁ classification

$$\delta_m = \pm 0,001 \text{ g (mpe or } \delta_m \text{ for the class F}_1\text{)}$$

First criterion: $U \leq \delta_m/3$
 $\pm 0,000109 \text{ g} \leq \pm 0,001/3 = \pm 0,0003 \text{ g}$

This criterion is fulfilled; the weight can be classified as F₁.

Second criterion:

$$m_o - (\delta_m - U) \leq m_c \leq m_o + (\delta_m - U)$$

$$200 - (0,001 - 0,000109) \leq 199,999591 \leq 200 + (0,001 - 0,000109)$$

$$199,999109 \text{ g} \leq 199,999591 \text{ g} \leq 200,000891 \text{ g}$$

This second criterion is fulfilled; the weight can be classified as F₁.

Decision: the two criteria are respected; the weight can be classified as F₁.

3. Compliance

For the final compliance, it is necessary to ensure that shape, material, sizes and information on the weight surface correspond to requirements of R111 and local regulation.

Annexe 3 – Tableau du décret 75-312 du 9 avril 1975 Appendix 3 – Table of the decree 75-312 of April 9, 1975

Les valeurs du tableau sont issues de la recommandation OIML R111, version 1994.
The values presented in this table are issued in the OIML R111 recommendation, version 1994.

Valeur nominale Nominal value	E ₁	E ₂	F ₁	F ₂	M ₁	M ₂	M ₃
50 kg	± 25 mg	± 75 mg	± 250 mg	± 0,75 g	± 2,5 g	± 8 g	± 25 g
20 kg	± 10 mg	± 30 mg	± 100 mg	± 0,3 g	± 1 g	± 3,2 g	± 10 g
10 kg	± 5 mg	± 15 mg	± 50 mg	± 0,15 g	± 0,5 g	± 1,6 g	± 5 g
5 kg	± 2,5 mg	± 7,5 mg	± 25 mg	± 75 mg	± 0,25 g	± 0,8 g	± 2,5 g
2 kg	± 1,0 mg	± 3,0 mg	± 10 mg	± 30 mg	± 0,1 g	± 0,4 g	± 1 g
1 kg	± 500 µg	± 1,5 mg	± 5 mg	± 15 mg	± 50 mg	± 0,2 g	± 0,5 g
500 g	± 250 µg	± 750 µg	± 2,5 mg	± 7,5 mg	± 25 mg	± 0,1 g	± 0,3 g
200 g	± 100 µg	± 300 µg	± 1,0 mg	± 3,0 mg	± 10 mg	± 50 mg	± 0,1 g
100 g	± 50 µg	± 150 µg	± 500 µg	± 1,5 mg	± 5 mg	± 30 mg	± 0,1 g
50 g	± 30 µg	± 100 µg	± 300 µg	± 1,0 mg	± 3,0 mg	± 30 mg	± 0,1 g
20 g	± 25 µg	± 80 µg	± 250 µg	± 0,8 mg	± 2,5 mg	± 20 mg	± 0,05 g
10 g	± 20 µg	± 60 µg	± 200 µg	± 0,6 mg	± 2,0 mg	± 20 mg	± 0,05 g
5 g	± 15 µg	± 50 µg	± 150 µg	± 500 µg	± 1,5 mg	± 10 mg	± 0,05 g
2 g	± 12 µg	± 40 µg	± 120 µg	± 400 µg	± 1,2 mg	± 5 mg	
1 g	± 10 µg	± 30 µg	± 100 µg	± 300 µg	± 1,0 mg	± 5 mg	
500 mg	± 8 µg	± 25 µg	± 80 µg	± 250 µg	± 0,8 mg	± 5 mg	
200 mg	± 6 µg	± 20 µg	± 60 µg	± 200 µg	± 0,6 mg	± 4 mg	
100 mg	± 5 µg	± 15 µg	± 50 µg	± 150 µg	± 0,5 mg	± 3 mg	
50 mg	± 4 µg	± 12 µg	± 40 µg	± 120 µg	± 0,4 mg		
20 mg	± 3 µg	± 10 µg	± 30 µg	± 120 µg	± 0,3 mg		
10 mg	± 2 µg	± 8 µg	± 25 µg	± 100 µg	± 0,25 mg		
5 mg	± 2 µg	± 6 µg	± 20 µg	± 60 µg	± 0,20 mg		
2 mg	± 2 µg	± 6 µg	± 20 µg	± 60 µg	± 0,20 mg		
1 mg	± 2 µg	± 6 µg	± 20 µg	± 60 µg	± 0,20 mg		

Remarque : pas de poids étalons > 50 kg, au-delà, il s'agit de masses étalons.
Remark: no standards weights > 50 kg, for other values, it is standards masses.

Annexe 4 – Tolérances pour les poids selon OIML R111 version 2004 Appendix 4 – Tolerances for weights according to OIML R111 version 2004

Ce tableau provient de la recommandation OIML R111, version 2004. Il sera à la base de la prochaine réglementation française. Il propose de nouvelles classes de poids ainsi que des valeurs nominales comprises entre 1 mg et 5 000 kg.
This table is issued in the OIML R111 recommendation, version 2004. It will be use as base for the next French regulation. It gives new accuracy classes for weights as nominal values between 1 mg to 5000 kg.

Valeur nominale Nominal value	Erreurs maximales tolérées des poids ($\pm \delta_m$ en mg) Maximum permissible errors for weights ($\pm \delta_m$ in mg)								
	E ₁	E ₂	F ₁	F ₂	M ₁	M ₁₋₂	M ₂	M ₂₋₃	M ₃
5 000 kg			25 000	80 000	250 000	500 000	800 000	1 600 000	2 500 000
2 000 kg			10 000	30 000	100 000	200 000	300 000	600 000	1 000 000
1 000 kg		1 600	5 000	16 000	50 000	100 000	160 000	300 000	500 000
500 kg		800	2 500	8 000	25 000	50 000	80 000	160 000	250 000
200 kg		300	1 000	3 000	10 000	20 000	30 000	60 000	100 000
100 kg		160	500	1 600	5 000	10 000	16 000	30 000	50 000
50 kg	25	80	250	800	2 500	5 000	8 000	16 000	25 000
20 kg	10	30	100	300	1 000		3 000		10 000
10 kg	5	16	50	160	500		1 600		5 000
5 kg	2,5	8	25	80	250		800		2 500
2 kg	1	3	10	30	100		300		1 000
1 kg	0,5	1,6	5	16	50		160		500
500 g	0,25	0,8	2,5	8	25		80		250
200 g	0,1	0,3	1	3	10		30		100
100 g	0,05	0,16	0,5	1,6	5		16		50
50 g	0,03	0,1	0,3	1	3		10		30
20 g	0,025	0,08	0,25	0,8	2,5		8		25
10 g	0,02	0,06	0,2	0,6	2		6		20
5 g	0,016	0,05	0,16	0,5	1,6		5		16
2 g	0,012	0,04	0,12	0,4	1,2		4		12
1 g	0,01	0,03	0,1	0,3	1		3		10
500 mg	0,008	0,025	0,08	0,25	0,8		2,5		
200 mg	0,006	0,02	0,06	0,2	0,6		2		
100 mg	0,005	0,016	0,05	0,16	0,5		1,6		
50 mg	0,004	0,012	0,04	0,12	0,4				
20 mg	0,003	0,01	0,03	0,1	0,3				
10 mg	0,003	0,008	0,025	0,08	0,25				
5 mg	0,003	0,006	0,02	0,06	0,2				
2 mg	0,003	0,006	0,02	0,06	0,2				
1 mg	0,003	0,006	0,02	0,06	0,2				

Annexe 5 – Tableau des emt sur les masses étalons Appendix 5 – mpe table for the standards masses

Ce tableau provient de l'annexe II de la circulaire de 1992.
This table is issued in the appendix II of the 1992 circular.

IPFNA/NAWI		Masses étalons/Standard masses						
Classe Class	Nbre max. échelons Max. nb of verif. scale interval e	Classe Class	100 kg	200 kg	500 kg	1 000 kg	2 000 kg	5 000 kg
III	1 000 e	M''	± 50 g	± 100 g	± 250 g	± 500 g	± 1 000 g	± 2 500 g
III	1 000 e	M'''	± 33 g	± 67 g	± 167 g	± 333 g	± 667 g	± 1 667 g
	1 500 e	M''	± 22 g	± 44 g	± 111 g	± 222 g	± 444 g	± 1 111 g
	2 000 e	M''	± 17 g	± 33 g	± 83 g	± 167 g	± 333 g	± 833 g
	2 500 e	M''	± 17 g	± 33 g	± 83 g	± 167 g	± 333 g	± 833 g
	3 000 e	M''	± 17 g	± 33 g	± 83 g	± 167 g	± 333 g	± 833 g
	3 500 e	M'	± 14 g	± 29 g	± 71 g	± 143 g	± 286 g	± 714 g
	4 000 e	M'	± 13 g	± 25 g	± 63 g	± 125 g	± 250 g	± 625 g
	4 500 e	M'	± 11 g	± 22 g	± 56 g	± 111 g	± 222 g	± 555 g
	5 000 e	M'	± 10 g	± 20 g	± 50 g	± 100 g	± 200 g	± 500 g
	5 500 e	M'	± 9 g	± 18 g	± 45 g	± 91 g	± 182 g	± 455 g
	6 000 e	M'	± 8 g	± 17 g	± 42 g	± 83 g	± 167 g	± 417 g
	6 500 e	F'	± 8 g	± 15 g	± 38 g	± 77 g	± 154 g	± 385 g
	7 000 e	F'	± 7 g	± 14 g	± 36 g	± 71 g	± 143 g	± 357 g
	7 500 e	F'	± 7 g	± 13 g	± 33 g	± 67 g	± 133 g	± 333 g
	8 000 e	F'	± 6 g	± 13 g	± 31 g	± 63 g	± 125 g	± 313 g
	8 500 e	F'	± 6 g	± 12 g	± 29 g	± 59 g	± 118 g	± 294 g
	9 000 e	F'	± 6 g	± 11 g	± 28 g	± 56 g	± 111 g	± 278 g
	9 500 e	F'	± 5 g	± 11 g	± 26 g	± 53 g	± 105 g	± 263 g
	10 000 e	F'	± 5 g	± 10 g	± 25 g	± 50 g	± 100 g	± 250 g
	II	10 000 e	F'	± 3,3 g	± 6,6 g	± 16,5 g	± 33 g	± 66 g
30 000 e		F'	± 1,7 g	± 3,3 g	± 8,3 g	± 17 g	± 33 g	± 83 g
50 000 e		E'	± 1,0 g	± 2,0 g	± 5,0 g	± 10 g	± 20 g	± 50 g
70 000 e		E'	± 0,7 g	± 1,4 g	± 3,6 g	± 7,1 g	± 14 g	± 36 g
100 000 e		E'	± 0,5 g	± 1,0 g	± 2,5 g	± 5,0 g	± 10 g	± 25 g
I	100 000 e	E'	± 0,33 g	± 0,66 g	± 1,65 g	± 3,3 g	± 6,6 g	± 16,5 g
	200 000 e	E'	± 0,17 g	± 0,33 g	± 0,83 g	± 1,7 g	± 3,3 g	± 8,3 g
	500 000 e	E'	± 0,10 g	± 0,20 g	± 0,50 g	± 1,0 g	± 2,0 g	± 5,0 g
	1 000 000 e	E'	± 0,05 g	± 0,10 g	± 0,25 g	± 0,5 g	± 1,0 g	± 2,5 g

Bibliographie/Bibliography

Recommandation internationale OIML n° R111, « Classes E₂, F₂, F₂, M₁, M₁₋₂, M₂, M₂₋₃ et M₃ », Partie 1 « Exigences métrologiques et techniques », version 2004. – International recommendation OIML n° R111, « Classes E₂, E₂, F₂, F₂, M₁, M₁₋₂, M₂, M₂₋₃ and M₃ », Part 1 « Metrological and technical requirements », version 2004.

Recommandation internationale OIML n° R111, « Classes E₂, E₂, F₂, F₂, M₁, M₂ et M₃ », Partie 1 « Exigences métrologiques et techniques », version 1994. – International recommendation OIML n° R111, « Classes E₂, E₂, F₂, F₂, M₁, M₂ and M₃ », Part 1 « Metrological and technical requirements », version 1994.

Recommandation Internationale OIML n° R33, « Valeur conventionnelle du résultat des pesées dans l'air ». Actuellement: D28 (révision de la R33) de l'OIML, en version anglaise uniquement. – Currently: OIML D28 (R33 revision), English version only.

Décret n° 75-312 du 9 avril 1975 réglementant la catégorie d'instruments de mesure : mesures de masse.

Arrêté du 11 juin 1975 définissant les modalités d'application de certaines dispositions du décret réglementant la catégorie d'instruments de mesure : mesures de masse.

Circulaire 92.00.600.001.1 du 15 octobre 1992 relative aux masses étalons et poids étalons.

ASTM E617-91, Classe de précision des poids utilisés aux États-Unis, pp. 329-339, 15 août 1991. – ASTM E617-91, Accuracy class for weights used in USA, pp. 329-339, August 15, 1991.

Guide Welmeq 2, version 4, juillet 2004 : Directive 90/384/CEE : Common application non-automatic weighing instruments.

Adresses des auteurs/Authors' addresses

- Denis Louvel, Mettler-Toledo SAS, 18-20, avenue de la Pépinière, 78222 Viroflay Cedex - denis.louvel@mt.com
- Catherine Barbier (Ethypharm)
- Marie-Dominique Blanchin (Faculté de pharmacie de Montpellier)
- Marie-Christine Bonenfant (Laboratoire central de la Préfecture de Police)
- Caroline Chmieliewski (Laboratoire central de la Préfecture de Police)
- Xavier Chavatte (GSK Biologicals France)
- Xavier Dua (Mettler-Toledo SAS)

Annexe 6 – Tolérances des poids ou jeux de poids américains selon ASTM E 617 Appendix 6 – Weights tolerances for US weights sets according to ASTM E 617

Ce tableau présente une tolérance de groupe pour un jeu de poids, absente du tableau des tolérances OIML. Il provient du document ASTM E617-91 (pp. 329-339, 15 août 1991).

This table gives the group tolerance for a weight set, not defined in the OIML tolerances table. This table is issued from the document ASTM E617-91 (pp. 329-339, August 15, 1991).

Dénomination Denomination	Classe 1.1 Class 1.1	Classe 1 Class 1		Classe 2 Class 2		Classe 3 Class 3	Classe 4 Class 4	Classe 5 Class 5	Classe 6 Class 6
	Individuel Individual (μ g)	Individuel Individual (μ g)	Groupe Group (μ g)	Individuel Individual (μ g)	Groupe Group (μ g)	Individuel Individual (μ g)	Individuel Individual (μ g)	Individuel Individual (μ g)	Individuel Individual (μ g)
500 g		± 1200	± 1350	± 2500	± 2700	± 5000	± 10	± 30	± 50
300 g		± 750	"	± 1500	"	± 3000	$\pm 6,0$	± 20	± 30
200 g		± 500	"	± 1000	"	± 2000	$\pm 4,0$	± 15	± 20
100 g		± 250	"	± 500	"	± 1000	$\pm 2,0$	± 9	± 10
50 g		± 120	± 160	± 250	± 290	± 600	$\pm 1,2$	$\pm 5,6$	± 7
30 g		± 74	"	± 150	"	± 450	$\pm 0,9$	$\pm 4,0$	± 5
20 g		± 74	"	± 100	"	± 350	$\pm 0,7$	$\pm 3,0$	± 3
10 g		± 50	"	± 74	"	± 250	$\pm 0,5$	$\pm 2,0$	± 2
5 g		± 34	± 65	± 54	± 105	± 180	$\pm 0,36$	$\pm 1,3$	± 2
3 g		"	"	"	"	± 150	$\pm 0,30$	$\pm 0,95$	± 2
2 g		"	"	"	"	± 130	$\pm 0,26$	$\pm 0,75$	± 2
1 g		"	"	"	"	± 100	$\pm 0,20$	$\pm 0,50$	± 2
500 mg	± 5	± 10	± 20	± 25	± 55	± 80	$\pm 0,16$	$\pm 0,38$	± 1
300 mg	-	"	"	"	"	± 70	$\pm 0,14$	$\pm 0,30$	± 1
200 mg	± 5	"	"	"	"	± 60	$\pm 0,12$	$\pm 0,26$	± 1
100 mg	± 5	"	"	"	"	± 50	$\pm 0,10$	$\pm 0,20$	± 1
50 mg	± 5	± 10	± 20	± 14	± 34	± 42	$\pm 0,085$	$\pm 0,16$	-
30 mg	-	"	"	"	"	± 38	$\pm 0,075$	$\pm 0,14$	-
20 mg	± 5	"	"	"	"	± 35	$\pm 0,070$	$\pm 0,12$	-
10 mg	± 5	"	"	"	"	± 30	$\pm 0,060$	$\pm 0,10$	-
5 mg	± 5	± 10	± 20	± 14	± 34	± 28	$\pm 0,055$	$\pm 0,080$	-
3 mg	-	"	"	"	"	± 26	$\pm 0,052$	$\pm 0,070$	-
2 mg	± 5	"	"	"	"	± 25	$\pm 0,050$	$\pm 0,060$	-
1 mg	± 5	"	"	"	"	± 25	$\pm 0,050$	$\pm 0,050$	-

■ Richard Dybiak (Enstimd)

■ Christine Imbernon (Theramex)

■ Claude Lebranchu (Laboratoire d'Hygiène de la Ville de Paris)

■ Luc Louvet (Centre International de Toxicologie)

■ Michael Vandenhende (GSK Biologicals Belgique).

