



LE LABORATOIRE DE MASSE PAS A PAS

Réalisation, formation et équipement
Martin Firlus

Mentions légales

Editeur : Physikalisch-Technische Bundesanstalt
Bundesallee 100,
DE-38116 Braunschweig,
République Fédérale d'Allemagne
Tel: +49 0531 592-8200
Fax: +49 0531 592-8225
E-Mail: dieter.schwohnke@ptb.de
www.ptb.de/q5

Responsable : Dieter Schwohnke, PTB

Texte : Martin Firlus, PTB
E-Mail: Martin.Firlus@ptb.de

Mise en page
et réalisation : Tamara Rygol, PTB
Jenko Sternberg Advertising Agency,
www.jenko-sternberg.de

Photos : Physikalisch-Technische
Bundesanstalt,
Flickr (www.flickr.com)

Mise à jour : Septembre 2009

Création d'un laboratoire de masse

La précision ou bien la fiabilité de résultats de pesée sont étroitement liées au lieu d'installation des comparateurs de masse, aux poids utilisés, aux conditions régnant au local de mesure et aux qualifications des utilisateurs. Le lieu d'installation (local de mesure) des comparateurs de masse doit être organisé de manière à ce que les influences perturbantes de l'environnement (par exemple chocs, climat, etc.) aient un effet aussi minime que possible sur les résultats de mesure.

1. Exigences requises pour un local de mesure

- 1.1 Le sol doit être réalisé de sorte qu'il soit possible d'installer des tables de pesage étant sûres et le moins possible exposées aux chocs.

Pour cela, il est nécessaire que la zone d'installation d'une table de pesage soit séparée du reste du sol (par un joint de séparation).

Ainsi est-il possible d'éviter que les bruits d'impact puissent influencer les comparateurs de masse et par là-même le résultat de pesée. Le joint de séparation est colmaté à l'aide de matériaux isolants. Le revêtement du sol doit garantir un nettoyage optimal et être réalisé de manière à ce que les frottements ne provoquent pas de salissures supplémentaires (revêtement PVC ou carrelage lisse).

- 1.2 Le local de mesure doit être dépourvu de fenêtres (pour éviter toute radiation solaire directe) et ne disposer que d'un seul accès (pour éviter les courants d'air). Il est recommandé d'enduire les murs du local de mesure de peinture sans solvant et nettoyable à l'eau. Des revêtements muraux appropriés permettent également, en raison de leurs propriétés isolantes, d'améliorer les qualités du local de mesure.
- 1.3 Le type et la durée d'éclairage du local de mesure dépendent de la climatisation utilisée. Les dispositifs d'éclairage doivent toutefois être installés suffisamment loin de la table de pesage pour réduire l'influence perturbante de la radiation thermique sur les comparateurs de masse et les poids. Le fait d'allumer et d'éteindre l'éclairage chaque jour a une influence sur la température du local de mesure et conduit à des variations de températures indésirables. C'est pourquoi l'éclairage doit rester en opération constamment (c'est-à-dire 24/24h).
- 1.4 L'installation de comparateurs de masse – et donc l'étalonnage des poids – doit être effectuée dans des conditions ambiantes stables. Pour atteindre de telles conditions dans des locaux de mesure, l'utilisation d'une climatisation est nécessaire.

La température et l'humidité relative pour une pression atmosphérique donnée doivent ainsi être régulées conformément à la recommandation OIML¹⁾ R 111 (cf. 3.1). Il est impératif de respecter les spécifications stipulées par le fabricant des instruments de pesage en ce qui concerne les conditions ambiantes. La température doit donc être comprise entre 18 °C et 27 °C. Des valeurs d'humidité relative comprises entre 40% et 60% sont généralement recommandées étant donné que des valeurs inférieures à 40 % peuvent provoquer des charges d'électricité statique et des valeurs supérieures à 60% peuvent provoquer de la corrosion.

¹⁾ OIML = Organisation Internationale de Métrologie Légale



2. Installation de comparateurs de masse

- 2.1 Les comparateurs de masse doivent être installés sur des tables de pesée :
- transmettant aussi peu de vibrations que possible (grâce à un poids net élevé facile à atteindre),
 - ne fléchissant pas (haute solidité et épaisseur du matériau),
 - anti-magnétiques (ne pas utiliser d'acier),
 - anti-statiques (ne pas utiliser de matières plastiques ni de verre).
- 2.2 Les tables doivent être suffisamment grandes pour l'installation des comparateurs de masse. Une table de pesée ne doit servir de poste de travail que pour un seul comparateur de masse. Les tables de pesée en pierre à surfaces polies ont fait leurs preuves dans les laboratoires de masse. Leur poids net leur donne une bonne stabilité et les surfaces polies garantissent un nettoyage optimal.

3. Instruments de mesure de la densité de l'air

- 3.1 Pour procéder à un étalonnage, il convient de contrôler les paramètres de densité de l'air (température, humidité relative et pression atmosphérique).

La recommandation OIML R 111 (2004), annexe C, paragraphe C.2, tableau C.1 stipule pour chaque classe de précision les valeurs recommandées.

Il convient de veiller à ce que l'incertitude des instruments de mesure utilisés – qui déterminent l'incertitude de la valeur de densité de l'air – soit prise en compte dans l'incertitude totale du résultat de pesée.

- 3.2 Si par exemple des étalonnages sont effectués conformément à la classe de précision E2, les paramètres de densité de l'air peuvent alors être saisis avec les instruments de mesure suivants dont la traçabilité est assurée (d = résolution) :
- thermomètre de verre, $d = 0,01 \text{ } ^\circ\text{C}$ ou
 - thermomètre à résistance électrique, $d = 0,01 \text{ } ^\circ\text{C}$
 - capteur d'humidité électrique capacitaire, $d = 1 \text{ } \%$ ou
 - psychromètre Assmann, $d = 0,1 \text{ } ^\circ\text{C}$,
 - baromètre anéroïde, $d = 0,5 \text{ mbar}$ ou
 - baromètre électronique, $d = 0,1 \text{ mbar}$.
- 3.3 La saisie des données des paramètres de densité de l'air doit toujours avoir lieu avant l'étalonnage.

Les gradients de température qu'il est déconseillé de dépasser sont indiqués dans la recommandation OIML R 111.

Il n'est possible de contrôler l'observation de cette recommandation pendant un étalonnage que si la température est mesurée directement au poste de mesure (par exemple juste à côté du comparateur de masse). Des variations rapides de températures doivent être évitées absolument. Par contre, en ce qui concerne la mesure de l'humidité relative et de la pression atmosphérique, les valeurs mesurées dans le local de mesure sont suffisantes.

- 3.4 Toutes les données de densité de l'air dans le local de mesure doivent pouvoir être saisies en permanence pour répondre aux exigences de la recommandation OIML R 111 concernant la température et l'humidité relative. La saisie électronique des données permet d'avoir accès aux valeurs mesurées à tout moment et de représenter ces valeurs à l'aide de graphiques en cas de besoin. Une saisie plus simple à l'aide de thermohygrographes mécaniques à tambour est aussi possible et suffisante pour les classes de précision de E2 à M3. Il convient de veiller à ce que les variations (mesurées sur 12 heures pour la température et sur 4 heures pour l'humidité relative) soient conformes aux valeurs indiquées au tableau C.1.
- 3.5 La situation géographique du laboratoire de masse (en particulier l'altitude par rapport au niveau de la mer) est de grande importance pour la détermination de la densité de l'air.

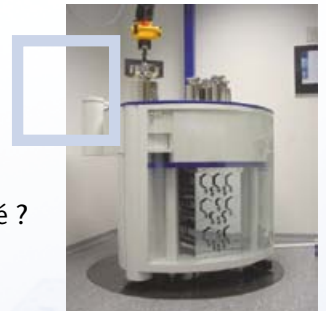
La densité de l'air locale ne doit pas dévier de plus de 10 % de la valeur de consigne de la densité de l'air conventionnellement définie ($1,2 \text{ kg/m}^3$).

En cas de déviations plus importantes, la valeur de pesée conventionnelle doit être calculée à l'aide de la masse.

4. Comparsateurs de masse

- 4.1 Le choix d'un comparateur de masse doit être effectué de manière à remplir les critères métrologiques tout en disposant des fonctions désirées. Les critères suivants sont à observer :

- Quelles sont les valeurs nominales devant être saisies par l'étendue de mesure du comparateur de masse ?
- Quelle classe de précision doit être respectée pour les poids à étalonner ?
- Quelles sont la portée maximale et la précision d'affichage nécessaires ?
- Un étalonnage automatique à l'aide d'un poids d'étalonnage intégré est-il souhaité ?
- Répétabilité
- Linéarité
- Facilité de commande et de lecture
- Simplicité de nettoyage de l'espace de pesée



- 4.2 Si par exemple des étalonnages de 1 mg à 10 kg correspondant à la classe de précision E2 doivent être effectués, une distribution des valeurs nominales sur quatre comparateurs de masse a fait ses preuves en pratique. Des comparateurs de masse ayant les spécifications suivantes peuvent alors être considérés :

Portée maximale	Précision d'affichage	Valeur nominale
5 g	0,0001 mg	1 mg à 5 g
100 g	0,001 mg	10 g à 100 g
1 kg	0,01 mg	100 g à 1 kg
10 kg	0,1 mg	1 kg à 10 kg

- 4.3 En partant de la classe de précision, il convient de choisir un comparateur de masse de manière à ce que sa contribution à l'incertitude totale du résultat de pesée forme un rapport équilibré. La part la plus importante d'incertitude d'un comparateur de masse se calcule sur la base de sa déviation standard (s). En tant que première approximation de la valeur de la déviation standard, on peut choisir l'indication correspondante du fabricant. Il convient toutefois de considérer que cette valeur représente la plus petite valeur nominale. Elle ne doit pas dépasser une contribution de 30% de l'incertitude standard u_c ($k = 1$).

Exemple :

$$\begin{aligned} 1 \text{ mg E2, } U_{(k=2)} &= 0,002 \text{ mg} \\ u_c &= U / 2 = 0,002 \text{ mg} / 2 = 0,001 \text{ mg} \\ s &= 0,3 \times 0,001 \text{ mg} \leq 0,0003 \text{ mg} \end{aligned}$$

5. Poids

- 5.1 Une des conditions de base pour que les résultats de pesée soient comparables et retraçables est leur répétabilité. Il convient donc de s'assurer que les affichages de différents comparateurs de masse concordent. Les poids nécessaires à cela doivent être traçables au prototype international du kilogramme par des mesures de comparaison effectuées à l'aide d'étalons nationaux.

L'OIML R 111 catégorise les poids par classes de précision. Les exigences concernant chaque classe de précision (par exemple propriétés du matériau, caractéristiques de la surface, etc.) y sont décrites en détails.

- 5.2 Des poids sont utilisés pour étalonner des instruments de pesage ou des poids de classes de précision inférieures. La classe de précision est une désignation de classe pour les poids qui répondent à certaines exigences métrologiques afin que les valeurs de masse se situent dans des limites déterminées. Ainsi, par exemple, utilise-t-on des poids de classe de précision E1 pour étalonner des poids de la classe de précision E2.
- 5.3 Chaque série de poids nécessaire à un laboratoire d'étalonnage doit être à sa disposition en double dans chacune des valeurs nominales. De cette manière, il est toujours possible de procéder à un étalonnage même si un poids est endommagé ou qu'une série de poids a été envoyée pour être ré-étalonnée.
- 5.4 Les séries de poids qui sont utilisées pour l'étalonnage d'autres séries de poids doivent être conservées sous des cloches de verre (par exemple pour les protéger de la poussière) dans des placards de laboratoire pouvant être verrouillés.



6. Personnel

6.1 Un laboratoire doit disposer de personnel de direction et de personnel technique répondant aux exigences d'un laboratoire d'étalonnage du point de vue de la formation et des qualifications.

Une formation en sciences naturelles ou ingénierie (par exemple génie mécanique ou physique) est une des conditions pour diriger un laboratoire d'étalonnage.

6.2 Des stages et formations auprès d'autres instituts nationaux ou laboratoires d'étalonnage accrédités augmentent les qualifications en ce qui concerne l'application des normes et recommandations internationales (par exemple EA, OIML).

6.3 Une formation pointue des opérateurs permet de procéder à des opérations de mesure correctes et influence de manière décisive la qualité des résultats de pesée. Stages et formations doivent être effectués à intervalles réguliers au sein du laboratoire-même. Ainsi, des exercices pratiques sur les dispositifs de pesage disponibles permettent-ils d'approfondir et de consolider les connaissances théoriques et pratiques.

6.4 Si d'autres laboratoires d'étalonnage existent dans le même pays, alors les employés doivent participer à des séminaires de formation et formation continue (organisés par la direction du laboratoire national d'étalonnage). Ceci permet d'atteindre et d'assurer une amélioration permanente des exigences standard de qualité d'un laboratoire d'étalonnage.

Liste des exigences à observer :

- ISO/IEC 17025:2005
- OIML R 111 (2004)
- GUM ¹⁾
- EA ²⁾ 4/07 : Raccordement des instruments de mesure aux étalons nationaux



¹⁾ GUM = Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement (Guide pour l'expression de l'incertitude de mesure)

²⁾ EA = European Co-operation for Accreditation (Accréditation européenne)

