

NORME
INTERNATIONALE

ISO
9368-1

Première édition
1990-12-01

**Mesure de débit des liquides dans les conduites
fermées par pesée — Contrôle des installations
de mesure —**

Partie 1:
Installations statiques
(standards.iteh.ai)

ISO 9368-1:1990
Measurement of liquid flow in closed conduits by the weighing method —
Procedures for checking installations —
Part 1: Static weighing systems



Numéro de référence
ISO 9368-1 : 1990 (F)

Sommaire

	page
Avant-propos	iii
Introduction	iv
1 Domaine d'application	1
2 Références normatives	1
3 Définitions et symboles	1
3.1 Définitions	1
3.2 Symboles	1
4 Agrément	1
5 Principes généraux	2
5.1 Éléments principaux de l'installation	2
5.2 Liquide d'essai	2
5.3 Principe des vérifications	2
5.4 Opérations préliminaires	2
6 Exécution des opérations de contrôle	2
6.1 Contrôle de la bascule	2
6.2 Contrôle du partiteur	3
6.3 Contrôle du chronomètre	3
6.4 Contrôle du système de mesurage de la masse volumique	3
6.5 Estimation de la stabilité du débit	3
6.6 Étude des caractéristiques de l'écoulement	4
7 Calcul de l'incertitude globale sur la mesure du débit	4
 Annexes	
A Estimation des erreurs systématiques et aléatoires dues à la bascule	6
B Contrôle du fonctionnement du partiteur	9
C Estimation de la stabilité du débit dans l'intervalle d'intégration	12
D Estimation de la stabilité entre les intervalles d'intégration	14
E Contrôle des caractéristiques de l'écoulement	16
F Bibliographie	17

© ISO 1990

Droits de reproduction réservés. Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'éditeur.

Organisation internationale de normalisation

Case postale 56 • CH-1211 Genève 20 • Suisse

Imprimé en Suisse

Avant-propos

L'ISO (Organisation internationale de normalisation) est une fédération mondiale d'organismes nationaux de normalisation (comités membres de l'ISO). L'élaboration des Normes internationales est en général confiée aux comités techniques de l'ISO. Chaque comité membre intéressé par une étude a le droit de faire partie du comité technique créé à cet effet. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'ISO participent également aux travaux. L'ISO collabore étroitement avec la Commission électrotechnique internationale (CEI) en ce qui concerne la normalisation électrotechnique.

Les projets de Normes internationales adoptés par les comités techniques sont soumis aux comités membres pour vote. Leur publication comme Normes internationales requiert l'approbation de 75 % au moins des comités membres votants.

La Norme internationale ISO 9368-1 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 30, *Mesure de débit des fluides dans les conduites fermées*.

L'ISO 9368 comprend les parties suivantes, présentées sous le titre général *Mesure de débit des liquides dans les conduites fermées par pesée — Contrôle des installations de mesure*:

- *Partie 1: Installations statiques*
- *Partie 2: Installations dynamiques*

Les annexes A, B, C, D et E font partie intégrante de la présente partie de l'ISO 9368.

L'annexe F est donnée uniquement à titre d'information.

Introduction

La méthode de mesure du débit des liquides par pesée décrite dans l'ISO 4185 est une des méthodes fondamentales de mesurage. Elle est largement utilisée dans les essais de recherche hydraulique, les essais des pompes et des turbines ainsi que pour l'étalonnage des débitmètres.

Pour que les mesurages effectués sur différentes installations conduisent à des résultats comparables, il est nécessaire de normaliser les conditions d'exécution des mesurages et des essais.

iTeh STANDARD PREVIEW (standards.iteh.ai)

[ISO 9368-1:1990](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/6d1dddc4-10bf-4f42-b19a-0b3771a8daed/iso-9368-1-1990)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/6d1dddc4-10bf-4f42-b19a-0b3771a8daed/iso-9368-1-1990>

Mesure de débit des liquides dans les conduites fermées par pesée — Contrôle des installations de mesure —

Partie 1: Installations statiques

1 Domaine d'application

La présente partie de l'ISO 9368 prescrit les méthodes de contrôle des installations de mesure du débit par pesée statique. Les méthodes de contrôle des installations de mesure par pesée dynamique sont données dans l'ISO 9368-2.

2 Références normatives

Les normes suivantes contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui en est faite, constituent des dispositions valables pour la présente partie de l'ISO 9368. Au moment de la publication, les éditions indiquées étaient en vigueur. Toute norme est sujette à révision et les parties prenantes des accords fondés sur la présente partie de l'ISO 9368 sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des normes indiquées ci-après. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur à un moment donné.

ISO 4006 : —¹⁾, *Mesure de débit des fluides dans les conduites fermées — Vocabulaire et symboles.*

ISO 4185 : 1980, *Mesure de débit des liquides dans les conduites fermées — Méthode par pesée.*

ISO 5168 : 1978, *Mesure de débit des fluides — Calcul de l'erreur limite sur une mesure de débit.*

OIML — Recommandations internationale n° 33 : 1973, *Valeur conventionnelle du résultat des pesées dans l'air.*

3 Définitions et symboles

3.1 Définitions

Pour les besoins de la présente partie de l'ISO 9368, les définitions données dans l'ISO 4006 s'appliquent.

3.2 Symboles

Les symboles utilisés dans la présente partie de l'ISO 9368 sont donnés au tableau 1.

Tableau 1 — Symboles

Symbole	Grandeur	Dimension ¹⁾	Unité SI
E_R	Incertitude aléatoire, en valeur relative	Sans dimension	—
e_R	Incertitude aléatoire, en valeur absolue	2)	2)
E_S	Incertitude systématique, en valeur relative	Sans dimension	—
e_S	Incertitude systématique, en valeur absolue	2)	2)
m	Masse	M	kg
q_V	Débit-volume	$L^3 T^{-1}$	m^3/s
q_m	Débit-masse	$M T^{-1}$	kg/s
S	Écart-type en valeur relative	Sans dimension	—
s	Écart-type en valeur absolue	2)	2)
t	Temps	T	s
V	Volume	L^3	m^3
ρ	Masse volumique du liquide	$M L^{-3}$	kg/ m^3

1) M = masse; L = longueur; T = temps.
2) Les dimensions et les unités sont celles de la grandeur correspondante.

4 Agrément

Si l'installation de mesure par pesée est utilisée pour les besoins de la métrologie légale, elle doit être agréée par les services

1) À publier. (Révision de l'ISO 4006 : 1977.)

métrologiques nationaux. De telles installations sont alors soumises à des inspections périodiques, à intervalles fixes. À défaut de service métrologique national, une certification des mesures physiques de base (longueur, masse, temps et température) et une analyse des erreurs selon les prescriptions de la présente partie de l'ISO 9368 et de l'ISO 5168 peuvent tenir lieu d'agrément au regard de la métrologie légale.

La personne responsable des essais doit évaluer les résultats des contrôles conformément à la présente partie de l'ISO 9368, rédiger et signer un rapport écrit de ces contrôles.

5 Principes généraux

5.1 Éléments principaux de l'installation

Les installations de mesure par pesée statique comprennent d'habitude les éléments principaux suivants :

- un réservoir d'alimentation,
- une section d'essai,
- un partiteur,
- une cuvée de pesée,
- une bascule,
- un réservoir de vidange,
- un chronomètre,
- une ou plusieurs pompes.

Les spécifications requises pour ces éléments sont indiquées dans l'ISO 4185.

5.2 Liquide d'essai

C'est habituellement l'eau pure qui est utilisée comme liquide d'essai pour la vérification des installations de mesure par pesée.

D'autres liquides peuvent être utilisés, si leur pression de vapeur est assez faible pour que l'effet de l'évaporation puisse être négligé. Pour des raisons pratiques (notamment pour limiter le temps d'égouttage de la cuve de pesée), il est recommandé que la viscosité cinématique du liquide n'excède pas $35 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ environ.

5.3 Principe des vérifications

Après sa construction, l'installation est soumise à des essais en vue d'estimer les erreurs systématiques et aléatoires.

Des essais ultérieurs sont effectués à intervalles réguliers afin de déterminer les erreurs et de les comparer aux résultats précédents pour déterminer l'intervalle d'essai nécessaire entre les contrôles.

Le principe général de la vérification des installations consiste à déterminer séparément les erreurs dues à chaque élément de l'installation et à les combiner en vue d'évaluer l'incertitude globale de l'ensemble de l'installation.

L'ISO 4185 : 1980, paragraphe 6.2, décrit les méthodes d'estimation des erreurs dues à la bascule et au partiteur.

La présente partie de l'ISO 9368 développe plus en détail certains aspects de la vérification et du contrôle de l'installation. On trouvera en particulier différentes procédures permettant d'effectuer le contrôle de la bascule (voir 6.1 et annexe A), le contrôle du partiteur (voir 6.2 et annexe B), le contrôle du chronomètre (voir 6.3), le contrôle de l'appareillage de mesure de la masse volumique (voir 6.4), l'estimation de la stabilité du débit (voir 6.5 et annexes C et D), l'étude des caractéristiques de l'écoulement (voir 6.6 et annexe E) et le calcul de l'incertitude globale de mesure (voir article 7).

5.4 Opérations préliminaires

Avant d'entreprendre les opérations de contrôle détaillées, il faut procéder aux opérations préliminaires suivantes :

- a) examiner la description technique de l'installation et les instructions pour son exploitation ;
- b) vérifier les caractéristiques des appareillages et des équipements principaux et auxiliaires utilisés sur l'installation et leur conformité avec celles indiquées dans la documentation ;
- c) vérifier le fonctionnement de l'installation hydraulique afin de mettre en évidence toute source d'erreur supplémentaire ;
- d) déterminer la gamme de débit de l'installation.

Le débit maximal d'une installation donnée doit être égal à la plus petite des deux valeurs suivantes :

- a) le plus grand débit que peut fournir le système d'alimentation lorsqu'il débite dans un circuit de résistance hydraulique minimale ;
- b) le débit correspondant au temps minimal admissible pour remplir la cuve de pesée à son niveau maximal, ce temps minimal devant être conforme aux prescriptions de l'ISO 4185 : 1980, paragraphe 3.3, c'est-à-dire 30 s.

6 Exécution des opérations de contrôle

6.1 Contrôle de la bascule

La masse du liquide recueilli est déterminée en pesant la cuve de pesée avant et après son remplissage (double pesée), après quoi la masse de la cuve avant remplissage (tare) est soustraite de la masse brute de la cuve remplie.

Le contrôle de la bascule utilisée en méthode de double pesée doit permettre de déterminer les corrections à appliquer et les incertitudes systématique et aléatoire dues à la bascule. Des méthodes permettant d'évaluer ces incertitudes sont exposées en détail dans l'ISO 4185 et à l'annexe A de la présente partie de l'ISO 9368.

6.1.1 Contrôle par des poids étalons

Pour contrôler la bascule, on doit utiliser chaque fois que possible des poids étalonnés dont la masse totale est au moins égale à la masse maximale possible du liquide recueilli. L'erreur maximale admissible des poids étalons ne doit pas dépasser 20 % de l'erreur prévisible pour la bascule.

Si la masse totale des poids utilisés lors du contrôle est inférieure à la masse maximale possible du liquide, on peut utiliser une méthode par substitution pour contrôler la bascule. Dans ce cas, la masse totale des poids étalons doit être au moins égale à 25 % de la masse maximale possible du liquide. Néanmoins, cette valeur de 25 % peut être réduite, à condition qu'il soit possible de déterminer expérimentalement suivant la procédure de substitution successive que l'exactitude recherchée est obtenue.

Si l'on recherche une grande exactitude, les effets de la poussée aérostatique sur les poids d'étalonnage et sur le liquide d'essai doivent être pris en compte conformément à la Recommandation OIML 33 et à l'ISO 4185.

6.1.2 Contrôle par des réservoirs volumétriques étalons

Dans certains cas, par exemple pour les cuves de grande capacité ou lorsque certaines structures sont plus ou moins immergées selon la quantité d'eau contenue dans la cuve, il peut être préférable de contrôler la bascule à l'aide de réservoirs volumétriques étalons dont le volume doit être de l'ordre de 5 % à 10 % du volume maximal contenu dans la cuve.

Il est alors nécessaire de connaître la masse volumique de l'eau dans les conditions de la mesure avec une exactitude meilleure que 0,01 %. Ceci nécessite en particulier de connaître la température de l'eau avec une exactitude au moins égale à 0,5 °C.

La procédure de contrôle est identique à celle utilisée avec des poids étalons (voir 6.1.1).

6.2 Contrôle du partiteur

Avant les essais, le fonctionnement du partiteur doit être vérifié aux débits maximal et minimal en vue d'assurer qu'il ne se produit pas de rejaillissement du liquide lors du basculement du partiteur et de la mesure du débit. Le rejaillissement du liquide n'est pas permis. (Le rejaillissement du liquide dans la branche hors service du partiteur peut entraîner des erreurs inacceptables.)

La proximité de l'ajutage et de la cloison du partiteur peut provoquer des variations du débit dues aux fluctuations de pression. Ceci doit être vérifié en mesurant les variations éventuelles de pression dans la tuyauterie au débit maximal, le partiteur étant fixe. Il ne doit pas se produire de fluctuations anormales de pression dans la tuyauterie.

Le partiteur doit être contrôlé visuellement pour s'assurer de sa parfaite étanchéité sous une pression égale à la pression de service. Si une très petite fuite peut être tolérée, il faut recueillir celle-ci pendant la durée normale d'un remplissage et déterminer sa masse. Comme le débit de fuite peut dépendre du débit de l'installation, des mesures doivent être effectuées aux débits minimal, moyen et maximal (le détail de cette procédure est donné à l'article B.1 de l'annexe B).

Après ces contrôles, il est nécessaire de déterminer les erreurs systématiques et aléatoires dues au partiteur en utilisant les méthodes décrites en 6.2.1.3 et 6.2.2.2 et dans l'annexe A de l'ISO 4185 : 1980 ou la méthode décrite dans l'annexe B de la présente partie de l'ISO 9368.

6.3 Contrôle du chronomètre

Toute erreur d'étalonnage du chronomètre entraîne une erreur systématique sur la mesure du temps de remplissage de la cuve de pesée.

Pour que l'erreur aléatoire sur la mesure du temps de remplissage due au chronomètre puisse être négligée, il faut que la résolution du chronomètre soit telle que l'erreur soit inférieure à 0,01 % pour le temps de remplissage minimal de la cuve (soit par exemple 3 ms pour un temps de remplissage minimal de 30 s). Des erreurs de lecture inférieures à 0,01 % peuvent être obtenues à l'aide de méthodes d'interpolation, telles que les méthodes du double chronométrage (voir ISO 7278-3).

6.4 Contrôle du système de mesurage de la masse volumique

Si l'on veut obtenir le débit-volume correspondant au débit-masse mesuré, il faut déterminer la masse volumique du liquide avec l'exactitude requise. Il est difficile d'obtenir une telle exactitude avec des liquides ayant un coefficient d'expansion thermique élevé. Les méthodes de mesurage de la masse volumique et de calcul de l'erreur correspondante sont décrites dans l'ISO 4185: 1980, paragraphes 3.5 et 6.2.1.4.

6.5 Estimation de la stabilité du débit

Dans certains cas d'utilisation des installations de pesée, il est important de connaître la stabilité du débit dans la section d'essai. L'estimation de la stabilité permettra de juger l'efficacité de tout dispositif de stabilisation, y compris les dispositifs d'amortissement des pulsations de débit dont le spectre peut couvrir une large bande de fréquences.

Différents procédés peuvent être utilisés pour estimer la stabilité du débit. Une méthode qui fournit des résultats positifs consiste à installer dans le circuit un débitmètre à hélice de faible inertie ayant si possible une fréquence de sortie élevée afin d'obtenir une meilleure résolution. La stabilité intrinsèque du débitmètre doit être meilleure que la stabilité attendue du débit de l'installation.

La stabilité du débit peut être estimée soit dans l'intervalle d'intégration (temps de remplissage de la cuve de pesée), soit entre les intervalles d'intégration. Des procédés différents, décrits en 6.5.1 et 6.5.2, sont utilisés dans chacun de ces cas.

6.5.1 Stabilité du débit dans l'intervalle d'intégration

Afin d'estimer la stabilité du débit durant un intervalle d'intégration, un débitmètre à hélice avec une sortie en fréquence (ou en impulsions) est installé dans le circuit. Un autre type de débitmètre peut être utilisé à condition qu'il possède une bonne stabilité à court terme, une réponse raisonnablement rapide et un signal de sortie permettant l'enregistrement ou la lecture dans de petits intervalles de temps. La stabilité du débit doit être vérifiée pour plusieurs valeurs du débit dans l'étendue de fonctionnement de l'installation.

Le débit étant stabilisé, le partiteur doit être actionné, ce qui met en marche le chronomètre. Lorsque le signal de sortie du débitmètre est représentatif d'un débit, l'enregistrement de ce signal doit être fait au moins une fois par seconde; en outre, 60 enregistrements ainsi effectués doivent être recueillis pendant l'intervalle d'intégration.

Cette procédure doit être répétée pour d'autres valeurs du débit. Les résultats obtenus doivent être analysés conformément à l'annexe C qui comprend aussi un exemple de calcul.

6.5.2 Stabilité du débit entre les intervalles d'intégration

Pour certaines applications, il est nécessaire d'estimer la stabilité du débit au cours d'une période plus longue; on doit alors procéder différemment. Dans la section d'essai, il faut installer un débitmètre dont la stabilité à moyen terme est meilleure que celle attendue de l'installation. Dans ce but, on peut utiliser un débitmètre de bonne qualité de type à hélice ou électromagnétique ayant une bonne stabilité du zéro. La méthode d'essai est décrite dans l'annexe D qui comprend aussi un exemple de calcul.

6.5.3 Prise en compte de l'estimation de la stabilité du débit

Dans le calcul de l'incertitude aléatoire globale de l'installation, c'est seulement à titre indicatif qu'il faut considérer la valeur ainsi obtenue pour S_5 (écart-type relatif de la composante aléatoire de l'erreur, comme il est exposé dans l'annexe C). Par exemple, si la méthode par pesée est utilisée pour l'étalonnage de débitmètres, la contribution de la valeur S_5 à l'incertitude aléatoire globale dépend du type de débitmètre à étalonner et de la méthode de mesurage de la valeur moyenne de son signal de sortie pendant le temps de remplissage de la cuve de pesée.

Si un débitmètre à turbine est étalonné en calculant le débit à partir du nombre total d'impulsions délivrées, la contribution de l'instabilité du débit dans l'erreur globale de mesurage peut être considérée comme négligeable. Inversement, l'étalonnage d'un appareil déprimogène pour lequel on ne procède qu'à une seule lecture instantanée peut requérir la prise en compte de la totalité du terme S_5 .

L'étude de la stabilité du débit entre les intervalles d'intégration peut avoir de l'intérêt pour contrôler la stabilité à long terme et pour évaluer l'efficacité des dispositifs placés dans le circuit. Ceci peut être important lorsqu'on a besoin d'un débit stable pendant une longue période, par exemple lors des essais de pompes ou de turbines hydrauliques.

Ainsi, la nécessité de prendre ou non en considération les erreurs dues à l'instabilité du débit dépend du type d'appareil en essai et de l'utilisation de l'installation.

Si l'instabilité du débit peut affecter notablement les résultats des mesures, l'analyse des erreurs doit inclure ses effets.

6.6 Étude des caractéristiques de l'écoulement

Lorsqu'une installation de mesurage par pesée est utilisée pour étalonner des débitmètres, il peut être important de connaître les caractéristiques de l'écoulement dans le tronçon d'essai.

L'annexe E donne des précisions sur différentes méthodes de mesure des caractéristiques de l'écoulement.

7 Calcul de l'incertitude globale sur la mesure du débit

Les composantes systématiques et aléatoires de l'incertitude doivent être déterminées conformément aux méthodes indiquées dans l'article 6 et les annexes A à D.

Toutes les fois que possible, les erreurs systématiques mesurées doivent être utilisées pour déduire les corrections à appliquer aux mesures ultérieures. Toutes les incertitudes systématiques restantes doivent être évaluées comme décrit en 6.2.1 et dans l'annexe C de l'ISO 4185 : 1980.

L'incertitude systématique relative, E_S , est obtenue par la formule suivante:

$$E_S = (E_{S_1}^2 + E_{S_2}^2 + E_{S_3}^2 + E_{S_4}^2)^{1/2}$$

où

E_{S_1} est l'incertitude systématique relative due à la bascule (voir 6.1 et annexe A);

E_{S_2} est l'incertitude systématique relative due au fonctionnement du partiteur (voir 6.2 et annexe B);

E_{S_3} est l'incertitude systématique relative due à la fuite du partiteur (voir 6.2 et annexe B);

E_{S_4} est l'incertitude systématique relative due à la détermination de la masse volumique (voir 6.4).

E_{S_4} n'est à prendre en considération que lorsqu'on veut déterminer le débit-volume de préférence au débit-masse.

L'incertitude aléatoire relative, E_R , est obtenue par la formule suivante:

$$E_R = t^* (S_1^2 + S_2^2 + S_3^2 + S_4^2)^{1/2}$$

où

S_1 est l'écart-type relatif de l'erreur aléatoire due à la bascule (voir 6.1 et annexe A);

S_2 est l'écart-type relatif de l'erreur aléatoire due au fonctionnement du partiteur (voir 6.2 et annexe B);

S_3 est l'écart-type relatif de l'erreur aléatoire due à la fuite du partiteur (voir 6.2 et annexe B);

S_4 est l'écart-type relatif de l'erreur aléatoire due à la détermination de la masse volumique (voir 6.4);

t^* est la variable de Student, tirée du tableau 2 pour le nombre approprié de degrés de liberté.

Si l'instabilité du débit est susceptible d'affecter les résultats d'essai, il peut être nécessaire de prendre en considération S_5 et éventuellement S_6 (voir 6.5 et les annexes C et D).

Tableau 2 — Distribution t^* de Student en fonction du nombre de degrés de liberté et pour un niveau de confiance de 95 %

Nombre de degrés de liberté	t^*_{95}
1	12,706
2	4,303
3	3,182
4	2,776
5	2,571
6	2,447
7	2,365
10	2,228
15	2,131
20	2,086
30	2,042
60	2,000
∞	1,960

Le résultat de l'évaluation de l'incertitude globale sur la mesure du débit doit être exprimé par deux valeurs séparées :

- l'incertitude aléatoire, E_R
- l'incertitude systématique, E_S

L'incertitude globale peut aussi être exprimée par la combinaison des incertitudes :

$$E = (E_R^2 + E_S^2)^{1/2}$$

où l'incertitude aléatoire est évaluée avec un niveau de confiance de 95 %. Cette incertitude aléatoire $(E_R)_{95}$ doit alors être indiquée séparément, conformément à l'ISO 5168.

iTeh STANDARD PREVIEW (standards.iteh.ai)

[ISO 9368-1:1990](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/6d1dddc4-10bf-4f42-b19a-0b3771a8daed/iso-9368-1-1990)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/6d1dddc4-10bf-4f42-b19a-0b3771a8daed/iso-9368-1-1990>

Annexe A (normative)

Estimation des erreurs systématiques et aléatoires dues à la bascule

Le dispositif direct de pesée le plus couramment utilisé est la bascule à fléau. L'ISO 4185 prescrit une méthode pour déterminer les erreurs systématiques et aléatoires de ce type de bascule. Une autre méthode, qui peut être aussi utilisée pour d'autres dispositifs directs de pesée, est décrite ci-dessous.

A.1 Procédure expérimentale

La bascule est chargée successivement avec des poids étalons, puis elle est déchargée. Les valeurs des erreurs sont déterminées à chaque chargement ou déchargement pour au moins 10 valeurs régulièrement réparties du zéro jusqu'à la charge maximale (la charge maximale étant égale à la différence entre la portée maximale de la bascule et la masse de la cuve de pesée vide).

Les valeurs des erreurs sont déterminées par la formule suivante:

$$\Delta m_i = R_{mi} - (m + \bar{R}_0) \quad \dots (1)$$

où

Δm_i est l'erreur de la i ème mesure, à une charge égale à $(m + \bar{R}_0)$;

R_{mi} est l'indication de la bascule lors de la i ème pesée des poids étalons de masse m ;

m est la masse des poids étalons;

\bar{R}_0 est la moyenne des valeurs R_{0i} obtenues, où R_{0i} est l'indication de la bascule lors de la i ème pesée de la cuve de pesée vide.

A.2 Estimation de l'incertitude d'une mesure de masse effectuée par double pesée

Pour chaque valeur de la charge mentionnée ci-dessus, on calcule la moyenne arithmétique $\bar{\Delta m}$ de l'écart-type $s_{\Delta m}$ de l'erreur due à la bascule par les formules suivantes:

$$\bar{\Delta m} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta m_i \quad \dots (2)$$

$$s_{\Delta m} = \left[\frac{\sum_{i=1}^n (\Delta m_i - \bar{\Delta m})^2}{(n-1)} \right]^{1/2} \quad \dots (3)$$

où n est habituellement égal à 5 pour les valeurs correspondantes à la charge maximale et à la cuve de pesée vide, et à 10 pour les autres valeurs de la charge.

Les valeurs de $\bar{\Delta m}$ et $s_{\Delta m}$ ainsi obtenues en fonction de $(m + \bar{R}_0)$ sont utilisées ultérieurement en procédant par interpolation. Lorsqu'on a besoin d'une grande exactitude sur les relations qui lient $\bar{\Delta m}$ et $s_{\Delta m}$ à $(m + \bar{R}_0)$, il est recommandé d'en déterminer les équations par la méthode des moindres carrés.

Puisque la masse M du liquide recueilli dans le réservoir (ou prélevé dans celui-ci) est égale à la différence de deux pesées, on a

$$M = R_1 - R_2 \quad \dots (4)$$

où R_1 et R_2 sont les indications de la bascule.

L'erreur systématique sur la détermination de la masse du liquide est donc égale à $\bar{\Delta m}_1 - \bar{\Delta m}_2$ où $\bar{\Delta m}_1$ et $\bar{\Delta m}_2$ sont les valeurs de $\bar{\Delta m}$ correspondant à R_1 et R_2 . Les pesées ultérieures doivent donc être corrigées de $(\bar{\Delta m}_1 - \bar{\Delta m}_2)$ pour tenir compte des erreurs systématiques moyennes ainsi déterminées.

L'incertitude systématique résiduelle lors d'une mesure ultérieure est due à la composante aléatoire de l'erreur systématique observée lors de la procédure d'étalonnage, augmentée de l'incertitude éventuelle sur la masse des poids étalons. Lorsque cette dernière peut être négligée, comme c'est souvent le cas, l'incertitude systématique sur une mesure unique de masse est donnée par la formule suivante:

$$e_S = t^* / \sqrt{n} \left(s_{\Delta m_1}^2 + s_{\Delta m_2}^2 \right)^{1/2} \quad \dots (5)$$

où

$s_{\Delta m_1}$ et $s_{\Delta m_2}$ sont les valeurs de $s_{\Delta m}$ correspondant à R_1 et R_2 ;

t^* est la variable de Student pour $(n-1)$ degrés de liberté.

L'écart-type s de l'erreur aléatoire sur une mesure unique de masse de liquide, M , peut être supposé égal à l'écart-type des indications de la bascule, à la même charge, lors de la procédure d'étalonnage:

$$s = \left(s_{\Delta m_1}^2 + s_{\Delta m_2}^2 \right)^{1/2} \quad \dots (6)$$

Les valeurs relatives de l'incertitude systématique E_{S_1} et de l'écart-type S_1 de l'erreur aléatoire sont données par les formules suivantes:

$$E_{S_1} = \frac{e_S}{M} \quad \dots (7)$$

$$S_1 = \frac{s}{M} \quad \dots (8)$$

A.3 Exemple de calcul

Une bascule ayant une tare de 1 100 kg est contrôlée à l'aide de dix poids de 1 000 kg au cours de cinq cycles de chargement et de déchargement; les résultats obtenus sont rassemblés au tableau A.2.

Les valeurs de $s_{\Delta m}$ en fonction de $(m + \bar{R}_0)$ sont calculées par la relation (3) et données dans le tableau A.1.

Tableau A.1 – Valeurs de $s_{\Delta m}$ en fonction de $(m + \bar{R}_0)$

$(m + \bar{R}_0)$ kg	$s_{\Delta m}$ kg
2 100	2,6
3 100	3,6
4 100	1,9
5 100	3,0
6 100	3,7
7 100	3,9
8 100	3,6
9 100	3,3
10 100	3,9
11 100	3,6

Supposons que les résultats de mesures suivants aient été obtenus:

$$R_1 = 8\,620 \text{ kg}$$

$$R_2 = 3\,235 \text{ kg}$$

alors

$$M = 8\,620 - 3\,235 = 5\,385 \text{ kg}$$

En interpolant les valeurs de $\overline{\Delta m}_1$, $\overline{\Delta m}_2$, $s_{\Delta m_1}$ et $s_{\Delta m_2}$ correspondant à R_1 et R_2 , on obtient:

$$\overline{\Delta m}_1 = 0,6 + \frac{1,2 - 0,6}{9\,100 - 8\,100} \times (8\,620 - 8\,100) \approx 0,9 \text{ kg}$$

$$\overline{\Delta m}_2 = 3,1 + \frac{0,3 - 3,1}{4\,100 - 3\,100} \times (3\,235 - 3\,100) \approx 2,7 \text{ kg}$$

$$s_{\Delta m_1} = 3,6 + \frac{3,3 - 3,6}{9\,100 - 8\,100} \times (8\,620 - 8\,100) \approx 3,4 \text{ kg}$$

$$s_{\Delta m_2} = 3,6 + \frac{1,9 - 3,6}{4\,100 - 3\,100} \times (3\,235 - 3\,100) \approx 3,4 \text{ kg}$$

Correction à apporter à la mesure de la masse de liquide:

$$- (0,9 - 2,7) = + 1,8 \text{ kg}$$

Incertitude systématique:

$$e_s = \frac{2,262}{\sqrt{10}} (3,4^2 + 3,4^2)^{1/2} = 3,4 \text{ kg}$$

(l'erreur sur la masse des poids étalons étant considérée comme négligeable),

ITeh STANDARD REVIEW
(standards.iteh.ai)

$$E_{S_1} = \frac{3,4}{5\,386,8} = 0,000\,6 \text{ ou } 0,06 \%$$

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/6d1dddc4-1007-442-b19a-0b3771a8daed/iso-9368-1-1990>

Ecart-type de l'erreur aléatoire:

$$s = (3,4^2 + 3,4^2)^{1/2} = 4,8 \text{ kg}$$

soit

$$S_1 = \frac{4,8}{5\,386,8} = 0,000\,9 \text{ ou } 0,09 \%$$