Ministère de l'Industrie et du Commerce Extérieur

Direction de l'Action Régionale
et de la Petite et Moyenne Industrie

Sous-direction de la métrologie

Circulaire n° 93.00.110.001.1 du 18 MARS 1993

relative à l'utilisation de moyens d'étalonnage dans le domaine du mesurage statique ou dynamique de liquides

La présente circulaire comprend 13 pages et 3 annexes.

Cette affaire est suvie par M
22, rue Monge 75005 Paris - Tél. :

Circulaire n° 93.00.110.001.1
relative à l'utilisation de moyens d'étalonnage dans le domaine du mesurage statique ou dynamique de liquides

1. DOMAINE D'APPLICATION

La présente circulaire a pour objet de préciser les règles applicables aux moyens d'étalonnage volumiques utilisés à l'occasion des opérations de contrôle définies par le décret n° 88-682 du 6 mai 1988 relatif au contrôle des instruments de mesure, dans le domaine du mesurage statique ou dynamique de liquides, et en particulier :

- pour les essais d'approbation de modèles,
- pour les essais de la vérification primitive, de la vérification périodique et de la surveillance,
- lors des interventions effectuées par les réparateurs et organismes agréés, dans le cadre de leur agrément,
- dans le cadre d'une procédure d'assurance de la qualité.

Elle s'applique à tous les moyens d'étalonnage, y compris les bancs d'étalonnage et les étalons de référence ou de travail.

2. TERMINOLOGIE ET DOCUMENTS DE REFERENCE

2.1. Terminologie

La terminologie utilisée et les définitions contenues dans la présente circulaire sont conformes aux normes suivantes:

- NF X 06-044 : Application de la statistique - Traitement des résultats de mesure - Détermination de l'incertitude associée au résultat final.
- NF X 07-001 : Vocabulaire international des termes fondamentaux et généraux de métrologie (VIM).
- NF X 07-010 : Métrologie, la fonction métrologique dans l'entreprise.

Définitions complémentaires :

Etalon de référence (VIM - définition n° 6.08) : Etalon, en général de la plus haute qualité métrologique disponible en un lieu donné, duquel dérivent les mesurages effectués en ce lieu.

Etalon de travail (VIM - définition n° 6.09) : Etalon qui, habituellement étalonné par comparaison à un étalon de référence, est utilisé couramment pour étalonner ou contrôler des mesures matérialisées ou des appareils de mesure.

Note : Un étalon de référence ne devrait pas être un étalon également utilisé comme étalon de travail.

Etalon de transfert (VIM - définition n° 6.10) : Etalon utilisé comme intermédiaire pour comparer entre eux des étalons, des mesures matérialisées ou des appareils de mesure.

Etalon mobile (étalon voyageur - VIM définition n° 6.11) : Etalon itinérant susceptible de se déplacer sans qu'un nouvel étalonnage ou ajustage soit nécessaire.

Note : La classification en étalons mobiles d'une part, et en étalons fixes d'autre part, nécessite une prise en considération des conditions de stockage et de manutention notamment.

Ainsi, on pourra souvent considérer comme fixe un étalon utilisé exclusivement dans un laboratoire donné et conservé soigneusement. Par contre, les conditions ci-dessus mentionnées devront être examinées pour un étalon utilisé sur un même site, en extérieur, déplacé d'un poste de travail à l'autre.

Jauge étalon : Récipient utilisé pour l'étalonnage ou la vérification d'ensembles de mesurage de liquide ou d'autres récipients.

Tube ou piston étalon : Dispositif matérialisant un volume utilisé pour l'étalonnage ou la vérification d'ensembles de mesurage de liquide, dans lequel circule un organe mobile et dont le volume (étalon) est déterminé par la section d'étanchéité et la distance parcourue par l'organe mobile, définie par des capteurs de position ou déterminé au moyen d'un dispositif de mesure de déplacement. Cet organe mobile peut avoir différentes formes, en particulier il peut être sphérique ou cylindrique.

Banc d'étalonnage (ou d'essais) : Installation composée d'un ou plusieurs étalons et de dispositifs complémentaires permettant l'installation et la mise en oeuvre des instruments de mesure à étalonner ou à vérifier.

Notes :

Souvent un banc d'étalonnage (ou d'essais) fait intervenir ou comprend une jauge. Pour l'application de la présente circulaire, et sauf dispositions réglementaires catégorielles contraires, on entend par banc d'étalonnage (ou d'essais), toute installation dont les conditions de construction ou d'exploitation sont susceptibles d'avoir une influence sur le résultat d'étalonnage (exemples : espacement entre plusieurs compteurs placés en série, longueurs droites avant et après compteur ...). Lorsque cela n'est pas le cas, l'installation est uniquement soumise aux exigences applicables aux jauges, y compris pour ce qui concerne les incertitudes.

Dans la suite du texte, le terme "étalon" est également utilisé pour "banc d'étalonnage"

Incertitudes globales (lors d'un étalonnage ou d'une vérification) : incertitudes sur la détermination des erreurs d'un étalon ou d'un instrument à étalonner ou à vérifier, comprenant les composantes dues à l'étalon, à son installation et à sa mise en oeuvre, incluant des composantes liées à l'étalon ou à l'instrument à étalonner ou à vérifier lui-même.

Notes :

Si les incertitudes liées à la dérive ou au vieillissement d'un étalon (par exemple l'encrassement d'une jauge) ne sont pas prises en compte dans le procès-verbal ou le certificat d'étalonnage de l'étalon, elles doivent être considérées au titre de la mise en oeuvre.

La résolution de l'instrument à étalonner ou à vérifier, liée à l'échelon, est donc à considérer.

Certificat d'étalonnage : Document dans lequel sont consignés les résultats d'étalonnage d'un appareil de mesure.

Au sens de la présente circulaire, un certificat d'étalonnage BNM-FRETAC est un certificat d'étalonnage délivré par un laboratoire de métrologie dans le cadre de son accréditation par le FRETAC du Bureau national de la métrologie (BNM). Le FRETAC est l'organe au sein du BNM chargé de l'accréditation des laboratoires d'étalonnage constituant le système des chaînes d'étalonnage françaises.

Note : Un certificat d'étalonnage établi par un laboratoire de métrologie est quelquefois appelé rapport d'étalonnage lorsque le document se rapporte à un appareil de mesure lui appartenant.

2.2. Documents de référence

Outre les documents cités en 2.1, les documents suivants peuvent être utilisés :

- NF X 06-045 : Application de la statistique - Traitement des résultats de mesure - Utilisation de grandeurs de référence dans les méthodes de mesures.
- NF X 06-046 : Application de la statistique - Traitement des résultats de mesure - Propagation des erreurs.
- NF M 08-003 : Mesurage dynamique, systèmes d'étalonnage des compteurs volumétriques (NF ISO 7278-1).
- NF M 08-004et7: Mesurage dynamique, systèmes d'étalonnage des compteurs volumétriques (NF ISO 7278-2 à 4, domaine pétrolier).
- NF E 17-004 : Instrument de mesure de débit - Compteurs d'eau froide - Méthodes et matériels (NF ISO 4064-3).
- NF E 17-006et7: Mesurage de débit d'eau dans les conduites fermées (NF ISO 7858-1 et 2).

3. RACCORDEMENT DES ETALONS

Les étalons utilisés lors d'opérations de contrôle réglementaire, doivent être raccordés aux étalons nationaux ou à des étalons étrangers reconnus équivalents par la sous direction de la métrologie, et être accompagnés d'un certificat d'étalonnage daté. Sauf exception, les conditions de référence auxquelles sont ramenés les résultats des étalonnages sont de 20 °C pour la température et de 10^5 Pa pour la pression absolue.

Les étalons de référence sont considérés raccordés aux étalons nationaux si les détenteurs disposent, lors de leur utilisation, d'un certificat d'étalonnage BNM-FRETAC, dont la date de réalisation permet le respect des limites de validité définies par la présente circulaire.

Les étalons de travail sont considérés comme raccordés aux étalons nationaux si les détenteurs disposent, lors de leur utilisation :

- soit, d'un certificat d'étalonnage BNM-FRETAC dont la date de réalisation permet le respect des limites de validité définies par la présente circulaire,
- soit, d'un certificat d'étalonnage interne, dont la date de réalisation permet le respect des limites de validité définies par la présente circulaire. Cet étalonnage doit être effectué par le détenteur de l'étalon à partir d'un étalon de référence, conformément à des procédures internes de raccordement établies par le détenteur et validées par la direction régionale de l'industrie, de la recherche et de l'environnement (DRIRE). Les procédures doivent concerner les méthodes et le personnel intervenant.

Note : Lorsque les procédures internes de raccordement ont été validées par le FRETAC dans le cadre d'une accréditation, la validation par la DRIRE est systématique si les activités considérées sont identiques.

En principe, les étalons de référence doivent appartenir à l'organisme ou à la société procédant au raccordement de ses étalons de travail de façon interne, conformément à la procédure décrite au deuxième tiret ci-dessus.

Toutefois, l'utilisation en commun d'étalons de référence et/ou d'étalons de transfert pour les étalonnages des étalons de travail par plusieurs sociétés peut être acceptée si l'organisme ou la société gérant les moyens métrologiques est accréditée par le FRETAC.

De plus, exceptionnellement dans le cas d'étalons de référence très onéreux, des dérogations peuvent être accordées par la DRIRE pour l'utilisation d'étalons loués, prêtés ou achetés en commun (par exemple dans le cas d'une jauge de capacité supérieure à 2000 l).

Tout étalon de travail prêté ou loué doit être accompagné d'un certificat d'étalonnage BNM-FRETAC dont la date de réalisation permet le respect des limites de validité définies par la présente circulaire.

4. APPROBATION DES ETALONS DE TRAVAIL

4.1. Règles

Sous réserve de dispositions catégorielles et sauf indications contraires ci-après, les étalons de travail doivent recevoir l'approbation de la DRIRE du lieu de fabrication ou d'assemblage.

La procédure d'approbation a pour but :

- de façon générale, pour les étalons soumis à cette procédure :
  . de déterminer les incertitudes optimales auxquelles peut satisfaire l'étalon,
  . dans la mesure du possible, afin d'éviter l'étude sur place ou au cas par cas, de déterminer les incertitudes dues à la mise en oeuvre de l'étalon,
  . d'examiner les procédures de mise en oeuvre et d'utilisation, en particulier lorsque l'étalon de travail utilisé est un compteur "pilote",
- pour les étalons mobiles :
  . d'examiner si la qualité de fabrication du moyen d'étalonnage (solidité, rigidité...) est compatible avec la mobilité prévue,
  . d'examiner les procédures de transport et de conservation.

4.1.1. Etalons mobiles

Les incertitudes globales devant être connues pour chaque application, il est conseillé pour éviter des études ultérieures, que la décision d'approbation vise les différents cas d'utilisation et fixe les incertitudes globales correspondantes.

Exemple d'utilisation prévue : Contrôle des ensembles de mesurage de produits pétroliers dont la viscosité est inférieure à 10 mPa.s, la température étant comprise entre -10 °C et +50 °C, et dont l'échelon est inférieur ou égal à 0,02 l.

Lorsque l'étalon doit être mis en oeuvre pour une utilisation non prévue par la décision d'approbation, la DRIRE du lieu d'utilisation peut exiger que les incertitudes de mise en oeuvre soient estimées lors de l'utilisation particulière.

4.1.2. Etalons fixes

Sauf dispositions catégorielles particulières (par exemple : les compteurs "pilotes"qui doivent être étalonnés régulièrement), les étalons fixes sont dispensés d'approbation s'ils sont accompagnés d'un certificat d'étalonnage BNM-FRETAC, ou d'un certificat d'étalonnage interne dans le cas d'un organisme accrédité FRETAC réalisé dans le cadre de son habilitation, où apparaissent les incertitudes liées à l'étalon concerné et à son utilisation .

Si ces incertitudes ne comprennent pas les incertitudes liées à la mise en oeuvre de l'étalon et aux instruments à étalonner ou à vérifier, celles-ci devront être estimées par le détenteur avant leur utilisation.

4.1.3. Cas particulier des tubes ou pistons étalons

En plus des dispositions générales précédentes, tout nouvel étalon dans ce domaine doit faire l'objet de la part de la sous-direction de la métrologie d'un avis préalable sur les conditions d'emploi.

Cet avis préalable est établi par la sous-direction de la métrologie au vu d'un des exemplaires de la demande d'approbation, transmis par la DRIRE à la sous-direction de la métrologie. L'adéquation de l'étalon aux instruments à étalonner ou vérifier doit être justifiée.

4.2. Procédure d'approbation

L'approbation est demandée à la DRIRE du lieu de fabrication ou d'assemblage.

Le dossier de demande d'approbation, fourni en trois exemplaires, doit contenir les documents ou informations suivants :

- la lettre de demande,
- les caractéristiques métrologiques de l'étalon,
- les plans de l'étalon, des dispositifs de scellement et de la plaque d'identification,
- les différents types d'instruments dont l'étalonnage ou la vérification sont envisagés,
- les conditions de transport, de mise en oeuvre et de conservation, si besoin est,
- les incertitudes relatives aux conditions de mise en oeuvre et les incertitudes globales,
- les modalités d'application des corrections éventuelles à apporter,
- un ou plusieurs certificats d'étalonnage BNM-FRETAC (voir ci-dessous).

La décision d'approbation est prononcée au vu du dossier technique et d'un certificat d'étalonnage BNM-FRETAC dans le cas d'une demande concernant un étalon construit en un seul exemplaire, ou d'au moins deux certificats BNM-FRETAC dans le cas d'une demande d'approbation concernant des étalons construits ou destinés à être construits en plusieurs exemplaires.

La décision d'approbation précise si elle concerne un étalon construit en un seul exemplaire ou des étalons construits en plusieurs exemplaires. De même, elle précise les périodicités à prévoir pour les cas particuliers pour lesquels les règles du paragraphe 6 ne sont pas applicables.

Les jauges étalons conformes à un plan antérieurement approuvé par la section "matériel et mesure de précision" (SMMP) du ministère chargé de la métrologie sont considérées comme approuvées au sens de la présente circulaire. Cette conformité ne dispense pas de la nécessité de raccordement aux étalons nationaux et de la prise en considération des conditions de mise en oeuvre.

5. INCERTITUDES GLOBALES LORS D'UN ETALONNAGE OU D'UNE VERIFICATION

Sauf dispositions catégorielles particulières, lors des contrôles d'instruments de mesure, dans le domaine du mesurage statique ou dynamique de liquides, les incertitudes globales sur les étalons doivent être inférieures :

- soit au cinquième des erreurs maximales tolérées sur l'instrument en approbation de modèle,
- soit au tiers des erreurs maximales tolérées sur l'instrument pour les autres opérations de contrôle.

Les incertitudes doivent être calculées selon les méthodes généralement utilisées au BNM et explicitées dans les guides techniques qu'il édite. Quelques aspects pratiques sont abordés en annexe n°2. Pour la théorie, on se reportera aux normes correspondantes.

Les incertitudes dont les causes sont indépendantes, sont sommées quadratiquement. Dans la suite du texte, sauf dispositions catégorielles particulières, l'estimation des incertitudes est faite selon la résolution du Comité international des Poids et Mesures avec $k = 2$ correspondant à un niveau de confiance de 95%, au sens de la norme NF X 06-044.

Les incertitudes globales peuvent être décomposées de la façon suivante :

- incertitudes sur la valeur de l'étalon (incertitudes de l'étalon), déterminées en fonction de ses propres conditions d'étalonnage,
- incertitudes liées à la mise en oeuvre, incluant des composantes liées à l'étalon ou à l'instrument à étalonner ou à vérifier. Parmi ces causes d'incertitudes, il convient de ne pas oublier de considérer l'influence de la température et l'échelon de l'instrument à étalonner ou à vérifier.

Par exemple, les incertitudes globales lors d'un étalonnage ou d'une vérification sont liées :

- aux étalons de référence ou de travail,
- aux influences de la température,
- aux déformations,
- à la position d'utilisation,
- au mouillage, au temps d'égouttage, à la nature du liquide,
- aux autres conditions de mise en oeuvre de l'étalon de référence ou de travail, ou de l'instrument à étalonner ou à vérifier (échelon, pertes, évaporations,...).

Les incertitudes de l'étalon de travail doivent être calculées à partir des procédures validées par la DRIRE, ou sont données par le certificat d'étalonnage BNM-FRETAC lorsqu'il existe. Dans le premier cas, lorsque les incertitudes d'étalonnage de l'étalon de travail utilisé ne sont pas connues, elles pourront, en attendant leur estimation qui doit être effectuée à terme dans tous les cas, être prises égales à 5 fois les incertitudes d'étalonnage de l'étalon de référence.

Dans tous les cas, du fait des matériaux utilisés pour la construction d'une jauge, les incertitudes d'étalonnage de celle-ci, compte tenu de l'expérience sur la répétabilité des résultats, ne pourront être inférieures à :

- $\pm 1 \times 10^{-4}$, dans le cas de jauge étalon *à débordement en acier inoxydable* ou réalisée *avec un revêtement en résine époxy,*
- $\pm 2 \times 10^{-4}$, dans le cas de jauge étalon *à fenêtre de lecture en acier inox*ydable ou réalisée *avec un revêtement en résine époxy,*
- $\pm 1 \times 10^{-3}$, dans le cas de jauges étalons *en acier galvanisé.*

Les incertitudes globales lors d'un étalonnage ou d'une vérification sont données par la somme quadratique des incertitudes de l'étalon et des incertitudes dues aux conditions de mise en oeuvre de l'étalon.

Toutefois, lorsque les incertitudes dues à la mise en oeuvre de l'étalon de travail sont difficilement estimables, on pourra prendre provisoirement, en attendant leur estimation qui doit être effectuée à terme dans tous les cas, les incertitudes globales lors d'un étalonnage ou de la vérification d'un instrument égales :

- au double des incertitudes de l'étalon de travail utilisé, si le liquide est de l'eau à la température ambiante,
- au triple des incertitudes de l'étalon de travail utilisé, si le liquide est un produit volatile à la température ambiante,
- au quintuple des incertitudes de l'étalon de travail utilisé, si le liquide est un produit pétrolier réchauffé, un produit chimique difficile à mesurer ou de l'eau chaude.

Pour les autres produits, on pourra raisonner par analogie.

Lorsque les incertitudes liées à l'étalon sont fixées forfaitement aux valeurs ci-dessus, cela ne dispense pas de considérer l'échelon de l'instrument à vérifier.

6. PERIODICITE D'ETALONNAGE

La périodicité maximale d'étalonnage des étalons est, sauf cas particuliers (par exemple pour les compteurs "pilotes" ou les étalons de transfert), fixée par le tableau suivant :

classes	étalons de travail		étalons de référence	
	mobiles	fixes	mobiles	fixes
1	1 an	2 ans	2 ans	4 ans
2	2 ans	3 ans	3 ans	5 ans
3	3 ans	4 ans	4 ans	6 ans

La classe 1 s'applique aux étalons pour lesquels la constance n'a pas été démontrée.

La classe 2 s'applique aux étalons pour lesquels la constance est présumée démontrée.

La classe 3 s'applique aux étalons pour lesquels la constance a été démontrée puis confirmée par des observations postérieures à la démonstration initiale.

La constance d'un étalon est présumée démontrée s'il apparaît qu'il reste suffisamment stable entre deux étalonnages, compte tenu de l'application considérée, en prenant en considération:

- la fréquence de son utilisation,
- les conditions de son utilisation,
- la contribution de ses incertitudes d'étalonnage à l'incertitude globale,
- pour les étalons de travail, le rapport de l'incertitude globale à l'incertitude maximale acceptable.

Les étalons de référence ou de travail utilisés pour des opérations d'étalonnage ou de vérification pour lesquelles les incertitudes globales n'ont pas été effectivement calculées, appartiennent à la classe 1.

Le bien-fondé du passage de la classe 1 à la classe 2, puis de la classe 2 à la classe 3 doit être examiné par la DRIRE lors de chaque réétalonnage. A cet égard, il faut se rappeler que les informations concernant l'évolution de l'étalon, d'une jauge notamment, peuvent ne pas apparaître à la lecture des procès-verbaux d'étalonnage, si le laboratoire effectuant les étalonnages ajuste l'étalon lors de cette opération. Il sera donc utile pour l'application de cette possibilité de disposer d'un résultat d'étalonnage avant ajustage.

Dans le cas déconseillé où un étalon de travail est aussi étalon de référence, la périodicité applicable est celle qui a été définie pour l'étalon de travail.

Enfin certaines précautions peuvent permettre d'éviter des étalonnages superflus, par exemple pour les jauges étalons, des nettoyages intérieurs réalisés avec soin, et dont l'efficacité est analogue à celle d'un nettoyage sous pression au moyen d'un liquide dégraissant. Ces opérations sont conseillées voire nécessaires dans certains cas (prendre des précautions pour le nettoyage des fenêtres des jauges lorsque celles-ci en sont équipées).

7. INSCRIPTIONS

Les étalons doivent porter de façon inamovible, par exemple sur une plaque d'identification, les inscriptions suivantes :

- raison sociale du fabricant ou sa marque d'identification,
- identification de l'étalon (numéro de série...),
- numéro de la décision d'approbation (ce numéro est remplacé par l'indication "APPROBATION SMMP" pour les étalons approuvés antérieurement à la présente circulaire),
- capacité nominale ou maximale, suivie du symbole de l'unité,
- température de référence,
- le cas échéant pour les jauges étalons, le temps d'égouttage à utiliser lorsque celui-ci est différent de 30 s.

Pour les étalons en verre (Recommandation internationale n°43 de l'Organisation internationale de métrologie légale (OIML) relative aux fioles étalons graduées en verre pour agents de vérification), les inscriptions précédentes peuvent être gravées par sablage sur l'étalon lui-même ou être portées par la plaque d'identification qui peut être fixée sur le coffret contenant l'étalon. Dans le deuxième cas, la plaque d'identification doit porter le numéro d'identification des jauges.

8. PRESCRIPTIONS DE FABRICATION DES ETALONS

8.1. Jauges étalons

8.1.1. Généralités

Sauf applications particulières, la capacité nominale des jauges étalons utilisées pour les opérations mentionnées au point 1, doit être de la forme 1.10^n, 2.10^n ou 5.10^n unités de volume, n étant un nombre entier positif ou négatif, ou zéro.

Les matériaux et les formes de construction, les états de surface et les revêtements éventuels intérieurs, doivent être choisis en fonction des produits utilisés et de l'incertitude requise sur la jauge étalon.

Pour les jauges étalons ayant une capacité nominale supérieure à 500 l, voir 200 l dans certains cas, il peut être nécessaire de les équiper d'un dispositif précis de mise à niveau, en fonction de l'incertitude recherchée.

Les règles de fabrication ci-après sont données à titre indicatif. Il en est de même pour les schémas-types donnés en annexe n°1.

8.1.2. Jauges en verre

Les jauges en verre doivent être conformes à celles de la classe A définie dans la Recommandation internationale n° 43 de l'OIML, relative aux fioles étalons graduées en verre pour agents de vérification.

Les jauges en verre pouvant être étalonnées soit pour une utilisation avec parois intérieures sèches au départ ("IN" ou capacité "contenue" - c'est-à-dire par remplissage), soit pour une utilisation avec parois intérieures humides ("EX" ou capacité "délivrée" - c'est-à-dire par vidange), le certificat d'étalonnage doit préciser la règle d'utilisation correspondante.

Il est rappelé que, dans le domaine de la métrologie légale, les jauges en verre sont généralement utilisées par vidange.

8.1.3. Jauges métalliques

8.1.3.1. Jauges sans vanne de vidange

Ces jauges ont une forme générale cylindro-conique. Leur fond, concave ou convexe, est renforcé par un croisillon et protégé par un cercle de base.

Le col est terminé par un bec de versement et muni de deux fenêtres de visée garnies d'une matière transparente convenable.

Les tôles et leurs soudures doivent être rigides, protégées contre l'oxydation et lisses à l'intérieur de la jauge.

Les fenêtres de visée comportent une échelle composée d'au moins trois traits principaux correspondant à la capacité nominale et à celle-ci augmentée et diminuée d'un pourcentage de son volume. Le nombre de traits secondaires (sur les fenêtres ou sur une échelle complémentaire) doit être en correspondance avec la précision de la jauge.

Les dimensions des cols doivent être choisies afin que les effets de capillarité ou de ménisque soient négligeables.

8.1.3.2. Jauges avec vanne de vidange

Ces jauges ont une forme générale cylindro-conique verticale ou cylindrique inclinée.

Elles comportent en général, pour les jauges cylindro-coniques :

- un col cylindrique supérieur,
- un tronc de cône supérieur,
- un corps cylindrique médian à section circulaire,
- un tronc de cône inférieur,
- éventuellement, un col cylindrique inférieur,
- un dispositif de vidange,

et pour les jauges cylindriques :

- un col cylindrique supérieur,
- un corps cylindrique incliné,
- un dispositif de vidange.

Les tôles et leurs soudures doivent être rigides, protégées contre l'oxydation et lisses à l'intérieur de la jauge. La jauge comporte si nécessaire des renforts placés à l'extérieur.

Dans le cas où les jauges sont susceptibles d'être déplacées, le support doit être résistant et conçu de manière à ne pas entraîner des déformations de la jauge et d'éventuelles détériorations de la vanne de vidange. Il doit, de plus, permettre l'installation stable de l'appareil et sa mise à niveau. Le contrôle du niveau doit être aisé.

L'intérieur des jauges ne doit comporter aucune tôle horizontale et les parties coniques doivent être d'inclinaison assez forte pour permettre un bon égouttage.

Le col supérieur peut être équipé soit d'un dispositif de trop plein, soit de deux fenêtres de visée. La réalisation du trop plein est obtenue par le découpage dans le col d'au moins deux créneaux diamétralement opposés. La largeur des créneaux doit être suffisante afin de faciliter l'évacuation du liquide excédentaire. Leur base doit présenter un léger chanfrein descendant de l'extérieur vers l'intérieur.

Les fenêtres de visée doivent comporter au moins trois traits principaux correspondant à la capacité nominale et à celle-ci augmentée et diminuée d'un pourcentage de son volume. Le nombre de traits secondaires (sur les fenêtres ou sur une échelle complémentaire) doit être en correspondance avec la précision de la jauge.

Lorsqu'il existe, le col inférieur peut être équipé de deux fenêtres de visée. Dans ce cas, les fenêtres de visée doivent comporter un trait correspondant au niveau zéro du volume utile de la jauge. Des dispositifs manuels ou automatiques de mise du liquide au niveau zéro de la jauge peuvent être utilisés.

Sur l'installation, l'étanchéité des vannes, l'état de remplissage et la vidange de la jauge doivent pouvoir être aisément contrôlées.

Des moyens de prise de température peuvent être nécessaires suivant le niveau d'incertitude recherché ou compte tenu de la nécessité d'effectuer des corrections. Leur installation doit être réalisée suivant les règles de l'art (profondeur d'immersion, inclinaison, doigt de gant,...). Le nombre de prises de température peut être par exemple :

- un, pour une capacité nominale inférieure ou égale à 500 l,
- deux, pour une capacité nominale supérieure à 500 l et inférieure ou égale à 2000 l,
- trois, pour une capacité nominale supérieure à 2 000 l.

8.1.4. <u>Jauges avec vanne de vidange du type fractionné</u>

Certaines jauges peuvent être du type "fractionné", c'est-à-dire disposant d'une fenêtre de visée sur la totalité du corps de la jauge.

Les différentes parties formant la jauge doivent avoir une génératrice rectiligne verticale commune en face de laquelle est placée la fenêtre de visée. Des ouvertures, pratiquées dans la tôle et en nombre suffisant, doivent permettre une bonne communication entre la jauge et l'intérieur de la fenêtre de visée.

Les dimensions de la fenêtre de visée et de son corps doivent être suffisantes afin d'éviter tout phénomène de capillarité.

8.2. Tubes et pistons étalons

Les tubes et pistons étalons doivent être conformes aux normes existantes qui leur sont applicables lorsqu'elles existent.

8.3. Compteurs "pilotes"

Les compteurs "pilotes" doivent être construits dans des matériaux assurant une reproductibilité des résultats. Leur entretien et leur utilisation doivent être conformes aux réglementations catégorielles lorsqu'elles existent.

Note : Reproductibilité sous-entend notamment répétabilité et constance.

9. SCELLEMENTS

Lorsque le détenteur peut avoir un intérêt au déréglage des étalons, un dispositif de scellement doit être prévu pour empêcher toute modification des dispositifs d'ajustage des étalons et le démontage des parties démontables pouvant avoir une incidence métrologique.

Note : c'est notamment le cas dans le cadre d'une dispense de vérification périodique et de vérification après réparation.

Dans ce cas, les marques de scellement apposées sur les étalons sont :

- soit, la marque d'identification du laboratoire accrédité par le FRETAC lorsque cette marque a été attribuée par la DRIRE,
- soit, la marque de vérification prévue à l'article 32 de l'arrêté du 1er mars 1990 (marque particulière dite "marque triangulaire") apposée par un agent de la DRIRE ayant assisté à la réception de l'équipement livré.

Cette règle s'applique aux étalons de référence et aux étalons de travail. Toutefois, elle peut ne pas s'appliquer aux étalons de travail raccordés de façon interne par le détenteur à partir d'un étalon de référence lui appartenant en propre.

Losque le détenteur n'a pas d'intérêt évident au déréglage de ses étalons de travail, les moyens d'ajustage ou les parties démontables des étalons de travail doivent uniquement être protégés contre les interventions accidentelles au moyen du dispositif de scellement recevant la marque du détenteur.

Dans les autres cas, aucune marque de scellement n'est éxigée.

10. DISPOSITIONS PRATIQUES RELATIVES A L'UTILISATION DES MOYENS D'ETALONNAGE

10.1. Documents d'accompagnement (Rappel)

A toute occasion, la DRIRE peut demander, notamment dans le cas d'étalons mobiles, que soient présentés :

- le document en cours de validité attestant l'étalonnage de l'étalon,
- la décision d'approbation concernant l'étalon (si applicable),
- un document justificatif des incertitudes globales.

10.2. Jauges étalons

Une attention particulière doit être portée sur le volume des jauges utilisées. En effet, différentes réglementations catégorielles imposent un volume minimal de la jauge en fonction du débit maximal du compteur et de l'échelon de son dispositif indicateur en cours d'essai (par exemple : 2 % du volume débité en une heure au débit maximal du compteur et 500 échelons du dispositif indicateur, article 41 de l'arrêté du 18 janvier 1956 relatif à la construction, la vérification et l'utilisation des instruments mesureurs de carburants, combustibles et lubrifiants liquides).

10.3. Tubes ou pistons étalons

L'utilisation et l'étalonnage de ces équipements doivent être réalisés conformément aux normes actuellement en vigueur et en particulier les normes internationales NF ISO 7278-1 et ISO 7278-2 à 4 "Mesurage dynamique, systèmes d'étalonnage des compteurs volumétriques".

La prise d'information adaptée sur le dispositif indicateur ne doit pas engendrer de perturbation sur le mesureur en cours d'essais.

Les caractéristiques du tube étalon devront être adaptées au type de compteur étalonné (par exemple : écart périodique appelé aussi distorsion cyclique, nombre et fréquence des impulsions émises...).

11. DISPOSITIONS COMPLEMENTAIRES

Toutes dispositions contraires à la présente circulaire sont abrogées et en particulier :

- la circulaire n° 727 du 1er septembre 1949 relative aux jauges agréées,
- la circulaire du 6 mars 1965 relative aux recommandations pour la réalisation d'une station d'essais pour compteurs d'hydrocarbures liquides montés sur camion,
- la circulaire n° 71.031.0.580.0 du 26 février 1971 relative à l'utilisation des tubes étalons pour l'étalonnage des compteurs de liquides autres que l'eau,
- la circulaire n° 75.1.01.430.0.0 du 17 janvier 1975 relative à la vérification des compteurs turbines à réglage électronique,
- celles contenues dans la circulaire n° 91.00.340.001.1 du 15 mars 1991 relative aux récipients-mesures utilisés pour le transport des produits liquides à la pression atmosphérique. Toutefois, le paragraphe 4.1 relatif aux dispositions transitoires reste applicable.

12. DISPOSITIONS TRANSITOIRES

Les dispositions de la présente circulaire entrent en vigueur aux dates ci-après :

1) Raccordement des étalons de travail :

a) Etalons de travail mis en service après la date de signature de la présente circulaire ou étalons de travail ne répondant pas au conditions du b) ci-dessous : **1er janvier 1994,**

b) Sous réserves de répondre aux conditions ci-après, étalons de travail étalonnés par un organisme du FRETAC ou, à défaut vérifiés par un service chargé de la métrologie légale :

- entre le 1er janvier 1988 et la date de signature de la présente circulaire : **1er janvier 1995,**
- avant le 1er janvier 1988 : **1er juillet 1994.**

Ces étalons doivent appartenir au même détenteur jusqu'aux dates prévues ci-dessus.

S'il s'agit de jauges, elles doivent :

- être dans un bon état apparent, en particulier ne pas être déformées (bosses, creux ...) et ne pas être rouillées,
- avoir fait l'objet, depuis moins de deux ans, d'un nettoyage intérieur dont l'efficacité est analogue à celle d'un nettoyage sous pression au moyen d'un liquide dégraissant (prendre des précautions pour le nettoyage des fenêtres des jauges lorsque celles-ci en sont équipées).

Les jauges en mauvais état doivent être soit réformées soit réparées puis étalonnées avant leur remise en service.

2) Approbation des étalons de travail : **1er janvier 1994.** Il est rappelé que les jauges étalons conformes à un plan antérieurement approuvé par la SMMP sont considérées comme approuvées au sens de la présente circulaire (voir paragraphe 4.2).

Les plaques d'identification des jauges mises en service avant la date de signature de la présente circulaire pourront ne pas être conformes en tout point aux dispositions du point 7.

3) Calcul de l'incertitude globale selon le 1er alinéa du paragraphe **5** : **1er juillet 1995.**

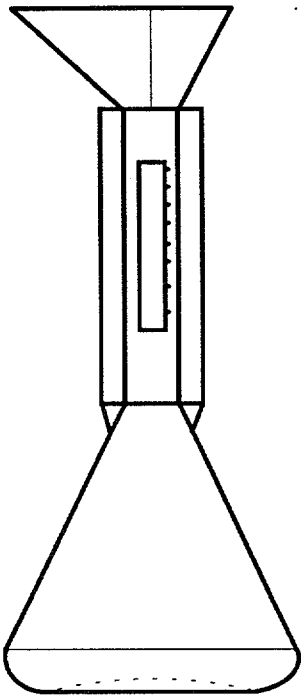
Fait à Paris, le : 18 MARS 1993

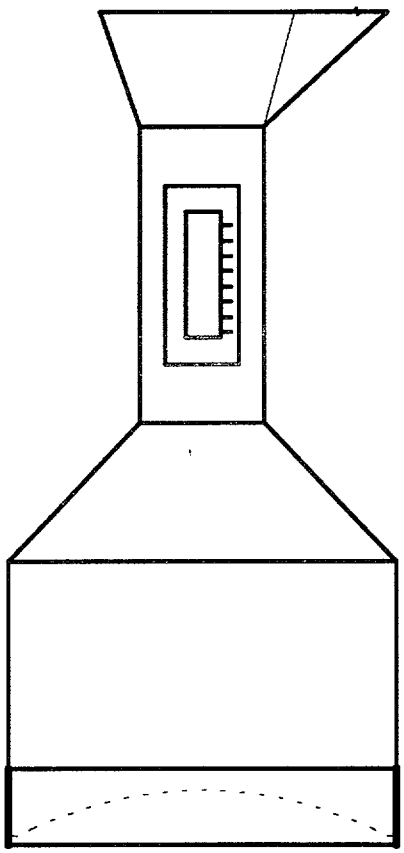
Pour le ministre empêché,
le directeur de l'action régionale
et de la petite et moyenne industrie,

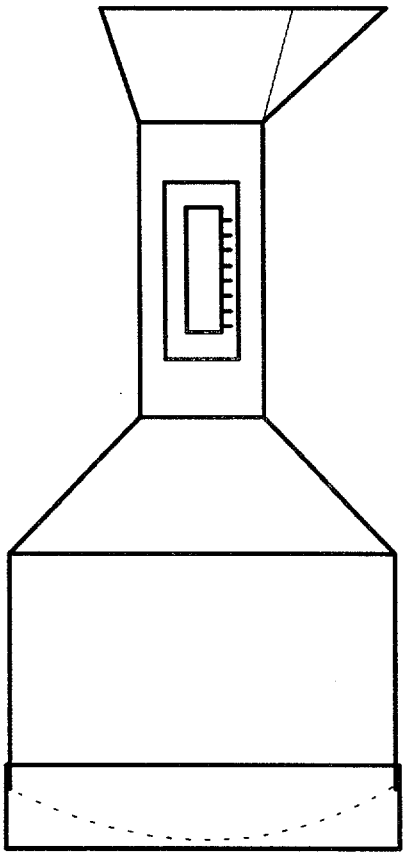
M. GERENTE

ANNEXE 1

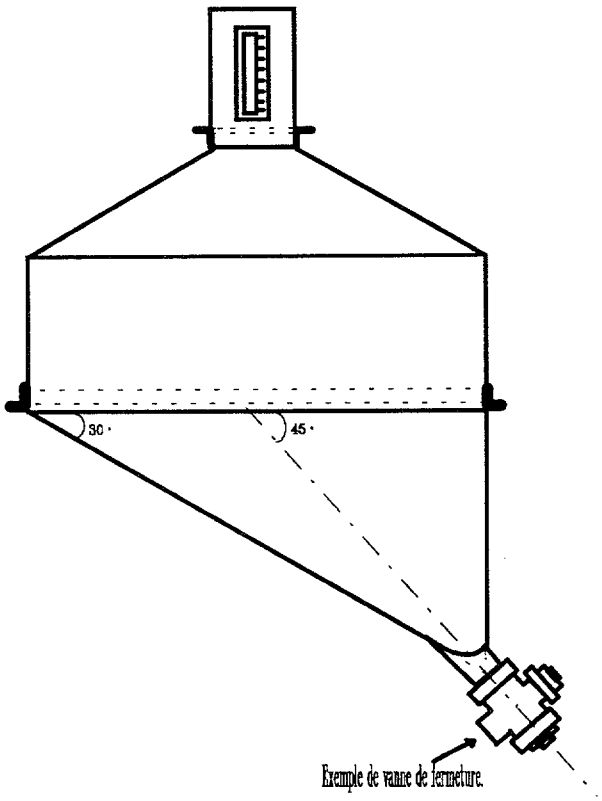
SCHEMAS-TYPES DE JAUGES ETALONS

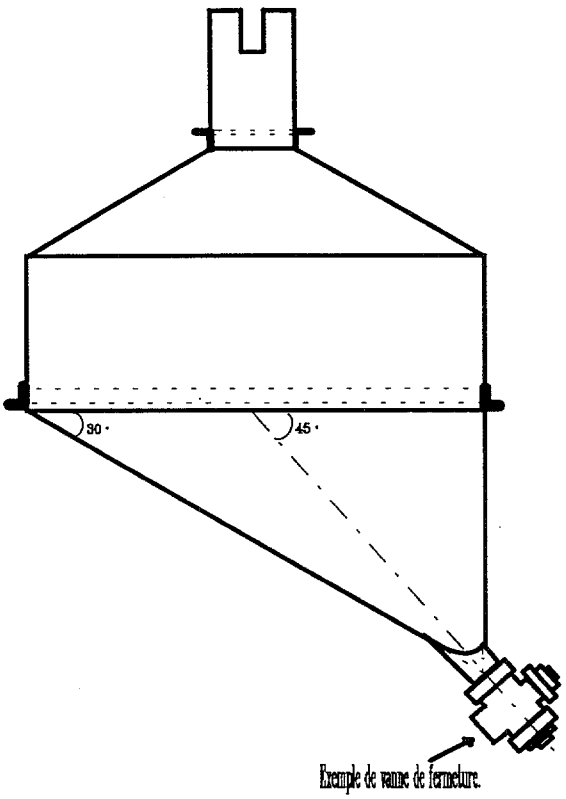


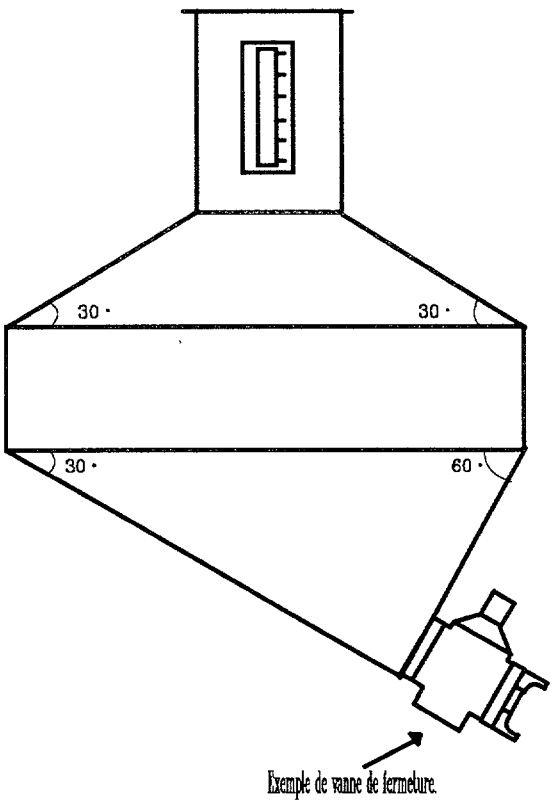


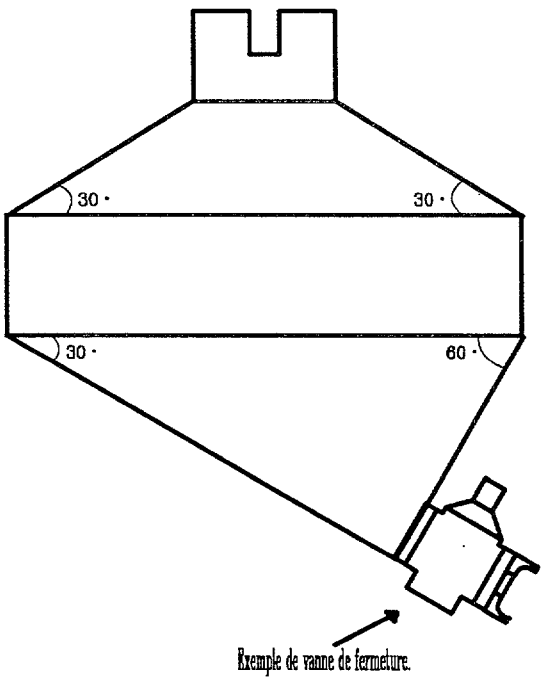


ANNEXE 1 (suite)

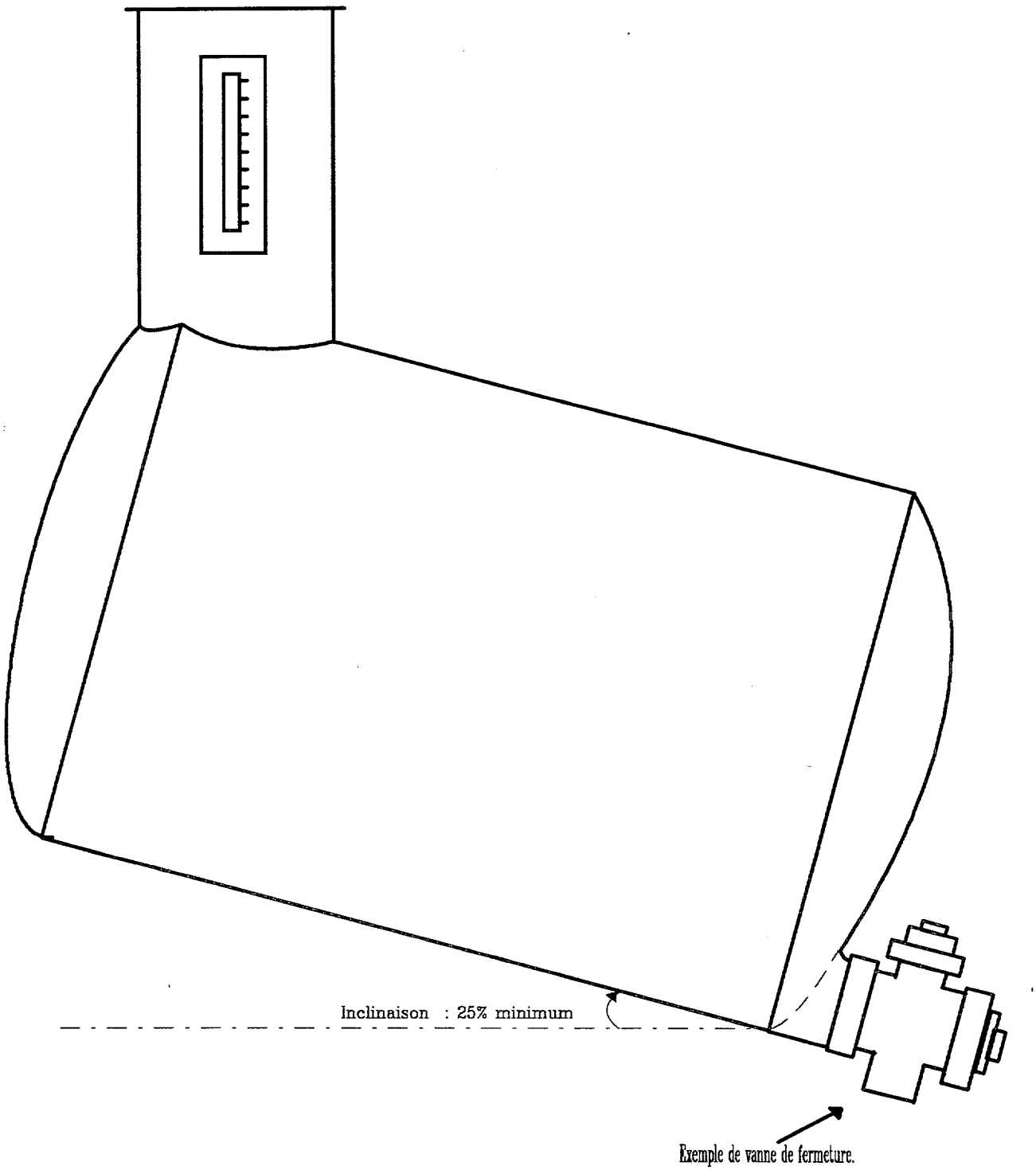








ANNEXE 1 (suite)



ANNEXE 2

Des exemples de calculs d'incertitudes sont donnés ci-après. Il est conseillé à ceux qui veulent approfondir le sujet d'utiliser les documents réalisés par le Bureau national de métrologie (BNM), en particulier les guides techniques qu'il édite.

1. Exemples de calculs d'incertitudes d'un étalon

1.1. Généralités

Avant de réaliser tout calcul d'incertitude, il est nécessaire de bien examiner la méthode utilisée et les différents paramètres intervenant.

L'élaboration du calcul peut se résumer de la manière suivante :

- détermination du processus d'élaboration de la grandeur recherchée (V),
- expression mathématique de la grandeur recherchée reliée aux différentes grandeurs d'entrée indépendantes,
- détermination des causes d'incertitudes indépendantes, propres à l'étalonnage, en séparant les composantes. Certaines (dites de type A) peuvent être estimées en se fondant sur la distribution statistique des résultats de séries de mesurages et peuvent être caractérisées par un écart-type expérimental. D'autres (dites de type B) ont leur estimation fondée sur l'expérience ou sur d'autres informations,
- réalisation du calcul des dérivées partielles de l'expression mathématique (la dérivée partielle par rapport à une grandeur d'influence est aussi appelée "coefficient de sensibilité" relatif à la grandeur d'influence),
- estimation de l'écart-type composé, effectuée à partir de chaque variance ou de chaque écart-type (application numérique sur le produit du coefficient de sensibilité par l'incertitude sur la grandeur d'influence affectée de son coefficient diviseur). Pour ce calcul, on pourra utiliser un tableau comme préconisé par le FRETAC.
  Ce tableau fait apparaître, pour chaque cause d'incertitude (type A ou type B), la variable concernée (x_i), l'incertitude correspondante (Δ_i), le coefficient de sensibilité ($\delta V/\delta x_i$), l'écart-type estimé ($U_i = (\delta V/\delta x_i) \cdot \Delta_i \cdot k$, k étant le coefficient permettant de ramener l'incertitude estimée à un écart-type) et la variance estimé (U_i^2).

1.2. Etalonnage d'une jauge étalon de travail au moyen d'une jauge de référence

a) incertitudes liées aux étalons de volume

Soit une jauge étalon dont l'incertitude est donnée sous la forme :

$$I = \pm(\alpha + \beta.V)$$

avec :

α et β constantes,
V volume de la jauge.

L'incertitude absolue sur un volume délivré correspondant à n fois (n étant généralement inférieur ou égal à 5) le volume de la jauge est donné par :

$I_n = \pm(\alpha + \beta.V) \cdot n$[1], soit en valeur relative : $I_{Rn} = \pm \dfrac{\alpha + \beta.V}{V}$

(1) Formule appliquée depuis le 11 février 1993 par le FRETAC.

L'incertitude sur la jauge étalon constitue donc un majorant lorsque l'on raisonne en valeur relative.

b) incertitudes liées aux erreurs de lecture

Il convient de considérer les incertitudes liées à la lecture de la jauge de référence et de la jauge étalon de travail.

L'incertitude de lecture doit, sauf raisons particulières, être considérée comme au moins égale à la plus petite valeur du volume correspondant à :

- 0,7 mm sur l'échelle de graduation de la jauge,
- la moitié de l'échelon de graduation de la jauge.

Dans le cas où la jauge de référence est du type à débordement, l'incertitude de lecture peut être prise égale à zéro.

L'incertitude de lecture sur la jauge de référence est, en règle générale, déja prise en considération dans le certificat d'étalonnage de celle-ci.

c) incertitudes liées aux influences de la température

Le volume délivré par la jauge de référence et le volume contenu dans la jauge à étalonner sont liés par la relation approximée suivante :

$$V_c = V_e \cdot [\, 1 + A \cdot (t_e - t_r) + B \cdot (t_r - t_c)\,] \cdot v_{mc} / v_{me}$$

dans laquelle :

V_c est le volume transvasé dans la jauge à étalonner, à la température de référence,
V_e est le volume mesuré à l'aide de la jauge étalon de référence et auquel on a appliqué la correction, éventuelle, sur l'étalon,
A est le coefficient de dilatation cubique du matériau de construction de la jauge étalon de référence ($°C^{-1}$),
B est le coefficient de dilatation cubique du matériau de construction de la jauge à étalonner ($°C^{-1}$),
t_r est la température de référence (°C), en principe égale à 20 °C,
t_e est la température moyenne du liquide dans la jauge étalon de référence (°C),
t_c est la température moyenne du liquide dans la jauge à étalonner (°C),
v_{mc} est le volume massique du liquide à t_c,
v_{me} est le volume massique du liquide à t_e.

Le volume délivré par la jauge étalon de référence peut être corrigé en fonction de l'erreur éventuellement fournie par le certificat d'étalonnage, mais aussi en fonction de la température à laquelle l'étalonnage de la jauge de référence a été effectué, lorsqu'elle est différente de t_r.

On applique alors la formule :

$$V_e = V_{eo} \cdot (\, 1 + A \cdot (t_r - t_o)\,)$$

dans laquelle :

V_{eo} est le volume mesuré à l'aide de la jauge étalon de référence (volume nominal) et auquel on n'a appliqué que la correction donnée par le certificat d'étalonnage (dans la pratique, les jauges équipées d'un moyen d'ajustage -fenêtres réglables en hauteur- sont ajustées à l'issue de l'étalonnage),
t_o est la température figurant sur le procès-verbal d'étalonnage, à laquelle l'étalonnage a été effectué.

Lorsque les corrections ne sont pas effectuées, il doit en être tenu compte pour le calcul des incertitudes.

La dérivée de la formule générale donne :

$$\frac{dV_c}{V_c} = \frac{dV_e}{V_e} + \frac{d(1 + A . (t_e - t_r) + B . (t_r - t_c))}{1 + A . (t_e - t_r) + B . (t_r - t_c)} + \frac{dV_{mc}}{V_{mc}} - \frac{dV_{me}}{V_{me}}$$

$$\frac{dV_c}{V_c} = \frac{A . dt_e - B . dt_c}{1 + A . (t_e - t_r) + B . (t_r - t_c)} + \frac{\delta V_{mc}}{\delta t_c} . \frac{dt_c}{V_{mc}} - \frac{\delta V_{me}}{\delta t_e} . \frac{dt_e}{V_{me}}$$

or $A . (t_e - t_r) + B . (t_r - t_c) <<< 1$

$$\frac{dV_c}{V_c} = A . dt_e - B . dt_c + \frac{\delta V_{mc}}{\delta t_c} . \frac{dt_c}{V_{mc}} - \frac{\delta V_{me}}{\delta t_e} . \frac{dt_e}{V_{me}}$$

$$\frac{dV_c}{V_c} = \left(A - \frac{\delta V_{me}}{\delta t_e . V_{me}}\right) . dt_e + \left(\frac{\delta V_{mc}}{\delta t_c . V_{mc}} - B\right) . dt_c$$

L'incertitude relative (I_{rt}) sur le volume transvasé est donc donnée par (en négligeant les termes du second ordre) :

$$I_{rt}^2 = \left(A - \frac{\Delta v_{me}}{\Delta t_e . V_{me}}\right)^2 . It_e^2 + \left(-B + \frac{\Delta v_{mc}}{\Delta t_c . V_{mc}}\right)^2 . It_c^2$$

avec :

t_e température moyenne dans la jauge étalon de référence,

t_c température moyenne dans la jauge à étalonner,

$\frac{\Delta v_{me}}{\Delta t_e}$ variation de la valeur numérique du volume massique du liquide par degré Celsius autour de la température t_e ,

$\frac{\Delta v_{mc}}{\Delta t_c}$ variation de la valeur numérique du volume massique du liquide par degré Celsius autour de la température t_c .

It_e et It_c incertitudes absolues sur les mesures de t_e et t_c prenant en compte l'absence de prise en considération de variations données de la température pendant l'étalonnage et/ou l'incertitude sur les indications des thermomètres.

Cette formule peut être utilisée pour calculer l'incertitude liée à la mesure des températures ou pour calculer l'erreur moyenne due au fait que l'on applique une correction moyenne alors que les températures t_e et t_c se situent, en fait dans un intervalle toléré.

d) autres incertitudes

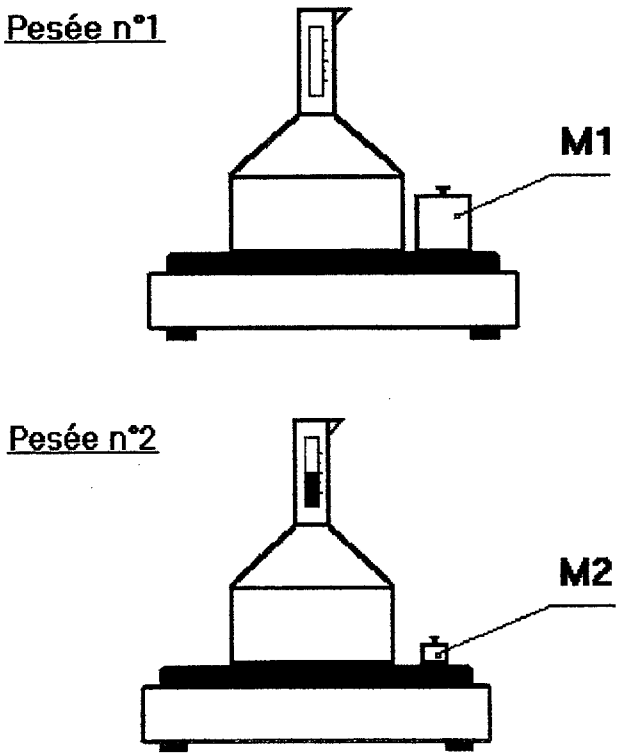
Les autres incertitudes doivent être estimées à partir de l'expérimentation. Pour le mouillage et le temps d'égouttage, sauf raison particulière, l'étalonnage devrait être effectué parois mouillées au départ, après un égouttage de 30 s.

e) réalisation du calcul d'incertitude globale

Le calcul d'incertitude globale sera facilité en utilisant le tableau préconisé par le BNM.

1.3. Etalonnage d'une jauge étalon de travail par pesée d'eau distillée en pratiquant une double pesée de Borda à charge constante

Dans l'exemple, la méthode utilisée est celle de la pesée de l'eau distillée contenue dans la jauge à étalonner, en pratiquant la double pesée de Borda à charge constante.



La première pesée est réalisée sur la jauge vide accompagnée d'une masse M1 dont la valeur numérique de la masse conventionnelle, exprimée en kilogrammes, est prise égale à la valeur numérique du volume théorique, exprimée en litres, de la jauge à étalonner (approximation). La seconde pesée est réalisée sur la jauge remplie accompagnée d'une masse M2 dont la valeur est prise afin que l'indication de la seconde pesée soit identique à celle de la première pesée. Il peut être nécessaire de recommencer la pesée n°1 si la valeur de la masse M1 a été choisie trop faible.

Cet étalonnage peut être aussi réalisé avec des instruments de pesage mécanique à bras égaux.

La formule générale permettant de connaître le volume compris dans la jauge est la suivante :

$$V_c = \frac{v_{mj}}{1 + B\,.(t_j - t_r)} \,.\, \frac{1 - 1{,}2/8000}{1 - v_{me}/v_{ma}} \,.\, \left[\frac{M1\,.\,(1 - v_{m1}/v_{ma})}{1 - 1{,}2\,.\,v_{m1}} - \frac{M2\,.\,(1 - v_{m2}/v_{ma})}{1 - 1{,}2\,.\,v_{m2}} \right]$$

dans laquelle :

V_c est le volume dans la jauge à étalonner, à la température de référence,
M1 est la masse étalon M1 dont la valeur est donnée par le certificat d'étalonnage,
M2 est la masse étalon M2 dont la valeur est donnée par le certificat d'étalonnage,
B est le coefficient de dilatation cubique du matériau de construction de la jauge à étalonner ($°C^{-1}$),
t_r est la température de référence (°C), en principe égale à 20 °C,
t_j est la température moyenne du liquide dans la jauge à étalonner (°C) lors de la lecture du niveau,
v_{mj} est le volume massique du liquide à la température t_j,
v_{me} est le volume massique du liquide à la température t_e lors de la pesée,
v_{ma} est le volume massique de l'air humide,
v_{m1} et v_{m2} sont les volumes massiques respectivement des masses étalons M1 et M2.

Les incertitudes à prendre en considération sont les suivantes :

- incertitudes sur les masses volumiques des masses étalons utilisées,
- incertitudes sur les masses étalons utilisées lors de la première pesée,
- incertitudes sur les masses étalons utilisées lors de la deuxième pesée,
- incertitudes sur la masse volumique de l'air humide,
- incertitudes sur le volume massique de l'eau distillée,
- incertitudes sur le coefficient de dilatation cubique de jauge à étalonner,
- incertitudes sur les températures de la jauge à étalonner.

A titre d'exemple, après avoir réalisé le calcul des dérivées partielles par rapport à chaque paramètre d'influence, l'incertitude relative (I_{rt}) liée aux mesures de température sur le volume relevé à la température de référence est donnée par (en négligeant les termes du second ordre, en prenant $v_{m1} = v_{m2}$ et en utilisant des masses ayant une incertitude négligeable par rapport aux précisions recherchées) :

$$I_{rt}^2 = \left(\frac{1}{v_{mj}} \cdot \frac{\Delta v_{mj}}{\Delta t_j} - B\right)^2 \cdot It_j^2 + \left(\frac{1}{v_{ma}} \cdot \frac{\Delta v_{me}}{\Delta t_e}\right)^2 \cdot It_e^2 + \left(\frac{v_{me}}{v_{ma}^2} \cdot \frac{\Delta v_{ma}}{\Delta t_a}\right)^2 \cdot It_a^2$$

avec :

t_e est la température moyenne du liquide dans la jauge à étalonner (°C) lors de la pesée,

t_a est la température moyenne de l'air ambiant (°C),

$\frac{\Delta v_{me}}{\Delta t_e}$ variation du volume massique du liquide par degré Celsius autour de la température t_e,

$\frac{\Delta v_{mj}}{\Delta t_j}$ variation du volume massique du liquide par degré Celsius autour de la température t_j,

$\frac{\Delta v_{ma}}{\Delta t_a}$ variation du volume massique de l'air ambiant par degré Celsius autour de la température t_a,

It_e, It_a et It_j incertitudes absolues sur les mesures de t_e, t_a et t_j prenant en compte l'absence de prise en considération de variations préétablies de la température pendant l'étalonnage et/ou l'incertitude sur les indications des thermomètres,

t_j, v_{mj}, v_{ma} et v_{me} ayant la même signification que ci-dessus.

Cette formule peut être utilisée pour calculer l'incertitude liée à la mesure des températures ou pour calculer l'erreur moyenne due au fait que l'on applique une correction moyenne alors que les températures t_e, t_a et t_j se situent, en fait, dans un intervalle tolérée (ou sont prises égales pour t_e et t_j).

2. Exemple de calcul d'incertitudes liées à la mise en oeuvre d'un étalon

Dans cet exemple, l'ensemble de mesurage est étalonné au moyen d'une jauge ayant elle-même été préalablement étalonnée à la température t_o.

Le volume lu sur la jauge étalon lors de l'essai de l'ensemble de mesurage est V_{eo}.

Le volume vrai (V_{vem}) ayant traversé l'ensemble de mesurage est :

$$V_{vem} = V_{eo} \cdot [\, 1 + A \cdot (\, t_j - t_o \,)]. \frac{v_{mem}}{v_{mj}}$$

L'erreur absolue de l'ensemble de mesurage est donnée par la formule :

$$e = V_{lem} - V_{eo} \cdot [\, 1 + A \cdot (\, t_j - t_o \,)]. \frac{v_{mem}}{v_{mj}}$$

avec :

V_{lem} : volume lu sur l'ensemble de mesurage,
t_j : température moyenne du liquide dans la jauge (°C),
t_{em} : température moyenne du liquide dans l'ensemble de mesurage (°C),
v_{mem} : volume massique du liquide à la température t_{em} (°C),
v_{mj} : volume massique du liquide à la température t_j (°C),
A : coefficient de dilatation cubique ($°C^{-1}$) du matériau de construction de la jauge étalon.

Parmi les causes d'incertitude dues à la mise en oeuvre, on peut citer :

- incertitudes liées aux erreurs de lecture sur la jauge et sur le compteur,
- incertitudes liées aux influences de la température,
- incertitudes liées à la position d'utilisation,
- incertitudes liées au mouillage, au temps d'égouttage, à la nature du liquide,
- incertitudes liées aux autres conditions de mise en oeuvre.

a) <u>influence de la lecture</u>

Les incertitudes de lecture ont deux origines : sur le compteur et sur la jauge.

Pour la jauge, voir point 1.2.b.

Pour le compteur, l'incertitude de lecture est, sauf raisons particulières, prise égale à la moitié de l'échelon de graduation pour un dispositif indicateur analogique et égale à un échelon de graduation pour un dispositif indicateur numérique discontinu.

b) <u>influence de la température</u>

L'incertitude relative (I_{rt}) sur le volume délivré par l'ensemble de mesurage est donné par (en négligeant les termes du second ordre) :

$$I_{rt}^2 = \left(A - \frac{\Delta v_{mj}}{\Delta t_j \cdot v_{mj}} \right)^2 . \; It_j^2 + \left(\frac{\Delta v_{mem}}{\Delta t_{em} \cdot v_{mem}} \right)^2 . \; It_{em}^2$$

avec :

$\frac{\Delta v_{mi}}{\Delta t_i}$ variation du volume massique du liquide par degré Celsius autour de la température t_i ,

It_i incertitude absolue sur la mesure de t_i prenant en compte l'absence de prise en considération de variations préétablies de la température pendant l'étalonnage et/ou l'incertitude sur les indications des thermomètres,

t_j et t_{em} ayant la même signification que ci-dessus.

c) <u>influence des autres paramètres</u>

Les autres incertitudes doivent être estimées expérimentalement.

Pour le mouillage et le temps d'égouttage, sauf raisons particulières, l'étalonnage doit être réalisé parois mouillées au départ, après un temps d'égouttage de 30 s calculé à partir du moment où la veine du liquide vidangé est discontinue. Seule l'expérimentation peut permettre d'apprécier l'influence du non-respect de cette procédure, en fonction du liquide et de sa viscosité, des divers matériaux et des diverses formes.

L'incertitude de mise en oeuvre sera donc égale à la somme quadratique des différentes incertitudes relevées.

ANNEXE 3

Volume massique de l'eau et exemples de coefficients de dilatation cubique

Température de l'eau C°	Volume de 1 kg d'eau dm^3
4	1,000 03
5	1,000 04
6	1,000 06
7	1,000 10
8	1,000 16
9	1,000 22
10	1,000 30
11	1,000 40
12	1,000 51
13	1,000 63
14	1,000 76
15	1,000 90
16	1,001 06
17	1,001 23
18	1,001 41
19	1,001 60
20	1,001 80
21	1,002 01
22	1,002 24
23	1,002 47
24	1,002 72
25	1,002 97

Exemples de coefficients de dilatation cubique

- acier ordinaire : $3,3 \times 10^{-5}$ °C^{-1}
- acier inoxydable : $5,1 \times 10^{-5}$ °C^{-1}
- aluminium : $6,9 \times 10^{-5}$ °C^{-1}

SOMMAIRE

1. DOMAINE D'APPLICATION

2. TERMINOLOGIE ET DOCUMENTS DE REFERENCE

2.1. Terminologie
2.2. Documents de référence

3. RACCORDEMENT DES ETALONS

4. APPROBATION DES ETALONS DE TRAVAIL

4.1. Règles
4.1.1. Etalons mobiles
4.1.2. Etalons fixes
4.1.3. Cas particulier des tubes ou pistons étalons
4.2. Procédure d'approbation

5. INCERTITUDES GLOBALES LORS D'UN ETALONNAGE OU D'UNE VERIFICATION

6. PERIODICITE D'ETALONNAGE

7. INSCRIPTIONS

8. PRESCRIPTIONS DE FABRICATION DES ETALONS

8.1. Jauges étalons
8.1.1. Généralités
8.1.2. Jauges en verre
8.1.3. Jauges métalliques
8.1.4. Jauges avec vanne de vidange du type fractionné
8.2. Tubes et pistons étalons
8.3. Compteurs "pilotes"

9. SCELLEMENTS

10. DISPOSITIONS PRATIQUES RELATIVES A L'UTILISATION DES MOYENS D'ETALONNAGE

10.1. Documents d'accompagnement (Rappel)
10.2. Jauges étalons
10.3. Tubes ou pistons étalons

11. DISPOSITIONS COMPLEMENTAIRES

12. DISPOSITIONS TRANSITOIRES

ANNEXE 1 Schémas-types de jauges étalons

ANNEXE 2

1. Exemples de calculs d'incertitudes d'un étalon
1.1. Généralités
1.2. Etalonnage d'une jauge étalon de travail au moyen d'une jauge de référence
1.3. Etalonnage d'une jauge étalon de travail par pesée d'eau distillée en pratiquant une double pesée de Borda à charge constante
2. Exemple de calcul d'incertitudes liées à la mise en oeuvre d'un étalon

ANNEXE 3 Volume massique de l'eau