
**Hydrocarbures réfrigérés et
combustibles gazeux liquéfiés à base
non pétrolière — Étalonnage des
réservoirs à membrane et réservoirs
pyramidaux — Méthodes manuelles et
par mesurage électro-optique interne
de la distance**

*Refrigerated hydrocarbon and non-petroleum based liquefied gaseous
fuels — Calibration of membrane tanks and independent prismatic
tanks in ships — Manual and internal electro-optical distance-
ranging methods*

ISO 8311:2013

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/3f190f2b-0bdf-4bc2-ba5d-2389ed5d1143/iso-8311-2013>



iTeh Standards
(<https://standards.iteh.ai>)
Document Preview

[ISO 8311:2013](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/3f190f2b-0bdf-4bc2-ba5d-2389ed5d1143/iso-8311-2013)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/3f190f2b-0bdf-4bc2-ba5d-2389ed5d1143/iso-8311-2013>



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2013

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, 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, l'affichage sur l'internet ou sur un Intranet, sans autorisation écrite préalable. Les demandes d'autorisation peuvent être adressées à l'ISO à l'adresse ci-après ou au comité membre de l'ISO dans le pays du demandeur.

ISO copyright office
Case postale 56 • CH-1211 Geneva 20
Tel. + 41 22 749 01 11
Fax + 41 22 749 09 47
E-mail copyright@iso.org
Web www.iso.org

Publié en Suisse

Sommaire

Page

Avant-propos	iv
Introduction	v
1 Domaine d'application	1
2 Références normative	1
3 Termes et définitions	1
4 Précautions	3
4.1 Généralités.....	3
4.2 Situation du navire durant le jaugeage.....	3
4.3 Déformations du réservoir.....	4
4.4 Comparaison avec les plans.....	4
4.5 Mesurages avec un ruban gradué.....	4
4.6 Mesurages avec un appareil de mesure électro-optique de la distance (MEOD).....	4
4.7 Membrane.....	5
4.8 Mesures de sécurité pour les travaux dans les réservoirs à membrane.....	5
5 Équipement	5
6 Emplacement des points de mesure	6
7 Jaugeage par la méthode manuelle	6
7.1 Généralités.....	6
7.2 Mesurage de la longueur du réservoir.....	7
7.3 Mesurage de la largeur du réservoir.....	9
7.4 Mesurage de la hauteur du réservoir.....	12
7.5 Mesurage des ondulations de fond et de la hauteur de référence de jaugeage.....	14
7.6 Correction pour la température.....	15
8 Jaugeage par la méthode de mesure électro-optique de la distance (MEOD)	16
8.1 Généralités.....	16
8.2 Installation et réglage de l'appareil MEOD.....	16
8.3 Procédure de jaugeage.....	16
9 Mesurages complémentaires	18
9.1 Position de la jauge de niveau.....	18
10 Calculs	19
10.1 Généralités.....	19
10.2 Calcul du volume du réservoir.....	19
10.3 Effet des ondulations du fond du réservoir.....	20
10.4 Aires dans les parties chanfreinées.....	20
10.5 Correction pour l'assiette.....	20
10.6 Correction pour la gîte.....	21
10.7 Correction pour l'assiette et la gîte combinées.....	21
10.8 Correction pour la dilatation ou le retrait de l'enveloppe du réservoir.....	21
11 Rapport et tables	21
12 Rejaugage	22
Annexe A (informative) Incertitudes associées au jaugeage des réservoirs	23
Annexe B (informative) Exemple de table de jaugeage de réservoir(réservoir No.3)	36
Annexe C (informative) Exemple de table de correction d'assiette(réservoir No.1)	38
Annexe D (informative) Exemple de table de correction de la gîte(réservoir No.1)	40
Bibliographie	42

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 procédures utilisées pour élaborer le présent document et celles destinées à sa mise à jour sont décrites dans les Directives ISO/CEI, Partie 1. Il convient, en particulier de prendre note des différents critères d'approbation requis pour les différents types de documents ISO. Le présent document a été rédigé conformément aux règles de rédaction données dans les Directives ISO/CEI, Partie 2 (voir www.iso.org/directives).

L'attention est appelée sur le fait que certains des éléments du présent document peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. L'ISO ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et averti de leur existence. Les détails concernant les références aux droits de propriété intellectuelle ou autres droits analogues identifiés lors de l'élaboration du document sont indiqués dans l'Introduction et/ou sur la liste ISO des déclarations de brevets reçues (voir www.iso.org/patents).

Les éventuelles appellations commerciales utilisées dans le présent document sont données pour information à l'intention des utilisateurs et ne constituent pas une approbation ou une recommandation.

Pour une explication de la signification des termes et expressions spécifiques de l'ISO liés à l'évaluation de la conformité, aussi bien que pour des informations au-sujet de l'adhésion de l'ISO aux principes de l'OMC concernant les obstacles techniques au commerce (OTC) voir le lien suivant: Foreword - Supplementary information

Le comité chargé de l'élaboration du présent document est l'ISO/TC 28, *Produits pétroliers et lubrifiants*, sous-comité SC 5, *Mesurage des combustibles gazeux liquéfiés réfrigérés à base d'hydrocarbures ou à base non pétrolière*.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition (ISO 8311:1989), qui a fait l'objet d'une révision technique.

Introduction

De grandes quantités d'hydrocarbures légers constitués de composés ayant 1 à 4 atomes de carbone sont stockées et transportées par mer sous forme de liquides réfrigérés, à des pressions voisines de la pression atmosphérique. Ces liquides peuvent être répartis en deux groupes principaux; gaz naturel liquéfié (GNL) et gaz de pétrole liquéfié (GPL). La conception et la construction de navires permettant un transport en vrac à la fois sûr et économique de ces liquides, fait appel à des technologies particulières.

La mesure des quantités de cargaison présente dans les citernes à bord des navires doit être d'une grande exactitude, en raison des droits de passage en douane. La présente Norme internationale, conjointement à d'autres normes de la série, spécifie des méthodes pour le mesurage interne de citernes de navires et à partir desquelles on peut élaborer leur table de jaugeage.

La présente Norme internationale traite des techniques de jaugeage applicables aux réservoirs à membrane, c.-à-d. les réservoirs autoporteurs dans lesquels le système de confinement comporte une membrane relativement mince en acier inoxydable ou en alliage d'acier à haute teneur en nickel. La présente Norme internationale peut également s'appliquer, moyennant quelques modifications, au jaugeage des réservoirs pyramidaux autoporteurs.

L'[Annexe A](#) donne les incertitudes associées au mesurage des réservoirs à membrane.

L'[Annexe B](#) montre un exemple de table de jaugeage de réservoir donnant le volume de liquide contenu en fonction de son niveau. Les [Annexes C](#) et [D](#) présentent des exemples de tables de correction de la gîte et de l'assiette du navire.

iTeh Standards
(<https://standards.iteh.ai>)
Document Preview

[ISO 8311:2013](#)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/3f190f2b-0bdf-4bc2-ba5d-2389ed5d1143/iso-8311-2013>

Hydrocarbures réfrigérés et combustibles gazeux liquéfiés à base non pétrolière — Étalonnage des réservoirs à membrane et réservoirs pyramidaux — Méthodes manuelles et par mesurage électro-optique interne de la distance

1 Domaine d'application

La présente Norme internationale spécifie une méthode pour le mesurage interne des réservoirs à membrane équipant les navires transporteurs d'hydrocarbures légers réfrigérés. Outre le processus de mesurage proprement dit, elle établit les méthodes de calcul permettant d'élaborer la table de jaugeage du réservoir ainsi que les tables de correction à utiliser pour le calcul des quantités de cargaison. La présente Norme internationale peut également s'appliquer, moyennant quelques modifications, au jaugeage des réservoirs pyramidaux autoporteurs.

Pour le mesurage manuel des réservoirs à membrane, les procédures décrites dans la présente Norme internationale préconisent d'utiliser les échafaudages ayant servi à l'installation des membranes pour supporter l'équipement de mesure. Cependant, pour la méthode de mesure électro-optique interne des distances, il faut prévoir d'autres moyens d'accès de sécurité aux emplacements de mesurage requis.

2 Références normative

Les documents suivants, en totalité ou en partie, sont référencés de manière normative dans le présent document et sont indispensables pour son application. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

ISO 7507-1:2003, *Pétrole et produits pétroliers liquides — Jaugeage des réservoirs cylindriques verticaux — Partie 1: Méthode par ceinturage*

ISO 7507-4:2010, *Pétrole et produits pétroliers liquides — Jaugeage des réservoirs cylindriques verticaux — Partie 4: Méthode par mesurage électro-optique interne de la distance*

CEI 60079-10-1, *Atmosphères explosives — Partie 10-1: Classement des emplacements — Atmosphères explosives gazeuses*

CEI 60079-10-2, *Atmosphères explosives — Partie 10-2: Classement des emplacements — Atmosphères explosives poussiéreuses*

CEI 60825-1, *Sécurité des appareils à laser — Partie 1: Classification des matériels et exigences*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du document, les définitions et termes suivants s'appliquent.

3.1

jaugeur automatique de réservoir

ATG

jaugeur automatique de niveau

ALG

instrument mesurant en continu la hauteur de liquide (par le plein ou par le creux) dans les réservoirs de stockage

3.2

chanfrein

surface de la pente de raccordement entre les parois et le sommet ou le fond du réservoir

3.3

corps intérieurs et extérieurs

accessoires qui affectent la capacité d'un réservoir

3.4

point de référence de jaugeage

point à partir duquel les mesurages des hauteurs du liquide sont réalisés

3.5

plan horizontal

plan établi parallèlement au fond du réservoir

3.6

ligne de référence horizontale

ligne horizontale établie au moyen d'un cordeau

Note 1 à l'article: Lorsqu'il s'avère peu pratique d'effectuer des mesurages directs, on adopte une méthode de jaugeage alternative faisant appel à cette ligne.

3.7

gîte

inclinaison transversale d'un navire exprimée en degrés

3.8

ligne longitudinale

ligne formée par un plan longitudinal coupant un plan horizontal

3.9

plan longitudinal

plan vertical parallèle à l'axe du réservoir

[ISO 8311:2013](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/3f190f2b-0bdf-4bc2-ba5d-2389ed5d1143/iso-8311-2013)

3.10 <https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/3f190f2b-0bdf-4bc2-ba5d-2389ed5d1143/iso-8311-2013>

point de mesure

point faisant partie d'une série de points situés sur la surface interne de l'enveloppe du réservoir, à partir duquel/jusqu'auquel la distance est mesurée à l'aide d'un ruban gradué ou d'un télémètre laser à main (méthode manuelle), ou jusqu'auquel la distance de visée, les angles verticaux et horizontaux sont mesurés au moyen d'un appareil de mesurage électro-optique de la distance (MEOD)

3.11

bâbord

côté gauche d'un navire quand on le regarde de l'arrière vers l'avant

3.12

point de visée de référence

point fixe marqué de manière visible sur la surface interne de l'enveloppe du réservoir

3.13

ligne sécante

ligne formée par un plan sécant coupant un plan horizontal

3.14

plan sécant

plan parallèle aux parois d'extrémité avant et arrière d'une citerne de navire

3.15**distance de visée**

distance mesurée à partir de l'instrument de mesure électro-optique de la distance jusqu'à un point de mesure ou un point de visée de référence

3.16**tribord**

côté droit d'un navire quand on le regarde de l'arrière vers l'avant

3.17**température de référence de jaugeage d'un réservoir**

température à laquelle la table de jaugeage a été calculée

3.18**table d'épalement**

table de jaugeage

barème de jaugeage

table de capacité

table, indiquant la capacité de, ou les volumes dans, un réservoir correspondant à divers niveaux de liquide repérés à partir d'un point de référence

3.19**assiette**

différence entre les tirants d'eau avant et arrière du navire

Note 1 à l'article: Quand le tirant d'eau arrière est plus grand que le tirant d'eau avant, le navire est dit sur le cul. Quand le tirant d'eau arrière est inférieur au tirant d'eau avant, le navire est dit sur le nez.

3.20**incertitude**

U)

estimation caractérisant l'étendue des valeurs dans laquelle se situe la valeur vraie d'une grandeur mesurée

Note 1 à l'article: Les différents types d'incertitudes sont définis dans le Guide ISO/CEI 98-3.

3.21**ligne verticale**

ligne formée par un plan sécant sur les parois latérales ou formée par un plan longitudinal sur les parois d'extrémité avant et arrière

4 Précautions**4.1 Généralités**

Le présent article souligne l'ensemble des précautions à observer au cours d'un mesurage. On doit exécuter les mesurages avec un soin extrême, et tout incident inhabituel survenant lors des opérations de jaugeage et pouvant en affecter les résultats doit être scrupuleusement noté.

4.2 Situation du navire durant le jaugeage

Les méthodes de jaugeage décrites dans la présente Norme internationale peuvent être appliquées soit sur des navires à flot, soit sur des navires en cale sèche. Toutefois, son utilisation sur des navires en cale sèche est préférée car l'assiette ou la gîte, si elle a lieu, demeure constante tout au long des mesurages. Il faut apporter des corrections appropriées, manuellement ou automatiquement, aux mesures par niveau optique ou par l'appareil MEOD si l'attitude du navire subit des modifications.

4.3 Déformations du réservoir

Si des déformations particulières sont constatées au sein du réservoir, le responsable du jaugeage doit réaliser des mesurages supplémentaires. Il doit noter, dans le rapport de jaugeage, le détail de tous les mesurages supplémentaires effectués et les raisons de ceux-ci.

Le responsable du jaugeage doit également produire des croquis détaillés exposant toutes les anomalies affectant le réservoir ou ses accessoires, si cela est nécessaire pour clarifier la situation.

4.4 Comparaison avec les plans

Si l'on dispose de plans relatifs au réservoir, toutes les mesures prises doivent être comparées aux dimensions correspondantes indiquées sur les plans. Toute mesure présentant une différence significative par rapport aux plans doit être vérifiée une seconde fois. Cependant, la table de jaugeage doit être basée sur les mesures réelles.

4.5 Mesurages avec un ruban gradué

Pour les mesurages effectués à l'aide d'un ruban gradué:

- a) on doit appliquer au ruban la tension spécifiée dans son certificat d'étalonnage;
- b) le ruban gradué doit être soutenu à l'aide de dispositifs appropriés pour éviter tout fléchissement. Si l'on ne peut empêcher un fléchissement du ruban, il faut prévoir, lors des calculs, une correction du type appliquée aux caténaires;
- c) effectuer plusieurs mesurages; si les trois premières mesures consécutives concordent, dans les limites des tolérances stipulées ci-dessous en d), prendre leur moyenne comme résultat et leur écart-type comme incertitude-type. Si elles ne concordent pas, dans les limites de ces tolérances, répéter les mesurages jusqu'à ce que la valeur de deux écarts-types de la moyenne de l'ensemble des mesures représente la moitié de la tolérance spécifiée en d). Prendre la moyenne des mesures comme résultat et l'écart-type comme incertitude-type. Utiliser des procédures standard pour éliminer les valeurs manifestement aberrantes;
- d) le tableau suivant présente les tolérances admissibles en fonction des distances de mesure:

Mesurage	Tolérance
jusqu'à 25 m	2 mm
plus de 25 m	3 mm
pour les écarts	0,5 mm

- e) si le mesurage est interrompu, recommencer les derniers mesurages effectués. Si les nouvelles mesures prises ne correspondent pas, selon les tolérances admissibles, aux mesures précédentes, ces dernières doivent être rejetées.

4.6 Mesurages avec un appareil de mesure électro-optique de la distance (MEOD)

Pour les mesurages effectués à l'aide d'un appareil MEOD:

- a) vérifier l'appareil MEOD avant utilisation. L'exactitude du module de mesure de distance ainsi que du module de mesure d'angles de l'appareil MEOD, doit être vérifiée selon les procédures données dans l'ISO 7507-4:2010, Annexe A;

- b) le réservoir ne doit pas être soumis à des vibrations, ni contenir des particules de poussières en suspension dans l'air. Le fond du réservoir doit autant que possible être libre de débris, de poussières et de calamine;
- c) si un éclairage est nécessaire à l'intérieur du réservoir, le placer de façon à ne pas interférer dans le fonctionnement de l'appareil MEOD;
- d) le faisceau laser de l'appareil MEOD doit être utilisé conformément aux spécifications de la CEI 60825-1. Tout danger éventuel dans la zone de mesure doit être évalué conformément à la CEI 60079-10. L'appareil doit être certifié pour une utilisation en toute sécurité dans la zone concernée.

4.7 Membrane

Des mesures particulières doivent être prises pour s'assurer que la membrane est en étroit contact avec le matériau support. Dans certains cas, il peut s'avérer possible d'assurer ce contact en appliquant une source de vide dans l'espace situé immédiatement en dessous de la membrane.

4.8 Mesures de sécurité pour les travaux dans les réservoirs à membrane

- a) la réglementation en matière de travail dans des zones dangereuses doit être scrupuleusement observée;
- b) avant de pénétrer à l'intérieur d'un réservoir ayant déjà été en service, il faut obtenir une autorisation de travail conforme aux réglementations locales ou nationales. Toutes les lignes de tuyauterie entrant dans le réservoir doivent être déconnectées et bouchées;
- c) les lampes baladeuses et autres appareils électriques doivent être d'un type agréé pour utilisation en atmosphère explosive;
- d) la sécurité des intervenants doit être assurée par le strict respect des points suivants:
 - 1) Les échelles doivent être contrôlées avant utilisation. Les échelles coulissantes ne doivent être déployées que dans la limite de longueur spécifiée par le fabricant. Les échelons des échelles doivent être suffisamment solides et horizontaux. Les échelles doivent être solidement attachées en position opérationnelle avant utilisation.
 - 2) Lorsqu'on utilise un équipement du type plate-forme suspendue de peintre; les treuils, poulies, cordes, etc., doivent être contrôlés avant la mise en place de la plate-forme. Tout élément présentant un doute sur son état ou sa solidité doit être remplacé. Toutes les précautions doivent être prises pour sécuriser l'équipement et son utilisation opérationnelle.
 - 3) Si les opérations de jaugeage ne peuvent être réalisées sans un échafaudage, celui-ci doit être correctement construit avec des tubes d'acier ou du bois de pin. On ne doit pas utiliser de briques, fûts, caisses, etc., comme base. Il faut faire particulièrement attention aux angles de l'échafaudage; un élément du plancher est souvent déplacé lors de la mise en place des membranes.
 - 4) Lorsque cela est approprié, l'opérateur doit porter un harnais de sécurité lorsqu'il travaille au-dessus du niveau du sol.
- e) dans certains cas, les rebords des plaques d'ancrage dépassant de la membrane peuvent être coupants. Il est alors particulièrement recommandé de porter des gants et un casque de protection;
- f) prendre soin de ne pas endommager les membranes par les chaussures, équipements de mesure, etc.

5 Équipement

L'équipement spécifié dans la présente Norme internationale pour le jaugeage des réservoirs, doit être conforme à une norme nationale ou autre norme reconnue.

5.1 Appareil de mesure électro-optique de la distance (MEOD), capable d'obtenir des incertitudes sur les volumes des réservoirs acceptables en métrologie légale, il convient que la partie de mesure

angulaire de l'appareil ait une résolution égale à $3,142 \times 10^{-6}$ rad (0,2 mgon), ou meilleure. Il convient également que la partie mesure de distance de l'appareil ait une résolution égale à 1 mm, ou meilleure.

L'exactitude de l'appareil MEOD peut être affectée par des variations de température. Il convient de suivre les recommandations du fabricant sur ce point.

5.2 Télémètre laser à main, qui peut être utilisé au lieu d'un ruban gradué pour mesurer les distances. Il convient que le télémètre ait une résolution de 1 mm, ou meilleure.

5.3 Ruban de mesure, conforme aux spécifications de l'ISO 7507-1 ou autre norme équivalente.

5.4 Niveau automatique, ayant une image redressée, un grossissement de $\times 20$ ou plus et capable d'une focalisation de 1,5 m, ou moins. La sensibilité de son niveau à bulle doit être de 40 s d'arc par 2 mm, ou moins.

5.5 Règle graduée en millimètres et centimètres, utilisée pour mesurer les corps intérieurs et extérieurs, et dans la méthode manuelle, les écarts entre les cordeaux et les parois du réservoir, etc.. Dans le cas des règles en bois, celles-ci ne doivent pas présenter de voilement et doivent être dotées d'un embout en laiton à chaque extrémité.

5.6 Thermomètre, ayant une échelle appropriée et une exactitude de $\pm 0,5$ °C.

Il convient d'éviter l'utilisation de thermomètres à mercure.

6 Emplacement des points de mesure

Le jaugeage d'un réservoir à membrane consiste essentiellement à mesurer sa longueur, sa largeur et sa hauteur entre des points définis. Ces points sont déterminés en établissant un certain nombre de plans horizontaux, longitudinaux et sécants.

Ces plans se coupent et forment des lignes le long desquelles on prend des mesures de longueur, de largeur et de profondeur. Les différents plans sont établis à des intervalles ne dépassant pas 5 m. L'intervalle doit être réglé de manière que les mesures en résultant prennent en compte tout changement de section et puissent décrire précisément toute déformation. L'opérateur doit déterminer l'emplacement des points où les mesurages doivent être réalisés, ceux-ci ne doivent pas être distants de plus de 5 m.

Ayant défini les points entre lesquels on effectuera les mesurages, tracer des lignes sur les surfaces internes du réservoir. Les lignes longitudinales et sécantes sont tracées sur les tôles du sommet et du fond, les lignes horizontales et verticales sont tracées sur les parois d'extrémités avant et arrière ainsi que sur les parois latérales bâbord et tribord. Lorsque les mesurages sont effectués avec l'appareil MEOD, les coordonnées des points de mesure projetés peuvent être enregistrées dans l'appareil au lieu de marquer physiquement les lignes ou les points sur les parois internes du réservoir.

7 Jaugeage par la méthode manuelle

7.1 Généralités

La méthode manuelle consiste à mesurer les distances entre les parois opposées d'un réservoir au moyen d'un ruban mesureur ou d'un télémètre laser à main. Dans le cas d'utilisation d'un ruban mesureur, celui-ci doit être tendu selon les indications du certificat du ruban.

La longueur du réservoir doit être mesurée le long de toutes les lignes longitudinales à chaque niveau des plans horizontaux, conformément à [7.2](#).

La largeur du réservoir doit être mesurée le long de toutes les lignes sécantes sur chaque plan horizontal, conformément à [7.3](#).

On doit mesurer la hauteur totale du réservoir, la hauteur du chanfrein supérieur et la hauteur des parois latérales. La hauteur du chanfrein inférieur est ensuite calculée à partir de ces hauteurs, conformément à [7.4](#).

L'Annexe A donne les incertitudes associées au mesurage des réservoirs à membrane par la méthode manuelle.

7.2 Mesurage de la longueur du réservoir

7.2.1 Mesurage de la longueur sur la tôle de fond

Mesurer les distances entre les parois d'extrémité avant et arrière le long de toutes les lignes longitudinales tracées sur la tôle de fond avec un ruban de mesure tendu sur celle-ci. La longueur moyenne de la tôle de fond est alors calculée selon l'Équation (1):

$$L_l = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n L_{l,i} \quad (1)$$

où

$L_{l,i}$ est la longueur d'une ligne longitudinale sur la tôle de fond;

L_l est la longueur moyenne de la tôle de fond;

n est le nombre de lignes longitudinales sur la tôle de fond.

7.2.2 Mesurage de la longueur sur la tôle de sommet

Mesurer les distances sur la tôle de sommet en procédant de la même manière que pour la tôle de fond (voir 7.2.1). La longueur moyenne de la tôle de sommet est calculée selon l'Équation (2):

$$L_u = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n L_{u,i} \quad (2)$$

où

$L_{u,i}$ est la longueur d'une ligne longitudinale sur la tôle de sommet;

L_u est la longueur moyenne de la tôle de sommet;

n est le nombre de lignes longitudinales sur la tôle de sommet.

7.2.3 Mesurage de la longueur dans un plan horizontal intermédiaire

Pour éviter des mesurages inexacts découlant d'un fléchissement excessif du ruban de mesure, on utilisera la méthode permettant d'établir une ligne de référence horizontale à l'aide de cordeaux.

Comme le montre la Figure 1, les longueurs de ces plans imaginaires peuvent être obtenues en appliquant des corrections des intervalles aux deux extrémités, tels que $a_2, a_3 \dots a_{n-1}$ et $b_2, b_3 \dots b_{n-1}$, à la longueur directement mesurée sur la paroi latérale. En pratique:

- marquer P_1 et P_2 , S_1 et S_2 , sur les deux parois latérales à une distance égale des parois d'extrémité. Mesurer les longueurs (L_P, L_S) entre les parois d'extrémité avant et arrière avec un ruban de mesure tiré le long des deux parois latérales, en le plaquant de manière appropriée sur de la paroi pour éviter tout fléchissement;
- tendre des cordeaux entre les points opposés P_1 et S_1 , P_2 et S_2 , et mesurer les intervalles entre les cordeaux et les parois d'extrémité ($a_1, a_2 \dots a_n$ et $b_1, b_2 \dots b_n$) avec une règle;
- veiller à placer la règle bien perpendiculairement au cordeau pour mesurer ces décalages.

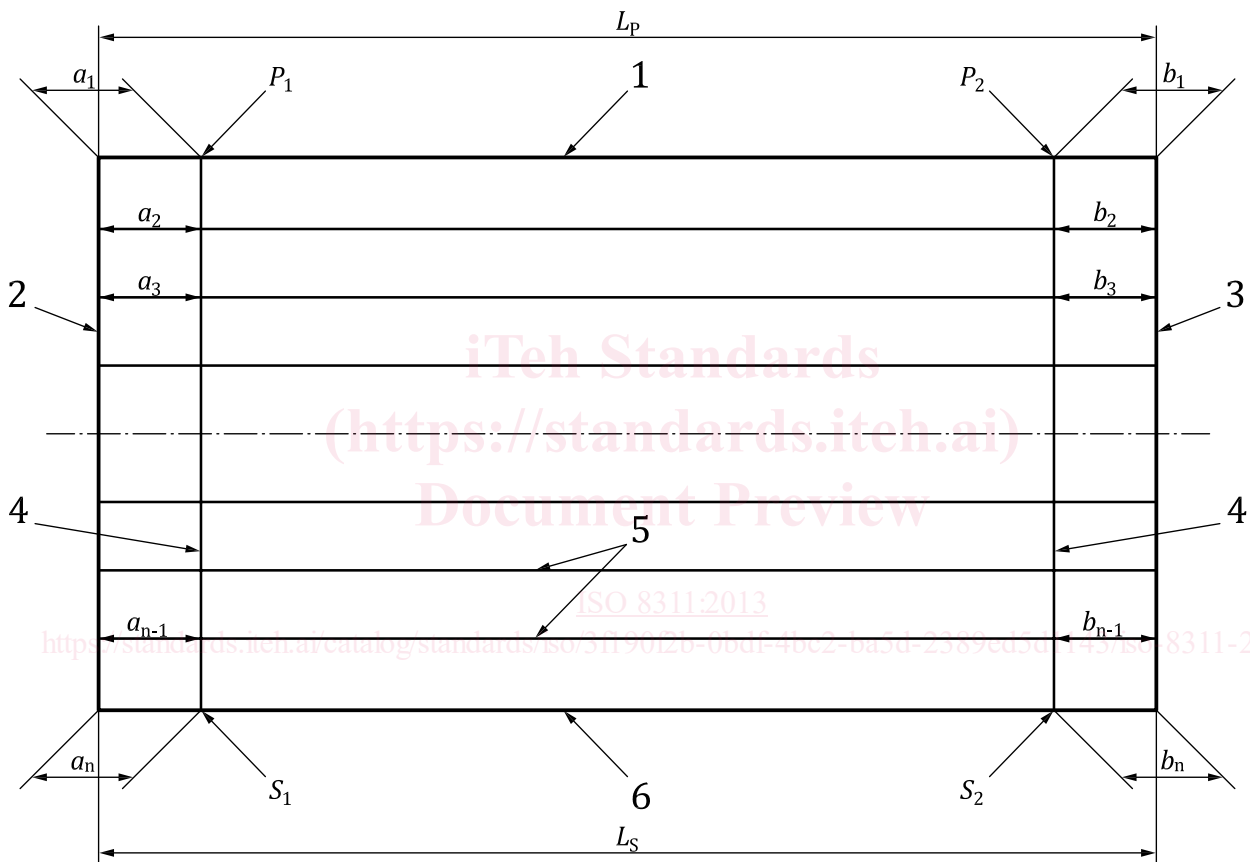
La longueur moyenne de chaque plan horizontal intermédiaire, $L_{m,p}$ est calculée à l'aide de l'Équation (3):

$$L_{m,p} = \frac{L_p + L_s - (a_1 + a_n + b_1 + b_n)}{2} + \frac{\sum_{i=1}^n (a_i + b_i)}{n} \tag{3}$$

La longueur moyenne de la partie intermédiaire, L_m , est calculée selon l'Équation (4):

$$L_m = \frac{1}{p-2} \sum_{j=2}^{p-1} L_{m,p} \tag{4}$$

où p est le nombre de plans intermédiaires.



Légende

- | | | | |
|----------------------|---|---|------------------------|
| 1 | paroi latérale bâbord | 4 | ligne de cordeau |
| 2 | paroi d'extrémité arrière | 5 | lignes longitudinales |
| 3 | paroi d'extrémité avant | 6 | paroi latérale tribord |
| L_p | longueur de la paroi latérale bâbord | | |
| L_s | longueur de la paroi latérale tribord | | |
| P_1, P_2, S_1, S_2 | marques sur les deux parois latérales à égale distance des parois d'extrémité | | |
| $a_1, a_2 \dots a_n$ | intervalles entre les cordeaux et les parois d'extrémités | | |
| $b_1, b_2 \dots b_n$ | | | |

Figure 1 — Vue de dessus d'un plan horizontal intermédiaire