
**Bouteilles à gaz — Bouteilles et tubes
composites — Essai par émission
acoustique (EA) pour les contrôles et
les essais périodiques**

*Gas cylinders — Cylinders and tubes of composite construction —
Acoustic emission examination (AT) for periodic inspection and
testing*

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 23876:2022

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/55c99405-a8d3-4199-bcc6-615e38e2ba00/iso-23876-2022>



iTeh STANDARD PREVIEW (standards.iteh.ai)

ISO 23876:2022

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/55c99405-a8d3-4199-bcc6-615e38e2ba00/iso-23876-2022>



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2022

Tous droits réservés. Sauf prescription différente ou nécessité dans le contexte de sa mise en œuvre, 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, ou la diffusion sur l'internet ou sur un intranet, sans autorisation écrite préalable. Une autorisation peut être demandée 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 401 • Ch. de Blandonnet 8
CH-1214 Vernier, Genève
Tél.: +41 22 749 01 11
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 normatives	1
3 Termes et définitions	1
4 Principes généraux de fonctionnement de l'émission acoustique	3
5 Qualification du personnel	4
6 Validité de l'essai (données d'entrée requises)	4
7 Étalonnage de l'essai par émission acoustique et équipement d'essai	4
7.1 Équipement d'émission acoustique et réglages	4
7.1.1 Instrumentation d'émission acoustique	4
7.1.2 Capteurs	5
7.1.3 Préamplificateurs	5
7.1.4 Filtre	5
7.1.5 Réglages	5
7.2 Étalonnage et vérification de l'équipement d'essai par émission acoustique	5
7.2.1 Étalonnage	5
7.2.2 Détermination et vérification de l'implantation des capteurs	6
7.2.3 Mode opératoire	7
7.2.4 Méthodes d'essai par mise sous pression	8
7.2.5 Analyse des critères d'essai EA	10
8 Vérification des critères de rejet en utilisant des bouteilles en situation de service	10
9 Rapport d'essai	10
10 Rejet et destruction des bouteilles défectueuses	11
Annexe A (informative) Exemples d'essais de vérification réalisés sur des bouteilles afin de détecter des dommages causés par des impacts mécaniques ou d'autres types de dommages	12
Annexe B (informative) Exemples de critères de rejet	15
Bibliographie	16

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 (IEC) 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/IEC, 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/IEC, Partie 2 (voir www.iso.org/directives).

L'attention est attirée 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 dans la liste des déclarations de brevets reçues par l'ISO (voir www.iso.org/brevets).

Les appellations commerciales éventuellement mentionnées dans le présent document sont données pour information, par souci de commodité, à l'intention des utilisateurs et ne sauraient constituer un engagement.

Pour une explication de la nature volontaire des normes, la signification des termes et expressions spécifiques de l'ISO liés à l'évaluation de la conformité, ou pour toute information au sujet de l'adhésion de l'ISO aux principes de l'Organisation mondiale du commerce (OMC) concernant les obstacles techniques au commerce (OTC), voir www.iso.org/avant-propos.

Le présent document a été élaboré par le comité technique ISO/TC 58, *Bouteilles à gaz*, sous-comité SC 4, *Contraintes de service des bouteilles à gaz*.

Il convient que l'utilisateur adresse tout retour d'information ou toute question concernant le présent document à l'organisme national de normalisation de son pays. Une liste exhaustive desdits organismes se trouve à l'adresse www.iso.org/fr/members.html.

Introduction

Ces dernières années, de nouvelles techniques d'essais non destructifs (END) ont été introduites avec succès comme alternatives à certaines parties des modes opératoires classiques d'essai des bouteilles à gaz et tubes dans le cadre du contrôle et des essais périodiques.

Pour certaines applications, l'une de ces autres méthodes END est l'essai par émission acoustique (EA) qui, dans plusieurs pays, s'est révélé une méthode d'essai acceptable, appliquée lors des contrôles périodiques.

Cette méthode d'essai EA pour les bouteilles de type 1 est décrite dans l'ISO 16148, qui permet une mise sous pression pneumatique à une valeur minimale de 110 % de la pression normale de travail de la bouteille ou une mise sous pression hydraulique à sa pression d'épreuve. L'ISO 16148 a été élaborée pour l'inspection périodique et l'essai de matériels monolithiques [telles des bouteilles en alliage d'acier et d'aluminium sans soudure (type 1)] et comprend l'émission acoustique modale. L'ISO 16148 ne convient pas aux essais de bouteilles composites. Pour les bouteilles composites, l'utilisation de l'émission acoustique modale est décrite en détail dans l'ISO/TS 19016.

L'ISO 11623 énonce les exigences relatives au contrôle périodique des bouteilles composites fondé sur l'essai hydraulique et l'inspection visuelle.

Des essais EA ont récemment été utilisés (HyPactor Project^[10]) pour détecter la perte de performance des bouteilles composites suite à un impact mécanique. Ces essais ont démontré que cette méthode peut être utilisée avec succès pour détecter les défauts de bouteilles composites, à condition d'utiliser des critères de vérification appropriés définis en réalisant des essais de performance et des essais de mise sous pression sur des bouteilles et des tubes, endommagés ou non, comme le spécifie l'[Annexe A](#).

Le présent document énonce également d'autres exigences relatives à la préparation, la finition et la maintenance des bouteilles et tubes composites ainsi qu'aux précautions de sécurité pour le personnel effectuant ces travaux. Ces exigences peuvent être obligatoires en vertu d'autres règlements.

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/55c99405-a8d3-4199-bcc6-615e38e2ba00/iso-23876-2022>

Bouteilles à gaz — Bouteilles et tubes composites — Essai par émission acoustique (EA) pour les contrôles et les essais périodiques

ATTENTION — Certains des essais spécifiés dans le présent document impliquent l'utilisation de méthodes pouvant engendrer une situation dangereuse.

1 Domaine d'application

Le présent document spécifie l'utilisation d'un essai d'émission acoustique (EA) lors des contrôles et essais périodiques des bouteilles et tubes à gaz transportables en matériaux composites frettés (type 2) et entièrement bobinés (types 3 et 4) d'une capacité en eau allant jusqu'à 3 000 l, pourvus d'un liner en alliage d'aluminium, en acier ou non métallique, ou dépourvus de liner (type 5), destinés à des gaz comprimés et liquéfiés sous pression.

Ce document ne s'applique qu'à la vérification du matériau composite. Il ne couvre pas d'autre type d'inspection, tel que le contrôle visuel interne du liner (voir l'ISO 11623).

NOTE Sauf mention contraire exceptionnelle, dans le présent document, le terme «bouteille» désigne à la fois les bouteilles et les tubes.

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités dans le texte de sorte qu'ils constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences du présent document. 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 9712, *Essais non destructifs — Qualification et certification du personnel* END

ISO 10286, *Bouteilles à gaz — Vocabulaire*

ISO/IEC 17025, *Exigences générales concernant la compétence des laboratoires d'étalonnages et d'essais*

ASTM E1106-12, *Standard Test Method for Primary Calibration of Acoustic Emission Sensors*

EN 13477 (toutes les parties), *Essais non destructifs — Émission acoustique — Caractérisation de l'équipement*

EN 13554, *Essais non destructifs — Émission acoustique — Principes généraux*

EN 14584, *Essais non destructifs — Essais d'émission acoustique — Contrôle des équipements métalliques sous pression pendant l'épreuve — Localisation planaire des sources d'EA*

EN 15495, *Essais non destructifs — Émission acoustique — Vérification des équipements métalliques sous pression pendant l'épreuve — Localisation par zone des sources d'EA*

EN 15857, *Essais non destructifs — Émission acoustique — Essai des polymères renforcés par des fibres — Méthodologie spécifique et critères d'évaluation généraux*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et les définitions de de l'ISO 10286 ainsi que les suivants s'appliquent.

L'ISO et l'IEC tiennent à jour des bases de données terminologiques destinées à être utilisées en normalisation, consultables aux adresses suivantes:

- ISO Online browsing platform: disponible à l'adresse <https://www.iso.org/obp>
- IEC Electropedia: disponible à l'adresse <https://www.electropedia.org/>

3.1 **émission acoustique**

EA
catégorie de phénomènes dans laquelle des ondes élastiques transitoires sont générées par la libération rapide d'énergie provenant de sources localisées dans un matériau, ou les ondes transitoires ainsi générées

Note 1 à l'article: «Émission acoustique» est le terme recommandé pour l'utilisation générale. Les autres termes qui ont été utilisés dans la documentation EA comprennent:

- a) émission d'ondes de contrainte;
- b) activité microsismique;
- c) émission ou émission acoustique avec d'autres modificateurs de qualification.

Note 2 à l'article: Pour les matériaux composites, les ondes élastiques peuvent aussi être générées par une délamination, une rupture des *fibres* (3.11) ou un décollement de *matrice* (3.12).

[SOURCE: ISO 12716:2001, 2.1, modifié — La Note 2 à l'article a été ajoutée.]

3.2 **seuil de détection d'émission acoustique** seuil de tension à dépasser afin de détecter un signal d'*émission acoustique* (3.1)

3.3 **seuil d'évaluation de l'émission acoustique** valeur du seuil utilisé pour l'analyse des données d'essai

3.4 **essai par émission acoustique** **AT**

contrôle d'un objet soumis à l'essai lors d'une sollicitation contrôlée en utilisant une instrumentation d'*émission acoustique* (3.1) pour détecter et analyser les sources d'émission acoustique

3.5 **anisotropie** propriété d'un matériau présentant des propriétés physiques différentes dans des directions différentes

3.6 **bruit de fond** signal d'*émission acoustique* (3.1) provenant de sources autres que des défauts

3.7 **enveloppe composite** ensemble formé par la combinaison de *fibres* (3.11) et d'une *matrice* (3.12)

3.8 **pression d'épreuve de la bouteille** valeur, marquée sur la bouteille, de la pression à laquelle elle a été éprouvée

3.9

pression développée

pression développée par le gaz contenu dans une bouteille à la température uniforme de $T_{\max}$

Note 1 à l'article: $T_{\max}$ est la température uniforme maximale prévue dans des conditions normales de service, telle qu'indiquée dans les réglementations internationales ou nationales sur le remplissage des bouteilles.

[SOURCE: ISO 10286:2021, 3.5.27, modifié — Dans la définition, «dans une bouteille» a été ajouté et «à la température maximale $T_{\max}$ » a été remplacé par «à la température uniforme de $T_{\max}$ ». Dans la Note 1 à l'article, «supposée» a été remplacé par «prévue»; «d'exploitation» a été remplacé par «de service». (Ne concerne que la version française)]

3.10

rapport Felicity

charge à laquelle l'« apparition d'une émission significative » (évaluée d'après les critères de rejet) se produit lors de la phase de rechargement d'un cycle de chargement/rechargement, divisée par la charge maximale précédente du cycle

Note 1 à l'article: L'apparition d'une émission significative est déduite d'un paramètre caractéristique de l'émission acoustique et de sa valeur, pour tous les canaux et/ou le canal le plus actif.

3.11

fibres

partie de l'*enveloppe composite* (3.7) supportant la charge

EXEMPLE Fibre de verre, d'aramide ou de carbone.

3.12

matrice

matériau utilisé pour lier et maintenir les *fibres* (3.11) en place

Note 1 à l'article: La matrice est parfois appelée «résine».

3.13

pression de travail

pression stabilisée d'un gaz comprimé à une température de référence uniforme de 15 °C pour une bouteille pleine de gaz

Note 1 à l'article: En Amérique du Nord, la pression de service est souvent utilisée pour indiquer un état similaire, généralement à 21,1 °C (70 °F).

Note 2 à l'article: En Asie de l'Est, la pression de service est souvent utilisée pour indiquer un état similaire, habituellement à 35 °C.

[SOURCE: ISO 10286:2021, 3.5.30, modifié — La Note 3 à l'article a été supprimée.]

4 Principes généraux de fonctionnement de l'émission acoustique

Lorsqu'une bouteille composite porteuse de défauts est mise sous pression, des ondes élastiques transitoires peuvent être générées par différentes sources (par exemple, une rupture de fibres, une fissuration de la matrice, une délamination). Ces ondes sont définies comme des émissions acoustiques (EA). Les émissions acoustiques résultant de défauts majeurs (telle une délamination ou une rupture de faisceau de fibres) commencent à se manifester à une pression inférieure ou égale à la pression d'épreuve utilisée lors d'un essai EA. La pression interne provoque une contrainte dans l'enveloppe composite, ce qui peut induire des émissions acoustiques qui se propagent à travers toute la structure sous forme d'ondes de plaque.

Des capteurs piézo-électriques montés à la surface d'une bouteille réagissent aux ondes de plaque qui se propagent à travers toute la structure. Ils sont reliés à un système de traitement des signaux via un préamplificateur qui enregistre les paramètres du signal associés au mouvement sous la surface du capteur. Avec au moins deux capteurs (un monté à chaque extrémité de la bouteille), l'opérateur

peut déterminer une localisation linéaire (tandis qu'une localisation planaire/géodésique nécessite au minimum trois capteurs). La localisation approximative des sources d'événements peut être obtenue à partir du temps d'arrivée des ondes acoustiques aux capteurs.

Le principe général utilisé dans le présent document consiste à réaliser, sur des bouteilles intactes, des bouteilles présentant des dommages acceptables et des bouteilles présentant des dommages inacceptables, des essais EA suivis d'essais destructifs afin de valider et de choisir les paramètres et les critères de rejet pertinents pour chaque type et/ou dimension de bouteille. Cependant, dès lors que des critères de rejet sont sélectionnés pour un type de conception, ils doivent être utilisés pour les bouteilles du même type.

Si, pour les paramètres et les critères de rejet sélectionnés, il n'est pas possible de faire la différence entre les bouteilles présentant des dommages et celles n'en présentant pas, un autre critère de rejet doit être sélectionné. Si ce critère de rejet ne permet pas d'établir une distinction, l'essai par émission acoustique ne doit pas être utilisé. L'[Annexe A](#) fournit des exemples d'essais de vérification réalisés sur des bouteilles afin de détecter des dommages causés par des impacts mécaniques ou d'autres types de dommages.

Dans tous les cas, les modes de défaillance potentiels du modèle de bouteille doivent être évalués et les effets connexes doivent être analysés.

5 Qualification du personnel

L'équipement d'émission acoustique ne doit être utilisé, et cette utilisation ne peut être supervisée, que par du personnel qualifié et expérimenté, certifié conformément à l'ISO 9712 ou à une norme équivalente (par exemple, l'ASNT SNT-TC-1A). L'opérateur doit disposer au minimum d'une certification de niveau 1; il doit être supervisé par une personne titulaire du niveau 2 ou du niveau 3 qui doit proposer une interprétation des résultats. L'organisme d'essai doit pouvoir faire appel à un opérateur de niveau 3 (employé de la société ou tierce partie) pour surveiller l'ensemble de son programme d'essais EA.

6 Validité de l'essai (données d'entrée requises)

Le type de construction de la bouteille (par exemple, type 2, 3, 4 ou 5), le type de liner, le type de fibres (par exemple, carbone, verre, aramide) et la matrice (par exemple, résine époxyde) doivent être consignés.

Les autres informations à indiquer doivent comprendre au moins le nom du fabricant de la bouteille, sa capacité en eau (minimale ou nominale), son diamètre nominal extérieur et sa pression de travail (voir l'[Annexe A](#)).

7 Étalonnage de l'essai par émission acoustique et équipement d'essai

7.1 Équipement d'émission acoustique et réglages

7.1.1 Instrumentation d'émission acoustique

Les dommages aux structures composites génèrent en général une émission acoustique transitoire semblable à une émission par salves, mais avec une forte activité qui peut lui donner l'apparence d'une émission continue. L'instrumentation d'émission acoustique utilisée doit être suffisamment performante pour permettre l'acquisition et le traitement en temps réel des nombreux signaux émis par les sources d'émission acoustique dans le matériau composite, et ce sans saturation du système d'acquisition.

7.1.2 Capteurs

Les capteurs doivent avoir une sensibilité minimale de +60 dB (ref. V/m) (source transitoire) à la fréquence de résonance, conformément à l'ASTM E1106-12 ou à une norme équivalente. Sur toute la plage de températures de l'essai, ils doivent être stables en termes de sensibilité, sans diaphonie. La bande de fréquences utilisée doit se trouver dans la plage comprise entre 100 kHz et 200 kHz.

Des capteurs basse fréquence (par exemple, 30 kHz à 75 kHz) ne doivent pas être utilisés à la place de capteurs haute fréquence-(100 kHz à 200 kHz).

Les caractéristiques des capteurs doivent être surveillées et enregistrées au début du mode opératoire ainsi que tout au long de celui-ci conformément à l'EN 13477-2 ou à une norme équivalente.

NOTE Le mode opératoire indiqué dans l'EN 13477-2 permet une comparaison rapide de la sensibilité des capteurs. La détérioration des capteurs peut résulter, par exemple, d'un impact mécanique, d'une exposition à des températures élevées, des rayonnements fortement ionisants, d'un environnement corrosif, d'une infiltration d'eau, d'un connecteur ou d'un câble endommagé.

7.1.3 Préamplificateurs

Les préamplificateurs peuvent être intégrés aux capteurs ou installés à distance. Leur gain doit être connu. La plage dynamique minimale doit être d'au moins 66 dB_{AE}.

7.1.4 Filtre

L'ensemble du filtrage (préamplificateur + système) doit avoir une pente minimale de 24 dB/octave en dehors de la bande comprise entre 110 kHz et 300 kHz. La bande de fréquences d'acquisition doit tenir compte de la fréquence du capteur utilisé.

Pour le capteur basse fréquence, la bande passante doit être comprise entre 20 kHz et 45 kHz.

7.1.5 Réglages

Le seuil de détection d'émission acoustique doit être d'au moins 6 dB au-dessus du bruit de fond. Dans tous les cas, il doit être inférieur ou égal au seuil d'évaluation d'émission acoustique.

Le bruit de fond doit être inférieur à 30 dB_{AE}.

Le temps de réarmement du système (défini comme le temps minimal entre deux salves consécutives) doit être inférieur ou égal à 200 µs. L'activité acoustique est très élevée (risque de chevauchement des salves) et la réflexion est fortement réduite en raison de l'atténuation significative produite par les matériaux de construction de la bouteille. Le temps de réarmement du système doit être adapté aux conditions de propagation et doit assurer une détectabilité optimale.

Une procédure écrite d'ajustement des paramètres de son instrumentation doit être disponible et appliquée. Cette procédure doit permettre de définir, sur site, les conditions d'acquisition, de conditionnement et de traitement du signal, conformément à l'EN 13554, l'EN 13477-1, l'EN 13477-2, l'EN 14584, l'EN 15495, l'EN 15857 ou une norme équivalente.

7.2 Étalonnage et vérification de l'équipement d'essai par émission acoustique

7.2.1 Étalonnage

Les capteurs de pression doivent être étalonnés au moins une fois par an, conformément aux exigences de l'ISO/IEC 17025. Les capteurs doivent être vérifiés chaque mois par une personne compétente et conformément à une norme appropriée, par exemple l'ASTM E2191/E2191M-16.