
Norme internationale



5636/3

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION • МЕЖДУНАРОДНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ • ORGANISATION INTERNATIONALE DE NORMALISATION

**Papier et carton — Détermination de la perméabilité à l'air (valeur moyenne) —
Partie 3 : Méthode Bendtsen**

Paper and board — Determination of air permeance (medium range) — Part 3 : Bendtsen method

Première édition — 1984-07-15

CDU 676.3/.7 : 620.165.29

Réf. n° : ISO 5636/3-1984 (F)

Descripteurs : papier, carton, essai, détermination, perméabilité à l'air, matériel d'essai.

Prix basé sur 7 pages

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 confiée aux comités techniques de l'ISO. Chaque comité membre intéressé par une étude a le droit de faire partie du comité technique correspondant. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'ISO, participent également aux travaux.

Les projets de Normes internationales adoptés par les comités techniques sont soumis aux comités membres pour approbation, avant leur acceptation comme Normes internationales par le Conseil de l'ISO.

La Norme internationale ISO 5636/3 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 6, *Papiers, cartons et pâtes*, et a été soumise aux comités membres en mars 1983.

Les comités membres des pays suivants l'ont approuvée :

Allemagne, R.F.	Égypte, Rép. arabe d'	Roumanie
Afrique du Sud, Rép. d'	Espagne	Royaume-Uni
Australie	Finlande	Suède
Autriche	Inde	Suisse
Belgique	Italie	Tanzanie
Brésil	Kenya	Tchécoslovaquie
Bulgarie	Norvège	Turquie
Canada	Nouvelle-Zélande	URSS
Chine	Pays-Bas	USA
Corée, Rép. de	Pologne	Venezuela

Aucun comité membre ne l'a désapprouvée.

Papier et carton — Détermination de la perméabilité à l'air (valeur moyenne) — Partie 3 : Méthode Bendtsen

0 Introduction

La présente Norme internationale spécifie des méthodes de mesurage de la vitesse de passage de l'air au travers d'une unité de surface d'une feuille de papier ou de carton, sous une unité de différence de pression. Le mesurage peut être effectué avec tout appareil qui répond aux spécifications de la présente Norme internationale.

L'ISO 5636/1 donne les spécifications de base des appareils d'essai et des modes opératoires.

Les autres parties donnent les détails nécessaires et les modes opératoires à suivre, applicables aux types d'appareils spécifiés.

1 Objet

La présente partie de l'ISO 5636 spécifie la méthode de détermination de la perméabilité à l'air d'un papier ou d'un carton, dans les valeurs moyennes, à l'aide de l'appareil Bendtsen.

2 Domaine d'application

La méthode est applicable aux papiers et aux cartons dont la perméabilité à l'air est située entre 0,35 et 15 $\mu\text{m}/(\text{Pa}\cdot\text{s})$.

La méthode n'est pas applicable aux papiers et aux cartons dont la surface est rugueuse, tels que les papiers crépés ou ondulés, qui ne peuvent pas être convenablement fixés pour éviter des fuites.

3 Références

ISO 186, *Papier et carton — Échantillonnage pour essais.*

ISO 187, *Papier et carton — Conditionnement des échantillons.*

ISO 5636/1, *Papier et carton — Détermination de la perméabilité à l'air (valeur moyenne) — Partie 1 : Méthode générale.*

4 Définition

Dans le cadre de la présente Norme internationale, la définition suivante est applicable.

perméabilité à l'air : Volume d'air moyen traversant une unité de surface sous une unité de différence de pression par unité de temps, dans des conditions spécifiées.

Elle est exprimée en micromètres par pascal seconde [$1 \text{ ml}/(\text{m}^2\cdot\text{Pa}\cdot\text{s}) = 1 \mu\text{m}/(\text{Pa}\cdot\text{s})$].

5 Principe

Fixation d'une éprouvette entre un joint circulaire et une surface plane en forme de couronne, de dimensions connues, la pression d'air absolue sur une face de la surface d'essai de l'éprouvette équivalant à la pression atmosphérique et la différence de pression entre les deux faces de l'éprouvette étant maintenue tout au long de l'essai à une valeur faible mais significative et constante. Mesurage du volume d'air traversant la surface d'essai dans un temps spécifié.

6 Appareillage

L'appareil comprend un compresseur et un réservoir stabilisateur de pression fournisseur d'air, un débitmètre avec un dispositif de contrôle de pression et une tête de mesure (voir figure 1).

L'annexe A donne des détails sur l'entretien et la maintenance des appareils Bendtsen.

6.1 Compresseur

Le compresseur doit fournir de l'air comprimé à environ 127 kPa. Si nécessaire, utiliser des filtres afin de s'assurer que l'air est propre et exempt d'huile.

6.2 Réservoir stabilisateur de pression

Le réservoir stabilisateur de pression doit avoir un volume de 10 litres environ et doit être placé entre le compresseur et le débitmètre.

6.3 Manostat

La pression d'air doit être contrôlée par un manostat à l'arrière du débitmètre. La plupart des appareils Bendtsen sont munis de trois manostats interchangeables de charges différentes qui contrôlent la pression de l'air à $0,74 \pm 0,01$ kPa, $1,47 \pm 0,02$ kPa et $2,20 \pm 0,03$ kPa. La pression d'air nominale doit être marquée sur chaque manostat. Cependant, la pression normalisée est de 1,47 kPa et ce manostat doit être utilisé lorsque l'essai est effectué conformément à la présente partie de l'ISO 5636.

6.4 Débitmètre

Le débitmètre doit être muni de sections variables de mesure de façon à permettre des mesures de débits dans les gammes de 5 à 150 ml/min à 2 ml/min près, 50 à 500 ml/min à 5 ml/min près et, sur certains instruments, 300 à 3 000 ml/min à 20 ml/min près.

Trois tubes capillaires doivent permettre l'étalonnage du débitmètre, un tube pour chaque gamme de débit. Les tubes capillaires doivent eux-mêmes être étalonnés avec précision avec un étalon de référence (par exemple une pellicule de savon) sous la même différence de pression que celle au niveau de la tête de lecture. (L'annexe B donne les détails pour l'étalonnage du débitmètre et des tubes pour les surfaces variables de mesure.)

NOTE — D'autres méthodes de mesurage du débit peuvent être utilisées, pourvu qu'elles permettent les mêmes précisions de mesurages que celles spécifiées dans la présente partie de l'ISO 5636. Si une telle méthode est utilisée, sa description doit en être faite dans le procès-verbal d'essai.

6.5 Tête de mesure

La tête de mesure consiste en un dispositif dans lequel l'éprouvette est fixée entre une couronne ayant une face plane et un joint circulaire en caoutchouc. La couronne et le joint doivent tous deux avoir des dimensions telles que la surface d'essai de l'éprouvette ainsi délimitée soit de $10,0 \pm 0,2$ cm². Le tube utilisé pour relier la tête de mesure au débitmètre doit être en caoutchouc ou en matière plastique, et avoir un diamètre intérieur de 7 mm et un diamètre extérieur de 9 mm.

7 Échantillonnage

L'échantillonnage doit être effectué selon les dispositions de l'ISO 186.

8 Conditionnement

Le conditionnement doit être effectué selon les dispositions de l'ISO 187.

9 Préparation des éprouvettes

La partie de l'éprouvette servant de surface d'essai ne doit pas être touchée au cours de la préparation ou de l'essai.

Pas moins de dix éprouvettes doivent être prélevées et leurs deux faces doivent être identifiées, par exemple face supérieure, face toile. Les dimensions minimales de l'éprouvette doivent être de 50 mm × 50 mm. La surface d'essai ne doit pas comporter de plis, ondulations, trous, filigranes ou défauts normalement non inhérents au papier ou au carton.

10 Mode opératoire

10.1 Atmosphère d'essai

L'essai doit être effectué dans la même atmosphère que celle utilisée pour le conditionnement des éprouvettes (voir chapitre 8).

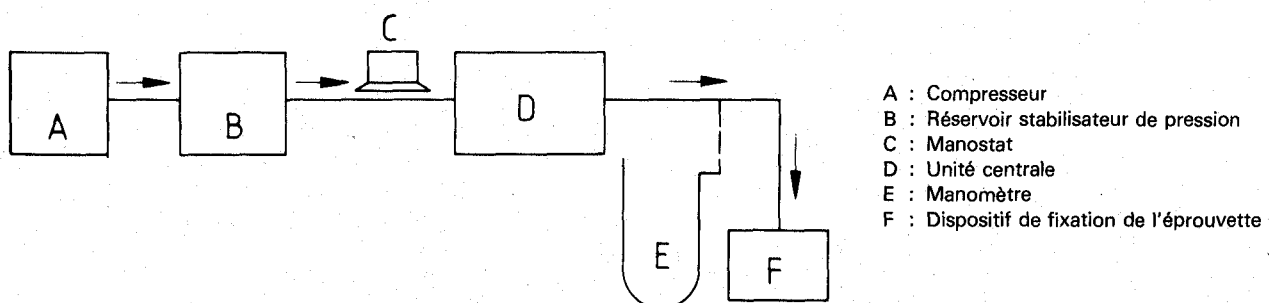


Figure 1 — Schéma du circuit dans l'appareil d'essai

10.2 Détermination

10.2.1 Placer l'appareil sur un bâti rigide et horizontal.

Mettre l'appareil à niveau au moyen des deux pieds avant.

Mettre le compresseur en marche et s'assurer qu'il n'entraîne aucune vibration pouvant conduire à des lectures erronées.

10.2.2 Décider quel débitmètre à section variable il faut utiliser pour l'essai, en choisissant si possible la section qui permet une lecture en dessous des 80 % de l'échelle pour une charge de 1,47 kPa. Des débits d'air inférieurs à 30 ml/min ne sont pas recommandés. Ne pas utiliser un débit d'air supérieur à 1 200 ml/min car, à des débits élevés, la différence de pression entre le débitmètre et la tête de mesure peut être suffisante pour que le calibrage de la section variable du débitmètre ne soit pas valable.

Régler les vannes à la base du débitmètre pour laisser passer l'air au travers de la section variable du débitmètre choisi. Dès formation d'un écoulement d'air, placer, en douceur, la charge régulatrice de pression de 1,47 kPa sur le support et commencer à le faire tourner. Il doit continuer à tourner lentement et régulièrement.

NOTE — Le manostat doit être placé après formation de l'écoulement d'air; il doit être retiré avant que l'écoulement d'air s'arrête.

10.2.3 Régler la vanne de sortie du débitmètre pour laisser passer l'air par la sortie supérieure (la plus large) et relier la tête de mesure à cette sortie à l'aide d'un tuyau de longueur maximale 700 mm. (Une plus grande longueur de tuyau entraîne une chute de pression significative entre le débitmètre et la tête de mesure.)

10.2.4 Vérifier l'étalonnage du débitmètre à section variable en remplaçant temporairement la tête de mesure avec le tube capillaire approprié. Le débit d'air relevé doit correspondre au relevé exact pour ce tube capillaire à $\pm 5\%$.

10.2.5 La tête de mesure étant de nouveau reliée au débitmètre, fixer une plaque rigide non métallique et lisse contre le joint et vérifier que le rotor du débitmètre à section variable vient s'arrêter au bas du débitmètre à section variable. Si tel n'est pas le cas, vérifier la tête de mesure et rechercher les fuites, comme indiqué dans l'annexe A, chapitre A.1.

10.2.6 Fixer l'éprouvette entre la plaque et le joint. Noter la variation du relevé fait sur le débitmètre à section variable, effectué 5 s au moins après la fixation de l'éprouvette, avec la précision indiquée en 6.4.

NOTE — Si une pression élevée est utilisée, le joint peut être déformé.

10.2.7 Essayer les éprouvettes restantes de la même manière, en s'assurant que, pour la moitié des essais, la face supérieure de l'éprouvette est sur le joint et que, pour l'autre moitié, c'est la face inférieure qui l'est.

10.2.8 À la fin des essais, enlever le manostat et arrêter le compresseur.

11 Expression des résultats

11.1 Calcul de la perméabilité à l'air (P)

Convertir les résultats pour donner la perméabilité à l'air (P) de chaque éprouvette, en micromètres par pascal seconde, à l'aide de la formule

$$0,0113 q$$

où q est le débit d'air, exprimé en millilitres par minute, passant au travers de la surface d'essai.

11.2 Moyenne arithmétique

Calculer la moyenne arithmétique de la perméabilité à l'air, en micromètres par pascal seconde, avec deux chiffres significatifs. Si, à l'évidence, il y a une différence significative entre les résultats pour chacun des sens de passage du débit d'air sur l'éprouvette, calculer une moyenne séparée pour chaque sens de passage.

11.3 Écart-type

Calculer l'écart-type ou le coefficient de variation de la perméabilité à l'air pour tous les résultats relevés, avec deux chiffres significatifs.

12 Procès-verbal d'essai

Le procès-verbal d'essai doit mentionner les indications suivantes :

- a) une référence à la présente partie de l'ISO 5636;
- b) la date et le lieu de l'essai;
- c) toutes les informations nécessaires à l'identification complète de l'éprouvette;
- d) le type d'appareil utilisé;
- e) la température et l'humidité relative au cours de l'essai;
- f) le nombre d'éprouvettes essayées;
- g) la charge régulatrice de pression utilisée, si elle est différente de 1,47 kPa;
- h) la gamme du débitmètre utilisé;
- j) la moyenne ou les moyennes arithmétiques (voir 11.2);
- k) l'écart-type ou le coefficient de variation (voir 11.3);
- m) tout écart par rapport au mode opératoire spécifié.

Annexe A

Soins à apporter et maintenance des appareils Bendtsen

(Cette annexe fait partie intégrante de la norme.)

A.1 Recherche des fuites d'air

Détecter les fuites d'air dans la tête de mesure en fixant une plaque rigide non métallique et lisse contre le joint comme indiqué dans le chapitre 10, en utilisant un débitmètre à section variable du type 5 à 150 ml/min. Si le rotor ne se maintient pas au bas du débitmètre à section variable, examiner la plaque afin de détecter des imperfections, vérifier que le caoutchouc du joint assure un contact suffisamment intime avec la plaque, s'assurer que tout ceci est en bon état et rechercher les fuites.

A.2 Charges

Manipuler les charges du manostat avec précaution afin d'éviter d'endommager les bords. Elles ne doivent pas être placées sur le conduit avant que le débit d'air n'ait commencé et elles doivent être enlevées avant qu'il n'ait cessé.

Vérifier la propreté du trou axial à travers le poids. En utilisant un raccord, connecter un manomètre à eau et un tube capillaire convenable à la sortie du débitmètre et vérifier que la pression à cet endroit est, à 5 % près, celle du manomètre principal lorsque le débit est tel qu'indiqué ci-après :

a) débitmètre à section variable de 5 à 150 ml/min

Débit d'air (ml/min)	10	100	150
Relevé (recherché) sur le manomètre principal (mm)	152	150	148

b) débitmètre à section variable de 50 à 500 ml/min

Débit d'air (ml/min)	50	100	300	500
Relevé (recherché) sur le manomètre principal (mm)	152	151	149	146

c) débitmètre à section variable de 300 à 3 000 ml/min

Relevé (recherché) sur le manomètre principal (mm) :
150 ± 10 quel que soit le débit jusqu'à 1 200 ml/min.

Afin de s'assurer que la perte de pression entre cet endroit et l'éprouvette est insignifiante, le tube de raccord à la tête doit avoir un diamètre intérieur de 7 mm minimum et une longueur inférieure ou égale à 700 mm.

Les charges du manostat ne doivent pas être lubrifiées.

A.3 Mouvement

Vérifier que les flotteurs tournent librement dans les tubes du

débitmètre à section variable. Un flotteur qui ne tourne pas bien peut donner des relevés fixes. Un flotteur qui tourne a une action d'autonettoyage, il est d'autre part moins sujet à indiquer des erreurs dues au frottement sur les parois des tubes du débitmètre. Vérifier l'état des tuyaux; il est déterminant pour la bonne rotation des flotteurs, particulièrement pour les faibles débits. D'autres facteurs importants pour assurer une bonne rotation sont la symétrie mécanique et l'état des joints.

Si un flotteur venait à se bloquer dans sa rotation en bas ou en haut du débitmètre à section variable, tapoter l'appareil lorsque l'air passe au travers du tube. Si cette manœuvre ne libère pas le flotteur, dégager le tube du débitmètre à l'aide d'une clé spéciale, enlever la pièce de métal par le sommet du débitmètre et enlever le tube du débitmètre. Le retour à un blocage peut être évité en ajustant la forme. L'anneau du bas du ressort doit se terminer par une boucle horizontale centrée par rapport à la section du débitmètre. L'anneau du haut du ressort doit être terminé par une boucle verticale centrée par rapport au débitmètre.

A.4 Nettoyage du débitmètre à section variable

Si le tube du débitmètre à section variable ou le flotteur est sale, entraînant ainsi des lectures élevées, enlever les flotteurs des tubes, nettoyer les flotteurs et les tubes avec du tétrachlorure de carbone, puis les faire sécher dans un courant d'air.

Un détergent liquide peut être utilisé au lieu du tétrachlorure de carbone. Dans ce cas, rincer le tube avec de l'eau, en inversant plusieurs fois le sens du débit, et utiliser une solution aqueuse de ce détergent [environ 10 % (V/V)] pour nettoyer les flotteurs. Puis rincer avec de l'eau distillée et sécher dans un courant d'air.

Remplacer les tubes défectueux.

A.5 Tubes à air

Ils doivent être régulièrement inspectés pour détecter tout signe de détérioration et remplacés si nécessaire. Ils doivent être remplacés au moins une fois l'an.

A.6 Joints

Les joints doivent être régulièrement inspectés pour détecter tout signe de détérioration et remplacés si nécessaire.

NOTE — On sait que les dimensions des joints changent avec le temps. C'est pourquoi il est nécessaire de s'assurer que les joints de remplacement utilisés ont les dimensions correctes.

Annexe B

Étalonnage des débitmètres et des débitmètres à section variable

(Cette annexe fait partie intégrante de la norme.)

B.1 Vérification des débitmètres avec tubes capillaires

Les flotteurs des débitmètres sont susceptibles d'usure. Si un relevé sur l'échelle du tube capillaire connecté diffère de plus de 5 % de la valeur indiquée, la procédure suivante doit être adoptée.

- a) Vérifier le débitmètre à section variable par rapport au tube capillaire normalement utilisé pour un débitmètre à section variable adjacent.
- b) Si les deux relevés sont élevés, vérifier la propreté du débitmètre et du flotteur et les nettoyer si nécessaire.
- c) Si les deux relevés sont bas, vérifier les circuits ou les fuites dans le système, par exemple les nœuds ou les fuites dans le tube en plastique ou en caoutchouc.
- d) Si les deux relevés ne concordent pas ou si le mauvais fonctionnement constaté en b) ou c) ne peut être identifié, régler le débitmètre à 1,47 kPa et le contrôler à l'aide de la méthode de la pellicule de savon ou de la bulle de savon, ou à l'aide d'un autre dispositif de mesure adéquat.
- e) À partir des résultats de d), déterminer si le débitmètre à section variable ou le tube capillaire est défectueux et le remplacer si nécessaire.

B.2 Contrôle de l'étalonnage des tubes du débitmètre à section variable et des tubes capillaires

Les tubes du débitmètre à section variable et les tubes capillaires peuvent être étalonnés à l'aide de la méthode de la pellicule de savon dont il existe plusieurs versions. La figure 2 constitue une représentation schématique d'un mesureur adéquat.

B.2.1 Mesureur à bulle de savon

B.2.1.1 Appareillage et matériel

B.2.1.2 Mesureur à bulle de savon (voir figure 2) comprenant

- poire d'injection (avec pince de Mohr);
- flacon de verre, de capacité 1 litre;
- manomètre à eau, gradué en millimètres;
- thermomètre;

- volumètre (le volume compris entre deux traits repères est calibré avec précision), avec traits repères indiquant 100 ml, 250 ml et 1 500 ml; les différentes gammes peuvent être réalisées avec des volumètres remplaçables;

- soupape à pointeau;

- tubes de verre et de caoutchouc, d'un diamètre interne aussi grand que réalisable de façon à minimiser la perte de pression.

B.2.1.3 Chronomètre

B.2.1.4 Solution de savon : 3 à 5 % de détergent liquide dans de l'eau distillée.

B.2.2 Mode opératoire

Pour étalonner les tubes du débitmètre, déconnecter la tête de mesure de l'extrémité aval de la tubulure de caoutchouc ou de plastique et, à sa place, connecter le mesureur à bulle de savon (en C). Établir un écoulement d'air, placer la charge du manostat de 1,47 kPa sur le support et commencer à le faire tourner. Régler les vannes pour laisser passer l'air au travers du débitmètre à étalonner jusqu'au mesureur à bulle de savon. Ajuster la poire d'injection et la soupape à pointeau pour fournir un écoulement d'air aisément mesurable et s'assurer que le débit et l'indication du manomètre restent constants. Presser rapidement la poire en caoutchouc dans la partie la plus basse du volumètre de façon qu'une bulle de savon entre dans le tube du volumètre. Noter le temps, en secondes, nécessaire pour que cette bulle se déplace entre les traits repères représentant un volume connu. La gamme du volumètre devrait être choisie de façon que les mesures de temps dépassent 30 s. Répéter ces opérations à environ six écoulements d'air répartis dans les 80 % supérieurs de la gamme du débitmètre. Noter également la température, la pression atmosphérique et le relevé sur le manomètre à chaque écoulement d'air.

Pour étalonner un tube capillaire, connecter le tube situé entre l'appareil Bendtsen et le mesureur à bulle de savon (en C). Retirer la soupape à pointeau et également toute tubulure de liaison à la partie la plus haute du volumètre de façon que la pression dans le système volumétrique soit aussi voisine que possible de la pression atmosphérique. Dans ce mode opératoire, il est essentiel que les pressions à l'entrée et à la sortie du capillaire soient substantiellement les mêmes que celles existant lorsque le capillaire est utilisé comme indiqué en 10.2.4.

NOTE — À des débits d'air supérieurs à 1 200 ml/min, la perte de pression dans le système Bendtsen est substantielle et, pour assurer la reproductibilité des résultats, il est nécessaire que la tubulure utilisée pour connecter le débitmètre à la tête de mesure soit contrôlée avec soin, c'est-à-dire qu'elle ait 690 ± 5 mm de longueur et $7 \pm 0,5$ mm de diamètre interne. Pour la même raison, les ouvertures dans les vannes et autres raccords sur l'appareil ne doivent pas subir de modifications par rapport à celles fournies par le constructeur de l'appareil.

B.2.3 Calcul

En chaque point d'étalonnage, calculer un débit corrigé en fonction de la température et de la pression à l'aide de l'équation

$$q_0 = \frac{pV \times 296 \times 60}{102,8 \times Tt}$$

$$= \frac{172,8 pV}{Tt}$$

où

q_0 est le débit, exprimé en millilitres par minute, ramené à 102,8 kPa [pression atmosphérique normale (101,3 kPa) + pression nominale de fonctionnement (1,5 kPa)] et 23 °C;

p est la somme, en kilopascals, de la pression atmosphérique réelle et de la pression différentielle indiquée par le manomètre (un relevé de 1 mm sur le manomètre correspond à 9,78 Pa à 23 °C);

V est le volume, en millilitres, écoulé entre les traits repères du volumètre;

T est le relevé de température, en kelvins ($T = 273 + \theta$, θ étant le relevé de température en degrés Celsius);

t est le temps, en secondes.

B.2.4 Précision

Cette méthode d'étalonnage donne une précision satisfaisante pour des conditions atmosphériques d'essai ne s'écartant pas trop de 101,3 kPa et 23 °C.

Dans les cas où les conditions atmosphériques diffèrent de façon notable de 101,3 kPa et 23 °C, q_0 peut être corrigé en appliquant l'équation

$$q_0 = \frac{p_1 T_0 V}{p_0 T_1 t}$$

où

q_0 est le débit corrigé, exprimé en millilitres par minute;

p_0 est la somme de la pression atmosphérique normale et de la pression nominale de mesure [la pression normale de mesure est de 150 mmH₂O = 1,468 kPa (1 mmH₂O à 23 °C \cong 9,78 Pa)];

p_1 est la somme de la pression atmosphérique réelle et de la pression dans le manomètre;

$T_0 = 296$ K;

T_1 est la température, en kelvins, dans la fiole de verre ($T_1 = 273 + \theta$, θ étant la température en degrés Celsius);

V est le volume, en millilitres, écoulé entre les traits repères du volumètre;

t est le temps, en minutes, nécessaire pour que la bulle se déplace entre les traits repères.

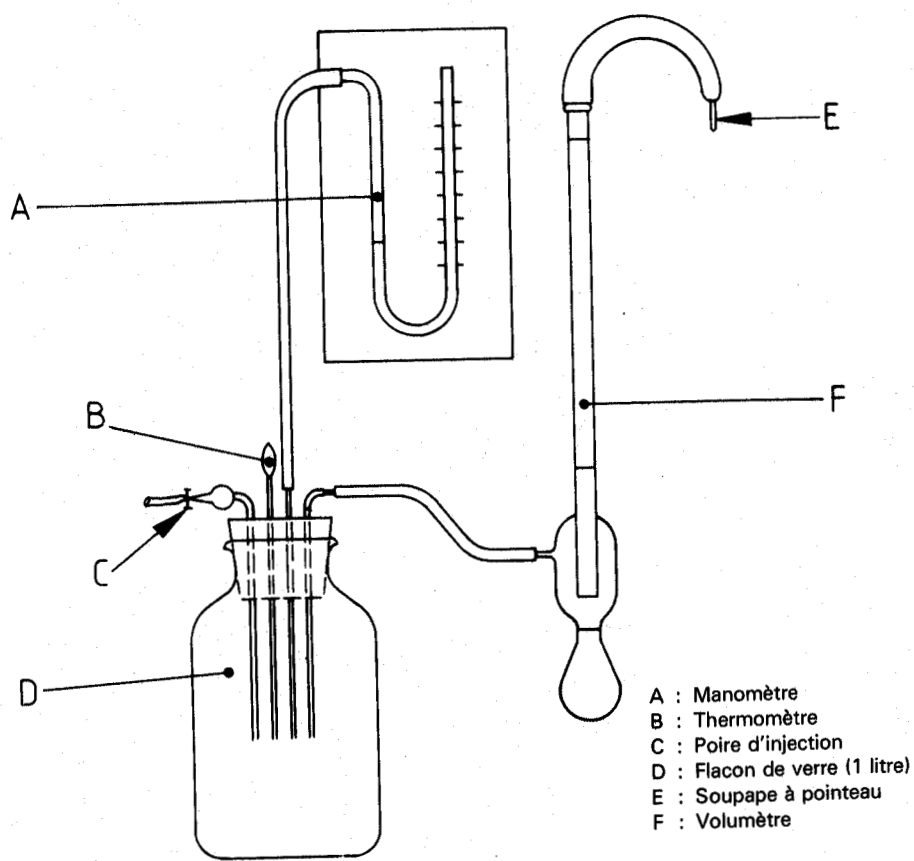


Figure 2 — Mesureur à bulle de savon

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 5636-3:1984

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/27611a05-979e-45a9-9c37-ca841935efd4/iso-5636-3-1984>