

---

---

**Plastiques — Résines à l'état liquide ou en émulsions ou dispersions — Détermination de la viscosité apparente selon le Procédé Brookfield**

**iTeh STANDARD PREVIEW**  
*Plastics — Resins in the liquid state or as emulsions or dispersions — Determination of apparent viscosity by the Brookfield Test method*  
**(standards.iteh.ai)**

[ISO 2555:1989](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/8c151936-82f5-4e1c-a114-9adc799494cf/iso-2555-1989)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/8c151936-82f5-4e1c-a114-9adc799494cf/iso-2555-1989>



## Avant-propos

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

Les projets de Normes internationales adoptés par les comités techniques sont soumis aux comités membres pour approbation, avant leur acceptation comme Normes internationales par le Conseil de l'ISO. Les Normes internationales sont approuvées conformément aux procédures de l'ISO qui requièrent l'approbation de 75 % au moins des comités membres votants.

[ISO 2555:1989](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/8c151936-82f5-4e1c-a114-9adc799494cf/iso-2555-1989)

La Norme internationale ISO 2555 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 61, *Plastiques*.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition (ISO 2555 : 1974), dont elle constitue une révision technique.

Les annexes A et B font partie intégrante de la présente Norme internationale.

# Plastiques — Résines à l'état liquide ou en émulsions ou dispersions — Détermination de la viscosité apparente selon le Procédé Brookfield<sup>1)</sup>

## 1 Domaine d'application

La présente Norme internationale prescrit une méthode pour la détermination de la viscosité apparente selon le Procédé Brookfield, des résines à l'état liquide ou assimilé, à l'aide d'un des types des viscosimètres rotatifs décrits dans la présente Norme internationale.

L'application de cette méthode à des produits particuliers est détaillée dans l'annexe A.

Les viscosimètres des types A, B et C permettent des mesurages de viscosité entre 0,02 Pa·s (20 cP) et 60 000 Pa·s ( $60 \times 10^6$  cP).

## 2 Principe

Un mobile de forme cylindrique ou apparenté (disque) tourne à fréquence de rotation constante autour de son axe dans le produit en examen.

La résistance exercée par le fluide sur le mobile, résistance qui dépend de la viscosité du produit, provoque une torsion qui est mesurée sur un appareil de mesure adapté. Cette mesure est souvent établie à partir de la tension d'un ressort spiral fonction de la torsion et qui se traduit par le déplacement d'une aiguille sur un cadran.

La viscosité apparente selon le Procédé Brookfield est mesurée en multipliant la valeur de ce déplacement par un coefficient dépendant de la fréquence de rotation et des caractéristiques du mobile.

Les produits auxquels la présente Norme internationale est applicable sont généralement non newtoniens, et la viscosité mesurée dépend du gradient de vitesse auquel est soumis le produit pendant le mesurage.

Or, dans ces types de viscosimètres, le gradient de vitesse n'est pas le même en tous points du mobile. Donc, pour les fluides non newtoniens, le résultat du mesurage n'est pas exactement celui d'une « viscosité à gradient de vitesse connu », d'où son appellation de viscosité apparente.

## 3 Appareillage

**3.1 Viscosimètre genre Brookfield**, du type A, B ou C, à choisir selon le produit étudié et la précision de mesurage désirée.

Le principe détaillé de fonctionnement de cet appareil, sa description et les caractéristiques de ces trois types sont donnés dans l'annexe B.

Chaque viscosimètre est composé des éléments suivants :

- le corps du viscosimètre;
- des mobiles amovibles interchangeables, au nombre de sept numérotés de 1 à 7 (le numéro 1 correspondant au plus gros); ces mobiles comportent sur leur axe un repère indiquant le niveau d'enfoncement dans le liquide; ils sont communs aux trois types de viscosimètres; les mobiles présentant des signes de corrosion ou d'excentrage ne doivent pas être utilisés;
- un étrier de garde amovible (seulement pour le type A).

Les fréquences de rotation utilisables avec les différents types de viscosimètres Brookfield sont données dans le tableau 1. D'autres fréquences de rotation dans les mêmes limites peuvent être choisies.

NOTE — Dans le cas particulier de l'appareil Brookfield, les correspondances des types A, B et C et des modèles ainsi que les fréquences de rotation disponibles sont données dans le tableau 1.

**Tableau 1 — Fréquences de rotation utilisables dans les trois types de viscosimètres**

Type	Modèle	Fréquences de rotation, min <sup>-1</sup>						
A	RVF	2	4	10	20			
	RVF 100			10	20	50	100	
	RVT	0,5	1	2,5	5	10	20	50
B	HAF	1	2	5	10			
	HAT	0,5	1	2,5	5	10	20	50
C	HBF	1	2	5	10			
	HBT	0,5	1	2,5	5	10	20	50

Les formes et les dimensions des mobiles sont telles que les viscosités correspondant à une valeur maximale de torsion sur le compteur, en fonction de la fréquence de rotation, soient celles indiquées dans le tableau 2.

Le réglage et l'étalonnage de ces viscosimètres sont normalement effectués par le fabricant.

1) Le Procédé Brookfield peut être réalisé à l'aide d'un équipement d'essai fourni par un certain nombre de fabricants.

Tableau 2 — Viscosité maximale (Pa·s)<sup>\*)</sup> selon le type de viscosimètre, la fréquence de rotation utilisée et le mobile

Type de viscosimètre	Fréquence de rotation min <sup>-1</sup>	Numéro du mobile						
		1	2	3	4	5	6	7
A	100	0,1	0,4	1	2	4	10	40
	50	0,2	0,8	2	4	8	20	80
	20	0,5	2	5	10	20	50	200
	10	1	4	10	20	40	100	400
	5	2	8	20	40	80	200	800
	4	2,5	10	25	50	100	250	1 000
	2,5	4	16	40	80	160	400	1 600
	2	5	20	50	100	200	500	2 000
	1	10	40	100	200	400	1 000	4 000
	0,5	20	80	200	400	800	2 000	8 000
B	100	0,2	0,8	2	4	8	20	80
	50	0,4	1,6	4	8	16	40	160
	20	1	4	10	20	40	100	400
	10	2	8	20	40	80	200	800
	5	4	16	40	80	160	400	1 600
	2,5	8	32	80	160	320	800	3 200
	2	10	40	100	200	400	1 000	4 000
	1	20	80	200	400	800	2 000	8 000
	0,5	40	160	400	800	1 600	4 000	16 000
C	100	0,8	3,2	8	16	32	80	320
	50	1,6	6,4	16	32	64	160	640
	20	4	16	40	80	160	400	1 600
	10	8	32	80	160	320	800	3 200
	5	16	64	160	320	640	1 600	6 400
	2,5	32	128	320	640	1 280	3 200	12 800
	2	40	160	400	800	1 600	4 000	16 000
	1	80	320	800	1 600	3 200	8 000	32 000
	0,5	160	640	1 600	3 200	6 400	16 000	64 000

\*) 1 Pa·s = 10<sup>3</sup> cP

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/8c151936-82f5-4e1c-a114-9adc799494cf/iso-2555-1989>

Le contrôle de ce réglage et de cet étalonnage, qu'il est recommandé d'effectuer de temps en temps, peut être réalisé au moyen de liquides newtoniens de viscosité connue, soit par les laboratoires utilisateurs, soit par les laboratoires officiels.

**3.2 Bain liquide thermorégularisé**, muni d'un thermostat permettant de maintenir le produit en examen à la température d'essai à  $\pm 0,2$  °C près.

Les températures d'essai recommandées sont, en degrés Celsius: 23, 25, 40, 55, 70, 85 et 100.

NOTE — Si l'essai doit être effectué à des températures supérieures, il est conseillé d'utiliser un prolongateur entre le mobile et l'appareil.

### 3.3 Appareillage annexe

**3.3.1 Support**, permettant de maintenir l'appareil et de déplacer le viscosimètre dans un plan vertical.

**3.3.2 Bécher**, de 90 mm à 92 mm de diamètre et 115 mm à 160 mm de hauteur.

**3.3.3 Thermomètre**, gradué en 0,1 °C, pour mesurer la température du produit à l'essai.

## 4 Choix de la fréquence de rotation et du mobile

Choisir le couple fréquence de rotation-mobile en fonction de la valeur de la viscosité à mesurer, de la précision désirée et du gradient de vitesse envisagé. Il est obligatoire de faire ce choix de façon qu'aucune mesure ne corresponde à moins de 20 % ou plus de 95 % de l'échelle totale. Cependant, afin d'obtenir la meilleure précision, il est conseillé de se limiter à l'étendue de 45 % à 95 % de l'échelle totale.

Si l'on veut comparer entre elles des viscosités de produits non newtoniens, il est indispensable d'utiliser pour ces mesures le même couple fréquence de rotation-mobile, même si la précision d'une des mesures en est fortement diminuée.

Le choix de la fréquence de rotation entraîne automatiquement le choix de un ou plusieurs types d'appareils. Il est recommandé d'utiliser, si possible, la fréquence de rotation de 10 min<sup>-1</sup>.

La manière de faire ce choix du couple fréquence de rotation-mobile doit être obligatoirement prescrite dans le document qui prescrit le mesurage (voir article A.1 de l'annexe A). Ce choix pourra être fait en fonction de la viscosité annoncée ou cherchée, en utilisant par exemple le tableau 2 et en se rappelant que l'étendue de mesurage la plus favorable est comprise entre 45 % et 95 % de l'échelle totale.

### 5 Mode opératoire

Monter le viscosimètre, muni éventuellement (voir B.3.3 de l'annexe B) de son étrier de garde, sur son support. Remplir le bécher (3.3.2) avec le produit à soumettre à l'essai, en ayant soin de ne pas introduire de bulles d'air, puis le placer dans le bain (3.2) et l'y maintenir durant un temps suffisant pour qu'il arrive assez près de la température désirée. Si le produit contient des matières volatiles ou est hygroscopique, avoir soin de bien boucher le bécher pendant cette mise en température.

Le bécher étant dans le bain (3.2), tenir le mobile de manière qu'il fasse un angle d'environ 45° avec la surface du produit et l'immerger dans le produit. Orienter le mobile, toujours immergé, à la verticale et le relier à l'axe de l'appareil.

S'assurer que le mobile est vertical, à l'aide du niveau à bulle, que l'extrémité du mobile est distante de plus de 10 mm du fond du bécher et que le mobile est immergé jusqu'au bas du repère figurant sur son axe. Introduire le thermomètre (3.3.3) dans le produit.

Attendre que la température du produit soit comprise entre les limites prescrites. Mettre le moteur en marche et passer à la fréquence de rotation désirée en respectant les instructions du constructeur.

Laisser tourner l'ensemble et lire le compteur de torsion à 0,25 % de l'échelle totale près, selon les instructions du constructeur, et ceci quand une valeur stable peut être lue sur le compteur. Bloquer l'aiguille et arrêter le moteur de façon à pouvoir faire la lecture.

#### NOTES

1 Si la lecture du compteur de torsion ne reste pas vraiment stable, ceci indique souvent que l'on a affaire à un produit thixotrope ou rhéopexe. Il convient que le document qui prescrit le mesurage (voir article A.1 de l'annexe A) précise s'il faut faire le relevé du compteur de torsion après un temps défini ou bien dès que l'aiguille est stabilisée. Il est aussi possible de construire la courbe de la viscosité en fonction de la durée de rotation.

2 Les liquides peuvent avoir des rhéologies différentes. Pour les liquides ayant un comportement thixotrope ou rhéopexe, il convient de fixer la durée de rotation, par exemple à 1 min (choisir une seule durée car les valeurs lues sur le compteur de torsion peuvent dépendre du temps).

Remettre le moteur en marche et refaire un autre mesurage.

Poursuivre le mesurage jusqu'à obtention de deux valeurs consécutives ne différant pas de plus de 3 % (sauf indications différentes dans les documents mentionnés dans l'article A.1 de l'annexe A).

Prendre la moyenne de ces deux valeurs.

Après chaque détermination, détacher le mobile de l'appareil et le laver soigneusement dans un solvant approprié.

### 6 Expression des résultats

Calculer la viscosité apparente, en pacals secondes, du produit en examen, à l'aide de la formule

$$\frac{A \times k \times l}{1\ 000}$$

où

A est un coefficient dépendant du type d'appareil : égal à 1 pour le type A, 2 pour le type B et 8 pour le type C;

k est un coefficient dépendant du couple fréquence de rotation-mobile; dans le cas des appareils ayant les caractéristiques prescrites dans l'article B.3 de l'annexe B, les valeurs du coefficient k sont indiquées dans le tableau 3;

l est la moyenne des deux valeurs lues sur le cadran.

**Tableau 3 — Coefficient k (échelle 0 à 100) pour chaque couple fréquence de rotation-mobile<sup>1)</sup>**

Fréquence de rotation min <sup>-1</sup>	Coefficient k pour mobile n°						
	1 (le plus grand)	2	3	4	5	6	7 (le plus petit)
100	1	4	10	20	40	100	400
50	2	8	20	40	80	200	800
20	5	20	50	100	200	500	2 000
10	10	40	100	200	400	1 000	4 000
5	20	80	200	400	800	2 000	8 000
4	25	100	250	500	1 000	2 500	10 000
2,5	40	160	400	800	1 600	4 000	16 000
2	50	200	500	1 000	2 000	5 000	20 000
1	100	400	1 000	2 000	4 000	10 000	40 000
0,5	200	800	2 000	4 000	8 000	20 000	80 000

1) Il peut être nécessaire d'étalonner chaque mobile avec des liquides de viscosité connue et d'utiliser des valeurs de k légèrement différentes (voir article B.4 de l'annexe B).

Exprimer les résultats avec trois chiffres significatifs en indiquant le type de viscosimètre (A, B ou C), le numéro du mobile et la fréquence de rotation, comme dans l'exemple suivant :

$$\text{Viscosité apparente (A/3/20)} = 4,25 \text{ Pa}\cdot\text{s}$$

(1 Pa·s = 10<sup>3</sup> cP).

NOTE — Si le mesurage a été fait dans les conditions décrites dans les notes de l'article 5 (produits thixotropes ou rhéopexes), suivre les indications du document qui prescrit le mesurage (voir article A.1 de l'annexe A).

### 7 Rapport d'essai

Le rapport d'essai doit contenir les indications suivantes :

- a) référence à la présente Norme internationale;
- b) identification du produit soumis à l'essai;
- c) température d'essai;
- d) modèle de viscosimètre utilisé;
- e) valeur(s) de la viscosité apparente calculée(s) et exprimée(s) selon les indications de l'article 6.

## Annexe A (normative)

### Application générale aux résines à l'état liquide, en émulsions et dispersions

#### A.1 Domaine d'application

La présente annexe doit être utilisée pour la détermination de la viscosité apparente des résines à l'état liquide, en émulsions et dispersions, chaque fois qu'aucune indication contraire n'est donnée.

Elle doit, à plus forte raison, être utilisée lorsqu'une norme ou un contrat commercial concernant un produit, recommande l'application de l'ISO 2555 et son annexe A.

#### A.2 Choix des conditions d'essai

##### A.2.1 Fréquence de rotation

En raison du caractère généralement non newtonien des produits concernés par la présente annexe, il n'est théoriquement pas possible de comparer les résultats obtenus avec des fréquences de rotation différentes.

Le choix de cette fréquence de rotation dépend du domaine de viscosité à mesurer. Elle doit être précisée pour chaque type de produit.

Il est alors nécessaire d'établir un diagramme donnant pour chaque mobile le domaine de viscosité couvert pour le viscosimètre retenu à la fréquence de rotation prescrite (voir à la figure A.1 un exemple de diagramme pour la fréquence de rotation de 10 min<sup>-1</sup> pour les viscosimètres A, B et C).

##### A.2.2 Mobile

Si la valeur de la viscosité apparente à mesurer est connue approximativement, choisir le mobile à utiliser à l'aide d'un diagramme (voir A.2.1) indiquant pour chaque type de viscosimètre le domaine de viscosité couvert par chaque mobile.

Pour comparer des résultats, il est préférable de conserver le même mobile, même si on est amené à l'utiliser dans un

domaine où son emploi n'est que « toléré » plutôt que de mettre en œuvre des mobiles différents. La pratique montre en effet que les résultats ne se recouvrent pas toujours en passant d'un mobile au suivant.

Lorsque la valeur de la viscosité à mesurer n'est pas connue, faire des mesurages en essayant successivement les différents mobiles en commençant par le n° 7 jusqu'à satisfaire aux exigences du diagramme.

#### A.2.3 Conditions particulières recommandées pour certains produits

Le tableau A.1 récapitule les conditions d'essai particulières recommandées pour un certain nombre de produits en fonction de la pratique internationale. Le mobile doit être choisi en fonction de la valeur de la viscosité, conformément aux recommandations de l'article 4.

Tableau A.1 — Conditions d'essai recommandées

Produit	Type de viscosimètre	Fréquence de rotation min <sup>-1</sup>	Température °C	Remarques particulières
Résine phénoliques	A <sup>1)</sup>	50	23	Lecture après 1 min de rotation
Résines polyesters	A <sup>1)</sup>	10	23	
Résines époxydes	A <sup>1)</sup>	10	23	
Adhésifs	A <sup>1)</sup>	10 ou 20	23	
Dispersion aqueuses	A <sup>1)</sup>	50	23	
Résines PVC pour pâtes	A <sup>1)</sup>	20	23	

1) L'emploi des types B ou C est autorisé lorsque la viscosité du produit est supérieure à la viscosité limite mesurable à la fréquence de rotation recommandée.



### A.3 Mode opératoire

Suivre strictement les instructions données dans l'article 5.

Avoir bien soin, en particulier, de ne mesurer la viscosité que de produits parfaitement exempts de bulles.

Si besoin est, il est possible d'éliminer les bulles par passage sous vide ou par tout autre procédé approprié.

Dans le cas de produits volatils ou contenant des produits volatils, il faut, bien entendu, opérer en récipients clos.

Viscosité, Pa·s<sup>\*1</sup>

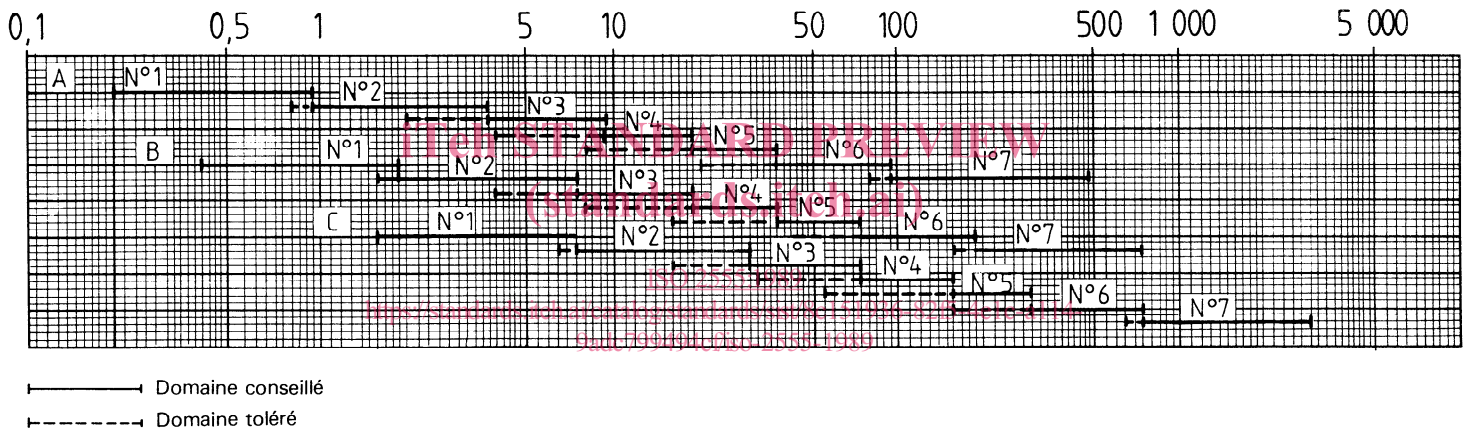


Figure A.1 — Domaine de viscosité (échelle logarithmique) couvert par chaque mobile pour les viscosimètres A, B et C à la fréquence de rotation de 10 min<sup>-1</sup>

\*1) 1 Pa·s = 10<sup>3</sup> cP

## Annexe B (normative)

### Principe, description et caractéristiques des viscosimètres types A, B et C

#### B.1 Principe de fonctionnement

Le viscosimètre comporte un moteur synchrone qui entraîne, par l'intermédiaire d'une boîte de vitesses, un axe vertical.

Ce premier axe vertical entraîne, par l'intermédiaire d'un ressort spiral, un deuxième axe (inférieur), dans le prolongement du premier. À ce deuxième axe est fixé un mobile amovible immergé dans le liquide à l'essai.

Les deux axes tournent donc à la même vitesse mais, lorsque le mobile est immergé, ils prennent l'un par rapport à l'autre un décalage angulaire qui dépend de la résistance qu'oppose le liquide à la rotation du mobile, c'est-à-dire de la viscosité du liquide.

Ce décalage est mesuré au moyen d'une aiguille horizontale, solidaire de l'axe mobile, aiguille qui se déplace sur un cadran horizontal solidaire du premier axe et qui tourne donc avec cet axe. L'aiguille correspond au zéro du cadran lorsque le mobile tourne dans l'air.

Vu la difficulté de lecture pendant que tourne l'ensemble aiguille/cadran, un dispositif de blocage cadran/aiguille permet de faire commodément la lecture après arrêt du moteur.

#### B.2 Description sommaire

Le corps du viscosimètre est équipé d'un interrupteur électrique, d'un moteur synchrone, d'une boîte de vitesses avec commande de changement de vitesse, d'un ressort spiral, d'un cadran et d'une aiguille et d'un dispositif de blocage cadran/aiguille.

Les mobiles amovibles interchangeables se présentent sous forme de cylindres ou de disques de métal poli montés sur un axe. Ils peuvent être utilisés sur les trois types de viscosimètres.

L'étrier de garde est constitué par une lame de métal en forme de U protégeant les mobiles.

#### B.3 Caractéristiques

##### B.3.1 Corps du viscosimètre

###### B.3.1.1 Fréquences de rotation des mobiles

Quatre ou huit fréquences de rotation, selon le modèle; les fréquences de rotation sont données dans le tableau 1.

##### B.3.1.2 Graduation du cadran

De 0 à 100, en demi-unités.

##### B.3.1.3 Moment du couple de torsion du ressort spiral

Pour déviation totale du cadran:

718,7  $\mu\text{N}\cdot\text{m}$ , pour le type A

1 437,4  $\mu\text{N}\cdot\text{m}$ , pour le type B

5 749,6  $\mu\text{N}\cdot\text{m}$ , pour le type C

##### B.3.2 Mobiles amovibles interchangeables

Les formes et dimensions sont données aux figures B.1, B.2 et B.3.

Les valeurs des dimensions résultent de la conversion des valeurs en inches et le nombre de leurs chiffres significatifs ne préjuge pas de la précision avec laquelle elles sont données.

##### B.3.3 Étrier de garde

La forme et les dimensions sont données à la figure B.1.

Il assure la protection du mobile et garantit une distance minimale de 10 mm entre l'extrémité du mobile et le fond du béccher de mesure. Son usage est facultatif.

#### B.4 Étalonnage de l'appareillage

Il est conseillé d'étalonner périodiquement l'appareillage par mesurage de la viscosité de liquides purs newtoniens et contrôle des fréquences de rotation des mobiles.



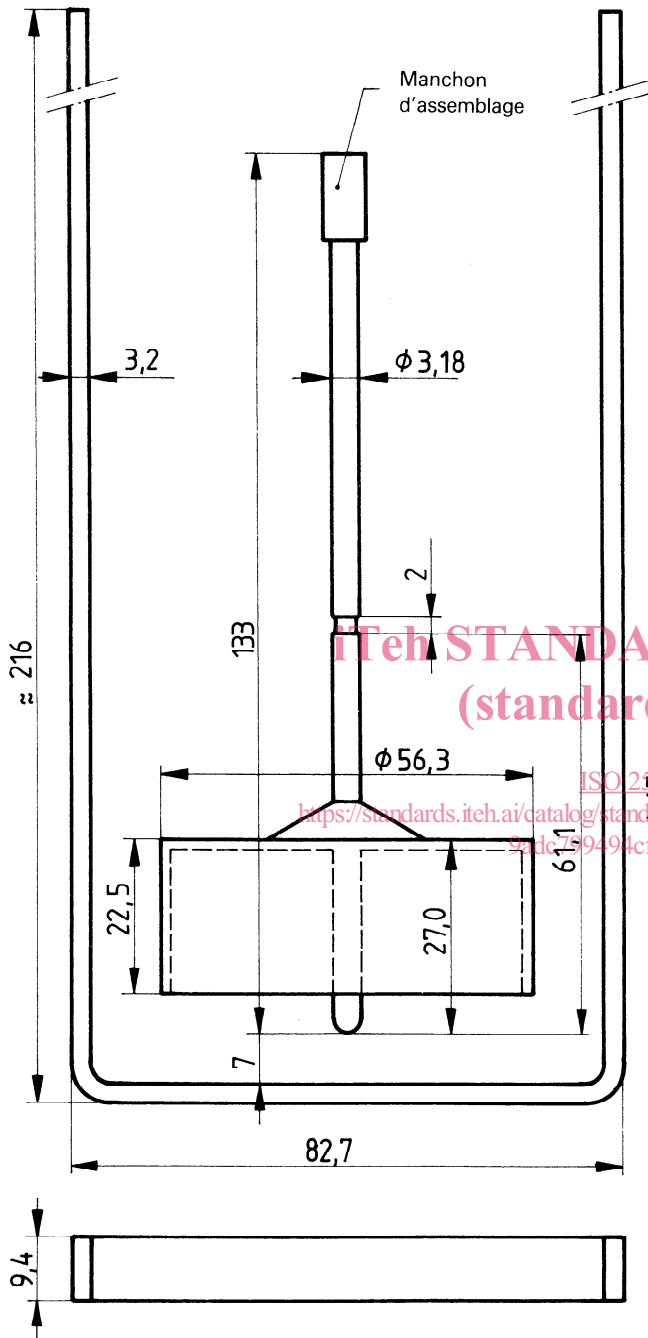


Figure B.1 — Mobile n° 1 et étrier

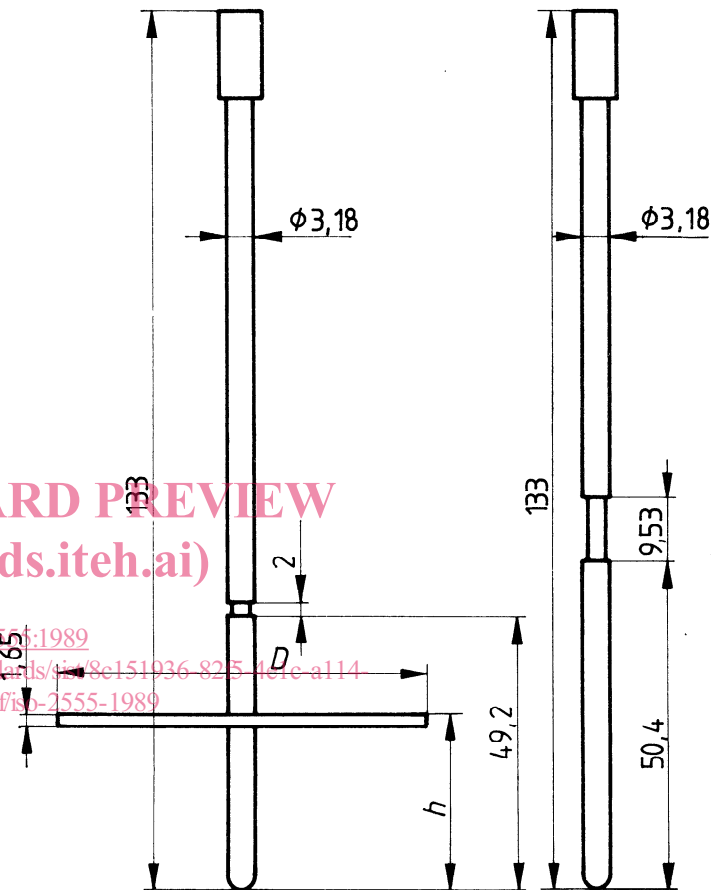


Figure B.2 — Mobiles n° 2 à 6

Figure B.3 — Mobile n° 7

N°	D	h
2	47,0	27,0
3	34,7	27,0
4	27,3	27,0
5	21,1	27,0
6	14,6	30,2