
Norme internationale



4174

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

● Céréales et légumineuses — Mesurage des pertes de charge unitaires dues à l'écoulement unidimensionnel de l'air à travers un lot de grains

Cereals and pulses — Measurement of unit pressure losses due to single-dimension air flow through a batch of grain

iTeh STANDARD PREVIEW

Première édition — 1980-08-01 (standards.iteh.ai)

ISO 4174:1980

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/1d97204a-cfcb-43c3-ae33-1dc85f8b8d6b/iso-4174-1980>

CDU 633.1 + 633.3 : 532.546

Réf. n° : ISO 4174-1980 (F)

Descripteurs : produit agricole, céréale en grain, légumineuse en grain, ventilation, écoulement d'air, ventilateur, perte de charge, mesurage.

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 4174 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 34, *Produits agricoles alimentaires*, et a été soumise aux comités membres en septembre 1978.

Les comités membres des pays suivants l'ont approuvée : [ISO 4174:1980](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/1d97204a-efcb-43c3-ac33-1dc85f89d4b/iso-4174-1980)

Afrique du Sud, Rép. d'	Egypte, Rép. arabe d'	Kenya
Allemagne, R. F.	Éthiopie	Mexique
Australie	France	Philippines
Brésil	Hongrie	Pologne
Bulgarie	Inde	Roumanie
Canada	Iran	Tchécoslovaquie
Chili	Irlande	URSS
Chypre	Israël	Yougoslavie
Corée, Rép. de	Jamahirya arabe libyenne	

Le comité membre du pays suivant l'a désapprouvée pour des raisons techniques :

Royaume-Uni

Céréales et légumineuses — Mesurage des pertes de charge unitaires dues à l'écoulement unidimensionnel de l'air à travers un lot de grains

0 Introduction

L'application de la loi proposée par Kozeny-Carman pour les écoulements en milieu poreux est envisagée pour des grains (en particulier pour les céréales et les légumineuses) et paraît assez bien vérifiée.

La valeur de la perte de charge unitaire est fonction de certaines grandeurs caractérisant le grain et l'air :

- pour une nature de grain déterminée (voir figure 1), la perte de charge est largement influencée par les dimensions et la porosité (voir figure 2), par la teneur en eau (voir figure 3) et surtout par la masse volumique apparente en place (voir figure 4);
- pour une composition donnée de l'air, la perte de charge est fonction de sa température, de son humidité relative, de sa masse volumique et surtout de sa vitesse à l'attaque du grain.

Les expériences conduites par classe de dimensions permettent l'élimination de deux paramètres : la teneur en eau et la forme (granulométrie). Les paramètres restants permettent de déterminer les coefficients caractéristiques du milieu : porosité et aire volumique. Les résultats obtenus sont utilisables pour le calcul prévisionnel des pertes de pression pour différentes masses volumiques apparentes en place.

1 Objet et domaine d'application

La présente Norme internationale spécifie une méthode de mesurage des pertes de charge unitaires dues à l'écoulement unidimensionnel de l'air à travers une masse de grains, permettant de calculer la pression totale d'un ventilateur. Celle-ci est égale à la somme des pertes de charge

- a) dans le système de ventilation (conduits, etc.);
- b) dans le grain;
- c) dues au passage de l'air du conduit dans le grain.

Les pertes de charge dans le système de ventilation, et celles qui sont dues au passage de l'air du conduit dans le grain, peuvent être considérées comme négligeables par rapport aux pertes de charge dans le grain, si la vitesse d'écoulement de l'air ne dépasse pas certaines valeurs, à savoir :

- 8 m/s dans le conduit principal;
- 4 m/s dans le conduit secondaire;
- 0,25 m/s à l'attaque du grain.

2 Référence

ISO 3507, *Pycnomètres*.

3 Principe

L'écoulement de l'air, en régime uniforme à travers une masse de grains, donne lieu à une perte de charge par mètre de grain traversé, qui peut être exprimée en fonction de la vitesse de l'air à l'attaque du grain.

L'équation d'écoulement corrigée, qui donne la perte de charge unitaire à travers les grains, est déterminée à partir de la courbe expérimentale.

4 Appareillage

4.1 Dispositif de mesurage des pertes de charge unitaires (voir figure 5).

Le grain est placé dans une cellule en plastique transparent constituée par un tube de forme cylindrique qui comporte deux prises de pression distantes de 300 mm, constituées chacune par deux tubes de 1 mm de diamètre intérieur communiquant avec le grain et de diamètre (d) supérieur ou égal à cinq fois le diamètre équivalent (d_{eq}) du produit ($d > 5d_{eq}$). À la base se trouve une chambre de mise en charge et un grillage fin sur lequel le grain peut être entassé.

Un compresseur à membrane insuffle l'air dans un flacon amortisseur. L'air passe ensuite dans une chambre de mise en pression, munie d'un robinet à pointeau permettant, par une fuite, de régler le débit d'air traversant le grain. Un débitmètre (par exemple rotamètre) mesure ce débit.

Enfin, un tube manométrique en U permet de mesurer la pression de l'air avant le débitmètre et un miniscope¹⁾ la perte de charge sur 300 mm.

4.2 Thermomètre enregistreur, pour mesurer la température de l'air attaquant le grain.

1) Appareil destiné au mesurage des pressions avec une très grande précision ($\approx 0,1$ Pa).

4.3 Psychromètre ventilé,¹⁾ pour enregistrer les températures, sèche et humide, de l'air au cours de l'expérience.

4.4 Baromètre.

4.5 Pycnomètre, conforme aux spécifications de l'ISO 3507.

5 Mode opératoire

5.1 Opérations préliminaires

Le remplissage de la cellule est effectué par couches de 40 mm; chaque couche est soumise à une masse constante appliquée sur toute la surface durant un certain temps (par exemple, pour une cellule de 400 mm de diamètre, une masse de 150 g durant 2 min convient), afin d'obtenir un tassement régulier et homogène du produit.

Après le remplissage de la cellule, il est nécessaire de respecter une attente de 3 à 4 h de façon à laisser le grain effectuer son tassement immédiat, et de pratiquer une ventilation préliminaire, destinée à mettre l'appareillage en condition concomitante du tassement.

5.2 Établissement des courbes expérimentales donnant la perte de charge en fonction de la vitesse de l'air

5.2.1 Généralités

La détermination de la perte de charge (Δp) en fonction de la vitesse de l'air (U_0) donne lieu à une répétition pour chaque courbe établie (avec nouveau remplissage du tube de mesure chaque fois) :

- une première courbe est tracée en diminuant le débit;
- une deuxième courbe en augmentant le débit,

cela afin de tenir compte du léger tassement s'effectuant au cours de l'expérience, tassement qui risque de donner, en fin de mesurage, des points au-dessus des points théoriques vrais.

À partir de ces deux courbes, on établira une courbe moyenne théoriquement plus correcte, surtout si l'on prend pour masse volumique apparente en place la moyenne des masses volumiques apparentes mesurées.

Les courbes expérimentales données en exemple (voir figures 1, 2 et 3) sont chacune la moyenne des deux courbes obtenues.

5.2.2 Mesurages à effectuer

Pour les différents débits q_0 , en litres par minute, utilisés au cours de l'essai et mesurés au débitmètre, déterminer

- la surpression, TU, en millimètres de mercure conventionnels (mmHg), régnant dans le caisson de mesure, mesurée à l'aide du tube manométrique en U (voir 4.1);
- la perte de charge, Δp , en millimètres de mercure conventionnels ou en pascals, enregistrée au miniscope (voir 4.1).²⁾

5.2.3 Paramètres à déterminer

5.2.3.1 Paramètres dépendant du grain

ρ_s : Masse volumique apparente en place, en kilogrammes par mètre cube, du grain.

L'établissement de chaque courbe donne lieu à une pesée du grain avant et après tassement, ainsi qu'au mesurage du tassement intervenu.

On prendra comme valeur la moyenne des masses volumiques apparentes mesurées.

ρ_v : Masse volumique, en kilogrammes par mètre cube, du grain.

Elle est déterminée à l'aide du pycnomètre (4.5).

5.2.3.2 Autres paramètres

p_a : Pression atmosphérique, en millimètres de mercure conventionnels.

Elle est mesurée à l'aide du baromètre (4.4) ou donnée par une station météorologique proche.

θ : Température sèche, en degrés Celsius, de l'air ambiant.

Elle est mesurée à l'aide du thermomètre enregistreur (4.2).

θ_c : Température, en degrés Celsius, de l'air à l'attaque du grain.

Elle est mesurée à l'aide du thermomètre enregistreur (4.2).

w : Teneur en vapeur d'eau, en grammes par kilogramme, de l'air.

1) Une Norme internationale concernant les psychromètres ventilés est en préparation.

2) La perte de charge est souvent exprimée en millimètres d'eau conventionnels (mmH₂O) :

$$1 \text{ mmH}_2\text{O} = 9,806 \text{ 65 Pa (exactement)}$$

et

$$1 \text{ mmHg} = 133,322 \text{ Pa}$$

Elle est déterminée à l'aide du psychromètre (4.3) et du diagramme de l'air humide.

v : Volume massique, en mètres cubes par kilogramme, de l'air.

Il est déterminé à l'aide du diagramme de l'air humide.

A : Aire, en mètres carrés, de la section de la cellule.

On en déduit

ρ_a : Masse volumique, en kilogrammes par mètre cube, de l'air ambiant

$$\rho_a = \frac{1 + w \times 10^{-3}}{v}$$

où

w est la teneur en vapeur d'eau, en grammes par kilogramme, de l'air;

v est le volume massique, en mètres cubes par kilogramme, de l'air.

ρ_o : Masse volumique corrigée, en kilogrammes par mètre cube, de l'air.

Pour les calculs ultérieurs, il est nécessaire de ramener toutes les mesures physiques à 21 °C et 760 mmHg :

$$\rho_o = \rho_a \times \frac{T}{T_o} \times \frac{p_o}{p}$$

où

ρ_a est la masse volumique, en kilogrammes par mètre cube, de l'air ambiant;

T_o est la température thermodynamique de référence, en kelvins (= 294 K);

T est la température thermodynamique, en kelvins, de l'air ambiant ($T = 273 + \theta$);

p_o est la pression atmosphérique de référence, en millimètres de mercure conventionnels (= 760 mmHg);

p est la pression atmosphérique corrigée, en millimètres de mercure conventionnels.

5.2.4 Calculs à effectuer pour déterminer U_o et ΔP

ρ_r : Masse volumique, en kilogrammes par mètre cube, de l'air dans le débitmètre.

$$\rho_r = \rho_o \times \frac{p_1}{p_o}$$

où

ρ_o est la masse volumique corrigée, en kilogrammes par mètre cube de l'air;

p_o est la pression atmosphérique de référence, en millimètres de mercure conventionnels (= 760 mmHg);

p_1 est la pression de mesure, en millimètres de mercure conventionnels, avant le débitmètre ($p_1 = p + TU$).

q_r : Débit réel, en litres par minute, à la sortie du débitmètre.

$$q_r = q_o \sqrt{\frac{\rho_o}{\rho_r}}$$

où

q_o est le débit, en litres par minute, au débitmètre;

ρ_o est la masse volumique corrigée, en kilogrammes par mètre cube, de l'air;

ρ_r est la masse volumique, en kilogrammes par mètre cube, de l'air dans le débitmètre.

p_c : Pression, en millimètres de mercure conventionnels, dans la cellule

$$p_c = p + \frac{1}{2} \Delta p$$

p est la pression atmosphérique corrigée, en millimètres de mercure conventionnels;

Δp est la perte de charge, en millimètres de mercure conventionnels, enregistrée au miniscope.

ρ_c : Masse volumique, en kilogrammes par mètre cube, de l'air dans la cellule

$$\rho_c = \rho_o \times \frac{T_o}{T_c} \times \frac{p_c}{p_o}$$

où

ρ_o est la masse volumique corrigée, en kilogrammes par mètre cube, de l'air;

T_o est la température thermodynamique de référence, en kelvins (= 294 K);

T_c est la température, en kelvins, de l'air à l'attaque du grain ($T_c = 273 + \theta_c$);

p_o est la pression atmosphérique de référence, en millimètres de mercure conventionnels (= 760 mmHg);

p_c est la pression, en millimètres de mercure conventionnels, dans la cellule.

q_c : Débit, en litres par minute, de l'air dans la cellule

$$q_c = q_r \sqrt{\frac{\rho_r}{\rho_c}}$$

où

q_r est le débit réel, en litres par minute, à la sortie du débitmètre;

ρ_r est la masse volumique, en kilogrammes par mètre cube, de l'air dans le débitmètre;

ρ_c est la masse volumique, en kilogrammes par mètre cube, de l'air dans la cellule.

U_o : Vitesse, en mètres par seconde, de l'air dans la cellule

$$U_o = \frac{q_c}{A}$$

où

q_c est le débit, en mètres cubes par seconde, de l'air dans la cellule;

A est l'aire, en mètres carrés, de la section de la cellule.

ΔP : Perte de charge unitaire (par mètre), en pascals

$$\Delta P = \Delta p \times \frac{100}{30}$$

où Δp est la perte de charge, en pascals, enregistrée au miniscopie.

5.2.5 Présentation des résultats

Les résultats enregistrés ou calculés doivent être présentés sous la forme d'un tableau, de la façon suivante :

Lecture au débitmètre (échelle standard)	TU	Δp	Δp	q_o	p_1	ρ_r	q_r	p_c	ρ_c	q_c	q_c	U_o	ΔP
	mmHg	mmH ₂ O	mmHg	l/min	mmHg	kg/m ³	l/min	mmHg	kg/m ³	l/min	m ³ /s	m/s	Pa
140													
130													
120													
110													
100													
90													
80													
70													
60													
50													
40													

Les pertes de pression unitaires (ΔP) sont ensuite portées sur papier «log-log 2 modules» en fonction des vitesses de l'air à l'attaque du grain (U_0).

5.3 Équation de l'écoulement

Les courbes expérimentales étant tracées, on applique l'équation de régression donnée par Kozeny-Carman, sous la forme suivante :

$$\frac{\Delta P}{\rho_c l} = \frac{k\nu (1 - \epsilon)^2 S^2}{g_n \epsilon^3} U_0 + \frac{h\beta (1 - \epsilon) S}{g_n \epsilon^3} U_0^2$$

où

ΔP est la perte de charge, en pascals, par mètre de produit;

ρ_c est la masse volumique, en kilogrammes par mètre cube, de l'air dans la cellule;

l est la longueur, en mètres, correspondant à ΔP ($l = 1$ m);

k est une constante (= 5);

ν est la viscosité cinématique, en mètres carrés par seconde, de l'air :

$$\nu = 0,152 \times 10^{-4} [1 + (\theta_c - 20) 0,006] \frac{760}{p}$$

θ_c étant la température, en degrés Celsius, de l'air à l'attaque du grain, et

p étant la pression atmosphérique corrigée, en millimètres de mercure conventionnels;

ϵ est la porosité, c'est-à-dire le volume des vides par unité de volume en place :

$$\epsilon = 1 - \frac{\rho_s}{\rho_v}$$

ρ_s étant la masse volumique apparente en place, en kilogrammes par mètre cube, du grain, et

ρ_v étant la masse volumique, en kilogrammes par mètre cube, du grain;

S est l'aire volumique, en mètres carrés par mètre cube solide, du produit;

$h\beta$ est la constante de Burke-Plummer;

g_n est la valeur conventionnelle de l'accélération due à la pesanteur, en mètres par seconde carrée (= 9,806 65 m/s²);

U_0 est la vitesse, en mètres par seconde, de l'air à l'attaque du grain.

On peut, à partir de deux points convenablement choisis, déduire les valeurs correspondantes de S et de $h\beta$. En général,

les calculs d'ajustement sont faits à partir des points expérimentaux en utilisant la méthode des moindres carrés.

5.4 Équation de l'écoulement corrigée

Dans la pratique, on utilise une équation de l'écoulement qui tient compte d'une correction de paroi pour obtenir la valeur vraie de S :

$$S' = S - \frac{2}{d(1 - \epsilon)}$$

où d est le diamètre, en mètres, de la cellule.

6 Expression des résultats

Pour un lot de grains donné, connaissant

- la masse volumique du grain,
- la masse volumique apparente en place du grain, et
- la vitesse de l'air à l'attaque du grain,

l'équation de l'écoulement corrigée permet de déterminer les pertes de charge unitaires dues à l'écoulement unidimensionnel de l'air à travers les grains :

$$\Delta P = \frac{\rho_c k \nu S'^2 (1 - \epsilon)^2}{g_n \epsilon^3} U_0 + \frac{\rho_c h \beta S' (1 - \epsilon)}{g_n \epsilon^3} U_0^2$$

7 Applications pratiques

7.1 Prévisions des pertes de charge unitaires pour différentes masses volumiques apparentes en place

Les résultats expérimentaux correspondent à du grain peu tassé. En réalité, la masse volumique apparente en place varie dans un silo en fonction de la hauteur de chute du grain et de la hauteur de stockage.

On est donc amené à établir les équations donnant les pertes de charge unitaires pour différentes masses volumiques apparentes en place, ce qui est possible grâce à la connaissance de S' et de $h\beta$, à l'aide de la formule

$$\epsilon = 1 - \frac{\rho_s}{\rho_v}$$

7.2 Pertes de charge totales

Les pertes de charge totales sont égales à

$$\Delta P \times h$$

où h est la hauteur, en mètres, de la cellule dans le cas d'un système de ventilation de bas en haut, ou la distance, en mètres, parcourue par l'air dans les autres cas.

8 Procès-verbal d'essai

Le procès-verbal d'essai doit indiquer la méthode utilisée et les résultats obtenus, en indiquant clairement le mode d'expression utilisé. Il doit, en outre, mentionner tous les détails opéra-

toires non prévus dans la présente Norme internationale, ou facultatifs, ainsi que les incidents éventuels susceptibles d'avoir agi sur les résultats.

Le procès-verbal d'essai doit donner tous les renseignements nécessaires à l'identification complète de l'échantillon.

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 4174:1980

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/1d97204a-efcb-43c3-ae33-1dc85f8b8d6b/iso-4174-1980>

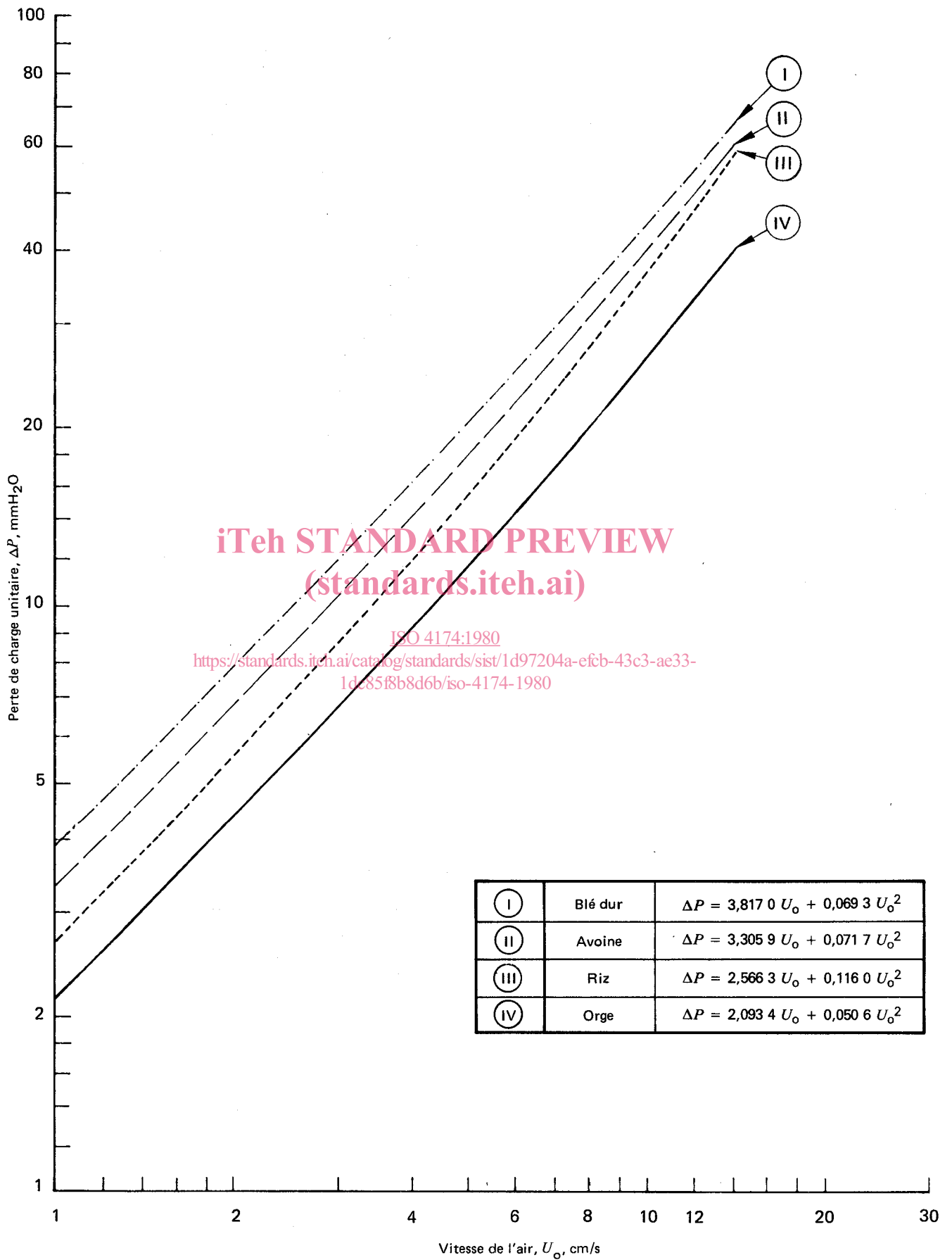


Figure 1 — Pertes de charge unitaires dues à l'écoulement unidimensionnel de l'air à travers quatre types de grains