

---

Norme internationale



789/4

---

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

---

**Tracteurs agricoles — Méthodes d'essai —  
Partie 4 : Mesurage de la fumée d'échappement**

*Agricultural tractors — Test procedures — Part 4 : Measurement of exhaust smoke*

Première édition — 1982-10-01

---

CDU 631.372 : 621.43.068

Réf. n° : ISO 789/4-1982 (F)

Descripteurs : machine agricole, véhicule routier, tracteur, essai, mesurage, émission de gaz d'échappement, gaz d'échappement, conditions 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 789/4 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 23, *Tracteurs et matériels agricoles et forestiers*, et a été soumise aux comités membres en mai 1981.

Les comités membres des pays suivants l'ont approuvée :

---

Australie	Espagne	Portugal
Belgique	Finlande	Roumanie
Brésil	France	Royaume-Uni
Bulgarie	Inde	Suède
Canada	Iran	Suisse
Corée, Rép. de	Italie	URSS
Corée, Rép. dém. p. de	Mexique	USA
Danemark	Nouvelle-Zélande	
Égypte, Rép. arabe d'	Pologne	

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

Allemagne, R. F.

# Tracteurs agricoles — Méthodes d'essai — Partie 4 : Mesurage de la fumée d'échappement

## 0 Introduction

Cette Norme internationale spécifie des méthodes d'essai des tracteurs agricoles. La présente partie traite du mesurage de la fumée d'échappement. Les autres parties seront les suivantes :

Partie 1 : Essais de puissance.

Partie 2 : Puissance hydraulique et capacité de relevage.

Partie 3 : Diamètres de braquage et de dégagement.

Partie 5 : Puissance partielle de la prise de force — puissance transmise non mécaniquement.

Partie 6 : Centre de gravité.

Partie 7 : Puissance et couple des roues motrices.

Partie 8 : Filtre à air du moteur.

## 1 Objet et domaine d'application

La présente partie de l'ISO 789 spécifie une méthode de mesurage de la fumée émise par les moteurs des tracteurs agricoles fonctionnant en régime stabilisé.

## 2 Références

ISO 789/1, *Méthodes d'essai des tracteurs agricoles — Partie 1 : Essais de puissance.*

ISO 2288, *Tracteurs et machines agricoles — Code d'essai des moteurs (essai au banc) — Puissance nette.*

## 3 Appareillage

L'appareillage suivant est nécessaire.

### 3.1 Dynamomètre.

**3.2 Opacimètre**, satisfaisant aux exigences fixées dans l'annexe A et installé et utilisé comme indiqué dans l'annexe B.

## 4 Conditions d'essai

### 4.1 Laboratoire d'essai

La température et la pression atmosphérique dans le laboratoire doivent être telles que le facteur  $F$ , lorsqu'il est déterminé par la formule suivante, soit supérieur à 0,98 et inférieur à 1,02 :

$$F = \left( \frac{750}{p} \right)^{0,65} \times \left( \frac{T}{298} \right)^{0,5}$$

où

$p$  est la pression atmosphérique, en millimètres de mercure,<sup>1)</sup> à l'intérieur du laboratoire d'essai;

$T$  est la température thermodynamique, exprimée en kelvins, à l'intérieur du laboratoire d'essai.

### 4.2 Moteur ou tracteur

Le moteur ou le tracteur doit être présenté dans de bonnes conditions mécaniques. Le moteur doit avoir été rodé.

Le moteur doit être essayé avec l'équipement en place, comme spécifié dans l'ISO 789/1.

Les réglages du moteur doivent être ceux prévus par le constructeur et spécifiés dans l'ISO 789/1.

Le dispositif d'échappement ne doit comporter aucun orifice susceptible de permettre la dilution des gaz émis par le moteur.

Le moteur doit être dans les conditions normales de fonctionnement prévues par le constructeur. En particulier, l'eau de refroidissement et l'huile doivent être chacune à la température normale indiquée par le constructeur.

### 4.3 Carburant

Si cela est possible, un carburant de référence doit être utilisé (voir spécifications dans l'annexe C). Si l'on n'utilise pas un carburant de référence, les spécifications du carburant utilisés doivent être indiquées de la même manière que dans l'annexe C. Le procès-verbal d'essai doit indiquer le type de carburant utilisé.

1) 1 mmHg = 133,322 Pa

## 5 Mode opératoire

**5.1** L'essai peut être effectué soit sur le moteur, soit sur le tracteur.

**5.2** L'opacité de la fumée d'échappement produite par le moteur doit être mesurée avec le moteur fonctionnant à 80 % de sa charge maximale<sup>1)</sup> et en régime stabilisé. Six mesurages doivent être effectués à des vitesses du moteur échelonnées de manière uniforme entre

- a) la vitesse qui correspond à la puissance maximale
- et
- b) la vitesse la plus rapide des deux vitesses suivantes :
  - 55 % de la vitesse du moteur à sa puissance maximale,
  - 1 000 min<sup>-1</sup>.

Les points extrêmes du mesurage doivent être situés aux limites de l'intervalle défini ci-dessus.

**5.3** Dans le cas d'un moteur diesel qui est équipé d'un suralimenteur d'air, qui entraîne automatiquement un accroissement de la quantité de carburant injecté, les mesurages doivent être effectués avec et sans le suralimenteur en fonctionnement, si celui-ci est prévu.

Pour chaque vitesse du moteur, le résultat du mesurage doit être la valeur la plus élevée des deux valeurs obtenues.

**5.4** Pour chacune des six vitesses du moteur pour lesquelles l'opacité est mesurée, le débit nominal du gaz,  $q$ , exprimé en litres par seconde, doit être calculé selon la formule

a) pour les moteurs à deux temps :

$$q = \frac{V \cdot n}{60}$$

b) pour les moteurs à quatre temps :

$$q = \frac{V \cdot n}{120}$$

où

$V$  est la capacité, en litres, du cylindre du moteur;

$n$  est la vitesse (fréquence de rotation), en minutes à la puissance moins un (min<sup>-1</sup>), du moteur.

## 6 Procès-verbal d'essai (voir annexe D)

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

- a) nom et adresse du constructeur du tracteur;
- b) modèle du tracteur et numéro de série;
- c) type du moteur, modèle et numéro de série;
- d) niveaux d'émission :
  - 1) valeurs limites,
  - 2) valeurs d'absorption mesurées;
- e) marque et type de l'opacimètre;
- f) caractéristiques du carburant employé au cours de l'essai.

1) La charge maximale doit être interprétée comme étant le couple maximal à chacun des six régimes correspondants du moteur.

## Annexe A

### Caractéristiques des opacimètres

#### A.1 Spécifications de base

**A.1.1** Le gaz à mesurer doit être contenu dans une enceinte dont la surface interne ne soit pas réfléchissante.

**A.1.2** Dans la détermination de la longueur effective du rayon lumineux à travers le gaz, il doit être tenu compte de l'influence éventuelle des dispositifs de protection de la source de lumière et de la cellule photo-électrique. Cette longueur effective doit être indiquée sur l'appareil.

**A.1.3** L'indicateur de mesure de l'opacimètre doit avoir deux échelles de mesure, l'une en unités absolues d'absorption lumineuse, de 0 à  $\infty$  ( $\text{m}^{-1}$ ), et l'autre linéaire, de 0 à 100; les deux échelles doivent s'étendre du 0 pour le flux lumineux total jusqu'au maximum de l'échelle pour l'obscurcissement complet.

#### A.2 Construction

##### A.2.1 Généralités

La construction doit être telle que, dans les conditions de fonctionnement en régime stabilisé, la chambre à fumée soit remplie d'une fumée d'opacité uniforme.

##### A.2.2 Chambre à fumée et coulée de l'opacimètre

**A.2.2.1** Le choc, sur la cellule photo-électrique, d'une lumière parasite due aux réflexions internes ou à des effets de diffusion doit être réduit au minimum (par exemple, par le moyen du revêtement des surfaces internes en noir mat et d'une disposition générale appropriée).

**A.2.2.2** Les caractéristiques optiques doivent être telles que l'effet combiné de la diffusion et de la réflexion n'excède pas une unité de l'échelle linéaire, lorsque la chambre à fumée est remplie d'une fumée ayant un coefficient d'absorption voisin de  $1,7 \text{ m}^{-1}$ .

##### A.2.3 Source lumineuse

La source lumineuse doit être constituée par une lampe à incandescence dont la température est située dans la gamme de 2 800 à 3 250 K.

##### A.2.4 Récepteur

**A.2.4.1** Le récepteur doit être constitué par une cellule photo-électrique ayant une courbe de réponse spectrale semblable à la courbe photopique de l'œil humain (réponse maximale dans la plage de 550 à 570 nm, moins de 4 % de cette réponse maximale au-dessous de 430 nm et au-dessus de 680 nm).

**A.2.4.2** La construction du circuit électrique, comprenant l'indicateur de mesure, doit être telle que le courant de sortie de la cellule photo-électrique soit une fonction linéaire de l'intensité de la lumière reçue dans la plage des températures de fonctionnement de la cellule photo-électrique.

##### A.2.5 Échelles de mesure

**A.2.5.1** Le coefficient d'absorption lumineuse  $k$  doit être calculé selon la formule

$$\phi = \phi_0 e^{-kL}$$

où

$L$  est la longueur effective du trajet des rayons lumineux à travers le gaz à mesurer;

$\phi_0$  est le flux incident;

$\phi$  est le flux émergent.

Si la longueur effective  $L$  d'un type d'opacimètre ne peut pas être évaluée directement d'après sa géométrie, la longueur effective  $L$  doit être déterminée de l'une des manières suivantes :

- par la méthode spécifiée au chapitre A.3;
- par comparaison avec un autre type d'opacimètre dont on connaît la longueur effective.

**A.2.5.2** La relation entre l'échelle linéaire (0 à 100) et le coefficient d'absorption lumineuse  $k$  est donnée par la formule

$$k = -\frac{1}{L} \log_e \left[ 1 - \frac{N}{100} \right]$$

où  $N$  représente une lecture de l'échelle linéaire.

**A.2.5.3** L'indicateur de mesure de l'opacimètre doit permettre de lire un coefficient d'absorption de  $1,7 \text{ m}^{-1}$  avec une précision de  $0,025 \text{ m}^{-1}$ .

##### A.2.6 Réglage et vérification de l'appareil de mesure

**A.2.6.1** Le circuit électrique de la cellule photo-électrique et de l'indicateur de mesure doit être réglable de manière que l'aiguille puisse être remise à zéro lorsque le flux lumineux traverse la chambre à fumée remplie d'air propre ou traverse une chambre ayant des caractéristiques identiques.

**A.2.6.2** La lampe étant éteinte et le circuit de mesure électrique ouvert ou court-circuité, la lecture sur l'échelle des coefficients d'absorption doit être infini ( $\infty$ ), et cette valeur doit rester telle lorsque le circuit de mesure est à nouveau branché.

**A.2.6.3** Une vérification intermédiaire doit être effectuée, en introduisant dans la chambre à fumée un filtre représentant un gaz dont le coefficient d'absorption connu  $k$ , mesuré comme décrit en A.2.5.1, est compris entre 1,6 et 1,8  $m^{-1}$ . La valeur de  $k$  doit être connue à 0,025  $m^{-1}$  près. La vérification consiste à contrôler que cette valeur ne diffère pas de plus de 0,05  $m^{-1}$  de celle lue sur l'indicateur de mesure de l'opacimètre, lorsque le filtre est introduit entre la source lumineuse et la cellule photo-électrique.

### A.2.7 Pression du gaz à mesurer et pression de l'air de balayage

**A.2.7.1** La pression du gaz d'échappement dans la chambre à fumée ne doit pas différer de plus de 735 Pa de la pression atmosphérique.

**A.2.7.2** Les variations de pression du gaz à mesurer ainsi que de l'air de balayage ne doivent pas provoquer une variation du coefficient d'absorption de plus de 0,05  $m^{-1}$ , pour un gaz dont le coefficient d'absorption est de 1,7  $m^{-1}$ .

**A.2.7.3** L'opacimètre doit être équipé de dispositifs appropriés pour la mesure de la pression dans la chambre à fumée.

**A.2.7.4** Les limites de variation de pression du gaz et de l'air de balayage dans la chambre à fumée doivent être indiquées par le constructeur de l'appareil.

### A.2.8 Température du gaz à mesurer

**A.2.8.1** La température du gaz au moment de la mesure doit, en n'importe quel point de la chambre à fumée, être située entre 70 °C et une température maximale, spécifiée par le constructeur de l'opacimètre, telle que les lectures effectuées dans cette gamme de températures ne varient pas de plus de 0,1  $m^{-1}$  lorsque la chambre est remplie d'un gaz ayant un coefficient d'absorption de 1,7  $m^{-1}$ .

**A.2.8.2** L'opacimètre doit être équipé de dispositifs appropriés pour la mesure de la température dans la chambre à fumée.

## A.3 Détermination de la longueur effective $L$ de l'opacimètre

### A.3.1 Généralités

**A.3.1.1** Dans certains types d'opacimètres, le gaz se trouvant entre la source lumineuse et la cellule photo-électrique, ou entre les parties transparentes qui protègent la source et la cellule photo-électrique, n'a pas une opacité constante. Dans de tels cas, la longueur effective  $L$  doit être telle qu'une colonne de gaz d'opacité uniforme soit nécessaire pour obtenir la même absorption de lumière que celle qui est observée lorsque le gaz est introduit normalement dans l'opacimètre.

**A.3.1.2** La longueur effective du trajet des rayons lumineux est obtenue par comparaison de la lecture  $N$ , sur l'opacimètre fonctionnant normalement, avec la lecture  $N_0$ , obtenue avec

l'opacimètre modifié de telle sorte que le gaz d'essai remplisse une longueur  $L_0$  bien définie.

**A.3.1.3** Il est nécessaire de procéder à des lectures comparatives de façon rapide, afin de déterminer la correction de déplacement du «zéro».

### A.3.2 Mode opératoire

**A.3.2.1** Le gaz d'essai doit être un gaz d'échappement d'opacité constante, ou un gaz absorbant la lumière d'une masse volumique semblable à celle du gaz d'échappement.

**A.3.2.2** Déterminer une longueur  $L_0$  de l'opacimètre, qui puisse être remplie uniformément avec le gaz d'essai et dont les extrémités soient sensiblement perpendiculaires à la direction des rayons lumineux. Cette longueur doit être voisine de la longueur effective supposée de l'opacimètre.

**A.3.2.3** Mesurer la température moyenne du gaz d'essai dans la chambre à fumée.

**A.3.2.4** Si nécessaire, un vase d'expansion de forme compacte et de capacité suffisante pour amortir les pulsations peut être incorporé dans la canalisation de prélèvement, aussi près que possible de la sonde. Un refroidisseur peut également être installé. L'adjonction du vase d'expansion et du refroidisseur ne doit pas entraîner indûment de perturbations dans la composition du gaz d'échappement.

**A.3.2.5** Déterminer la longueur effective en faisant passer un échantillon du gaz d'essai alternativement à travers l'opacimètre fonctionnant normalement et à travers le même appareil modifié comme indiqué en A.3.1.2.

**A.3.2.5.1** Enregistrer les indications données par l'opacimètre en continu pendant l'essai, avec un enregistreur dont le temps de réponse est égal ou inférieur à celui de l'opacimètre.

**A.3.2.5.2** L'opacimètre fonctionnant normalement, enregistrer la valeur indiquée sur l'échelle linéaire d'opacité,  $N$ , et la température moyenne du gaz,  $T$ , en kelvins.

**A.3.2.5.3** La longueur  $L_0$  étant remplie du même gaz d'essai, enregistrer la valeur indiquée sur l'échelle linéaire d'opacité,  $N_0$ , et la température moyenne du gaz,  $T_0$ , en kelvins.

**A.3.2.6** La longueur effective est donnée par la formule

$$L = L_0 \frac{T}{T_0} \frac{\log_e \left[ 1 - \frac{N}{100} \right]}{\log_e \left[ 1 - \frac{N_0}{100} \right]}$$

**A.3.2.7** Répéter l'essai avec au moins quatre gaz d'essai fournissant des indications de valeurs régulièrement espacées entre 20 et 80 sur l'échelle linéaire.

**A.3.2.8** Prendre, comme longueur effective  $L$  de l'opacimètre, la moyenne arithmétique des longueurs effectives calculées comme spécifié en A.3.2.6, pour chacun des gaz d'essai.

## Annexe B

### Installation et utilisation de l'opacimètre

#### B.1 Opacimètre à prélèvement

**B.1.1** Le rapport de la surface de la section de la sonde à celle du tuyau d'échappement ne doit pas être inférieur à 0,05. La contre-pression mesurée dans le tuyau d'échappement à l'entrée de la sonde ne doit pas dépasser 735 Pa.

**B.1.2** La sonde doit être constituée par un tube dont une extrémité ouverte est dirigée vers l'amont, dans l'axe du tuyau d'échappement ou du tuyau prolongateur s'il en faut un. La sonde doit être située dans une section où la distribution de la fumée est approximativement uniforme. Pour que cette condition soit remplie, la sonde doit être placée aussi loin en aval que possible dans le tuyau d'échappement, ou si cela est nécessaire dans un tuyau prolongateur, de sorte que, si  $D$  est le diamètre du tuyau d'échappement à la sortie, l'extrémité de la sonde soit située dans une partie rectiligne à une distance d'au moins  $6D$  en amont du point de prélèvement et d'au moins  $3D$  en aval. Si l'on utilise un tuyau prolongateur, aucune entrée d'air ne doit être possible au niveau du joint.

**B.1.3** La pression dans le tuyau d'échappement et les caractéristiques de la chute de pression dans la canalisation de prélèvement doivent être telles que la sonde recueille un échantillon sensiblement équivalent à celui qui serait obtenu par prélèvement isocinétique.

**B.1.4** Si nécessaire, un vase d'expansion de forme compacte et de capacité suffisante pour amortir les pulsations peut être incorporé dans la canalisation de prélèvement, aussi près que possible de la sonde. Un refroidisseur peut également être installé. L'adjonction du vase d'expansion et du refroidisseur ne doit pas entraîner indûment de perturbations dans la composition du gaz d'échappement.

**B.1.5** Un clapet à papillon, ou un autre système pour augmenter la pression du prélèvement, peut être placé dans le tuyau d'échappement à une distance d'au moins  $3D$  en aval de la sonde de prélèvement.

**B.1.6** La canalisation raccordant la sonde, le dispositif de refroidissement, le vase d'expansion (au cas où il en faut un) et l'opacimètre doit être aussi courte que possible, tout en répondant aux conditions de pression et de température décrites dans l'annexe A, en A.2.7 et A.2.8. Le tuyau doit être incliné vers le haut, entre le point de prélèvement et l'opacimètre, et les coudes aigus, dans lesquels la suie pourrait s'accumuler, doivent être évités. Au cas où un clapet de dérivation n'est pas incorporé dans l'opacimètre, il faut en prévoir un en amont.

**B.1.7** Une vérification doit être effectuée pendant l'essai pour s'assurer que les conditions de l'annexe A, A.2.7 en ce qui concerne la pression et A.2.8 en ce qui concerne la température dans la chambre de mesure, sont bien respectées.

#### B.2 Opacimètre à flux total

Les seules précautions générales à observer sont les suivantes :

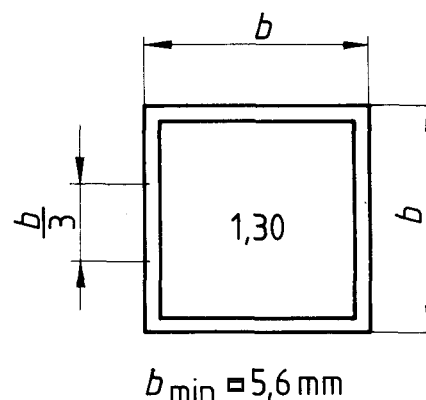
**B.2.1** Les joints placés sur les tuyaux de raccordement entre le tuyau d'échappement et l'opacimètre ne doivent pas permettre l'entrée de l'air extérieur.

**B.2.2** Les tuyaux de raccordement à l'opacimètre doivent être aussi courts que possible, comme dans le cas des opacimètres à prélèvement. L'ensemble des tuyaux doit être incliné vers le haut, entre le tuyau d'échappement et l'opacimètre, et les coudes aigus, dans lesquels la suie pourrait s'accumuler, doivent être évités. Un clapet de dérivation peut être prévu à l'amont de l'opacimètre, afin d'isoler celui-ci du flux des gaz d'échappement lorsque l'on ne procède pas à des mesurages.

**B.2.3** Il peut également être nécessaire de prévoir un système de refroidissement en amont de l'opacimètre.

#### B.3 Exemple de symbole du coefficient d'absorption corrigé

Ce symbole montre que, dans le cas de cet exemple, le coefficient d'absorption corrigé est  $1,30 \text{ m}^{-1}$ .



## Annexe C

## Spécifications du carburant de référence prescrit pour les essais d'approbation et pour la vérification de la conformité de la fabrication

NOTE — Le carburant doit être composé de coupes directes de distillation, hydrosulfurées ou non, et ne doit contenir aucun additif.

Caractéristique	Spécifications	Méthode d'essai
Masse volumique à 15 °C	0,830 ± 0,005 g/ml	ASTM D 1298-67
Distillation		ASTM D 86-67
— 50 %	245 °C min.	
— 90 %	330 ± 10 °C	
Point final de distillation	370 °C max.	
Indice de cétane	54 ± 3	ASTM D 976-66
Viscosité cinématique à 100 °F (37,8 °C)	3 ± 0,5 cSt <sup>1)</sup>	ASTM D 445-65
Point d'aniline	69 ± 5 °C	ASTM D 611-64
Carbone résiduel sur résidu de 10 %	0,2 % (m/m) max.	ASTM D 524-64
Pouvoir calorifique net <sup>2)</sup>	10 250 ± 100 kcal/kg <sup>3)</sup> 18 450 ± 180 Btu/lb <sup>4)</sup>	ASTM D 2-68 (appendice VI)

1) 1 St = 10<sup>-4</sup> m<sup>2</sup>/s (exactement)

2) Énergie interne spécifique

3) 1 kcal/kg = 4,184 kJ/kg

4) 1 Btu/lb = 2 326 J/kg (exactement)



## Annexe D

### Modèle de procès-verbal d'essai

1 Nom et adresse du constructeur : .....

.....

2 Type du tracteur : ..... Modèle : .....

3 N° de série : .....

4 Moteur

— Marque : ..... Modèle : .....

— Type : ..... N° de série : .....

— Vitesse de rotation : ..... min<sup>-1</sup>

5 Niveaux d'émission

Vitesse de rotation du moteur (min <sup>-1</sup> )	Débit nominal du gaz $q$ (l/s)	Valeurs d'absorption mesurées (m <sup>-1</sup> )
1 .....	.....	.....
2 .....	.....	.....
3 .....	.....	.....
4 .....	.....	.....
5 .....	.....	.....
6 .....	.....	.....

6 Marque et type de l'opacimètre : .....

7 Carburant [joindre la feuille de spécification si le carburant de référence n'est pas utilisé (voir annexe C)]

8 Commentaires : .....

9 Date de l'essai : ..... Mesurage effectué par : .....

\_\_\_\_\_

**iTeh STANDARD PREVIEW**  
**(standards.iteh.ai)**

ISO 789-4:1982

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/94f9a7fb-b8e2-4ffc-8273-8ce1f8250374/iso-789-4-1982>