
**Moteurs alternatifs à combustion
interne — Performances —**

**Partie 4:
Régulation de la vitesse**

Reciprocating internal combustion engines — Performance —

Part 4: Speed governing



PDF – Exonération de responsabilité

Le présent fichier PDF peut contenir des polices de caractères intégrées. Conformément aux conditions de licence d'Adobe, ce fichier peut être imprimé ou visualisé, mais ne doit pas être modifié à moins que l'ordinateur employé à cet effet ne bénéficie d'une licence autorisant l'utilisation de ces polices et que celles-ci y soient installées. Lors du téléchargement de ce fichier, les parties concernées acceptent de fait la responsabilité de ne pas enfreindre les conditions de licence d'Adobe. Le Secrétariat central de l'ISO décline toute responsabilité en la matière.

Adobe est une marque déposée d'Adobe Systems Incorporated.

Les détails relatifs aux produits logiciels utilisés pour la création du présent fichier PDF sont disponibles dans la rubrique General Info du fichier; les paramètres de création PDF ont été optimisés pour l'impression. Toutes les mesures ont été prises pour garantir l'exploitation de ce fichier par les comités membres de l'ISO. Dans le cas peu probable où surviendrait un problème d'utilisation, veuillez en informer le Secrétariat central à l'adresse donnée ci-dessous.

STANDARDSISO.COM : Click to view the full PDF of ISO 3046 4:2009



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2009

Droits de reproduction réservés. Sauf prescription différente, 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 et les microfilms, sans l'accord écrit de l'ISO à l'adresse ci-après ou du comité membre de l'ISO dans le pays du demandeur.

ISO copyright office
Case postale 56 • CH-1211 Geneva 20
Tel. + 41 22 749 01 11
Fax + 41 22 749 09 47
E-mail copyright@iso.org
Web www.iso.org

Publié en Suisse

Sommaire

Page

Avant-propos	iv
1 Domaine d'application	1
2 Termes et définitions, symboles et indices	1
2.1 Systèmes de régulation de la vitesse.....	1
2.2 Paramètres de régulation de la vitesse.....	2
2.3 Vitesses des moteurs en régime permanent.....	4
2.4 Comportement de la vitesse en régime transitoire.....	6
2.5 Symboles et indices	7
3 Classification des systèmes de régulation de la vitesse	8
4 Comportement de la vitesse en régime transitoire.....	8
5 Règlements et exigences supplémentaires.....	9
6 Exigences techniques des systèmes de régulation de la vitesse.....	9
7 Essai des systèmes de régulation de la vitesse	9
8 Classification des performances et valeurs limites en régime permanent des systèmes de régulation de la vitesse.....	9
Bibliographie.....	18

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 Normes internationales sont rédigées conformément aux règles données dans les Directives ISO/CEI, Partie 2.

La tâche principale des comités techniques est d'élaborer les Normes internationales. Les projets de Normes internationales adoptés par les comités techniques sont soumis aux comités membres pour vote. Leur publication comme Normes internationales requiert l'approbation de 75 % au moins des comités membres votants.

L'attention est appelée 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.

L'ISO 3046-4 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 70, *Moteurs à combustion interne*.

Cette troisième édition annule et remplace la deuxième édition (ISO 3046-4:1997), qui a fait l'objet d'une révision technique.

L'ISO 3046 comprend les parties suivantes, présentées sous le titre général *Moteurs alternatifs à combustion interne — Performances*:

- *Partie 1: Déclaration de la puissance et de la consommation de carburant et d'huile de lubrification, et méthodes d'essai — Exigences supplémentaires pour les moteurs d'usage général*
- *Partie 3: Mesurages pour les essais*
- *Partie 4: Régulation de la vitesse*
- *Partie 5: Vibrations de torsion*
- *Partie 6: Protection contre la survitesse*

Moteurs alternatifs à combustion interne — Performances —

Partie 4: Régulation de la vitesse

1 Domaine d'application

La présente partie de l'ISO 3046 établit une classification des caractéristiques et des paramètres des systèmes de régulation de la vitesse et spécifie les termes et définitions relatifs aux vitesses types des moteurs alternatifs à combustion interne. Des caractéristiques individuelles peuvent être données, si nécessaire, pour des applications particulières des moteurs.

La présente partie de l'ISO 3046 s'applique aux moteurs alternatifs à combustion interne pour usages terrestres, ferroviaires et marins, à l'exclusion des moteurs utilisés pour la propulsion des engins de travaux routiers et de terrassement, des tracteurs agricoles et industriels, des véhicules routiers et des aéronefs. Sont exclus également les moteurs à autorégulation et les moteurs ne nécessitant qu'une limitation de la vitesse maximale ou du débit maximal de carburant.

La présente partie de l'ISO 3046 définit des exigences pour les moteurs à huile lourde à allumage par compression (moteurs diesel). Pour les moteurs à allumage par étincelle ou à deux combustibles, des exigences particulières peuvent s'appliquer.

NOTE 1 Les performances et les paramètres des systèmes de régulation de la vitesse des moteurs alternatifs à combustion interne des groupes électrogènes sont spécifiés dans l'ISO 8528-2 et l'ISO 8528-5.

NOTE 2 Les termes et définitions relatifs aux vitesses types des moteurs dans le contexte des systèmes de protection contre la survitesse sont spécifiés dans l'ISO 3046-6.

2 Termes et définitions, symboles et indices

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions, ainsi que les symboles et indices suivants, s'appliquent.

NOTE Les termes et définitions liés aux dispositifs de survitesse sont donnés dans l'ISO 3046-6.

2.1 Systèmes de régulation de la vitesse

2.1.1

système de régulation de la vitesse du moteur

dispositif qui, dans des conditions de fonctionnement spécifiques du moteur, compare la vitesse réelle à la vitesse de consigne et génère une modification de l'alimentation en carburant du moteur, de façon à ajuster la vitesse réelle du moteur alternatif à combustion interne sur la vitesse de consigne

NOTE 1 Voir l'ISO 7967-7:2005, 3.1.1.

NOTE 2 Les systèmes de régulation de la vitesse peuvent être classés selon ce qui suit:

- la détection de vitesse et l'amplification de leur signal de sortie (voir l'ISO 7967-7:2005, 3.3.1);
- leur comportement dynamique (fonction de transfert) (voir l'ISO 7967-7:2005, 7.2);
- leur fonction en relation avec l'application du moteur (voir l'ISO 7967-7:2005, 3.3.3).

2.1.2

dispositif de réglage de la vitesse

dispositif permettant le réglage de la vitesse de consigne d'un régulateur de vitesse, et dépendant respectivement de l'application ou du type requis de réglage

NOTE Adapté de l'ISO 7967-7:2005, définition 3.1.2.

2.1.3

contrôle du couple

modification de la courbe caractéristique de l'alimentation maximale en carburant naturel obtenue par le système d'injection de carburant pour des vitesses inférieures à la **vitesse déclarée** du moteur

NOTE Adapté de l'ISO 7967-7:2005, définition 3.5.3.

2.2 Paramètres de régulation de la vitesse

2.2.1

statisme de la vitesse déclarée

$\delta n_{st,r}$

différence, exprimée en pourcentage de la **vitesse déclarée**, entre la **vitesse à vide déclarée** et la vitesse déclarée, à la puissance déclarée, pour un affichage donné de la vitesse; elle est calculée à partir de l'équation suivante:

$$\delta n_{st,r} = \frac{n_{i,r} - n_r}{n_r} \times 100$$

où

n_r est la vitesse déclarée;

$n_{i,r}$ est la vitesse à vide déclarée

NOTE Voir Tableau 1 et Figures 4 et 5.

2.2.2

répartition de charge en fonctionnement parallèle

ΔP

différence, exprimée en pourcentage, entre la part de la puissance fournie par un moteur individuel et la part de la puissance totale déclarée fournie par tous les moteurs; elle est calculée à partir de l'équation suivante:

$$\Delta P = \left[\frac{P_a}{P_r} - \frac{\sum P_a}{\sum P_r} \right] \times 100$$

où

P_a est la puissance réelle fournie par un moteur individuel;

P_r est la puissance déclarée (nominale) d'un moteur individuel

2.2.3

force maximale

valeur maximale de la force sur l'actionneur du régulateur, en toute position spécifiée de sa course

[ISO 7967-7:2005, définition 3.4.1]

2.2.4**couple maximal**

valeur maximale du moment du couple disponible sur l'arbre de sortie du régulateur, en toute position spécifiée de sa course

[ISO 7967-7:2005, définition 3.4.2]

2.2.5**plage de réglage de la vitesse**
 Δn_s

écart entre la plus **petite vitesse à vide affichable** et la plus grande vitesse à vide affichable, déterminées par le dispositif de réglage de la vitesse

NOTE Voir 2.3.7 et 2.3.10.

2.2.6**taux d'affichage de la vitesse**
 v_n

taux auquel la vitesse affichée peut être modifiée à l'intérieur de la **plage de réglage de la vitesse**, exprimé en pourcentage de la vitesse déclarée par seconde, calculé à partir de l'équation suivante:

$$v_n = \frac{n_{i,max} - n_{i,min}}{n_r \times t} \times 100$$

où

n_i est la vitesse à vide;

n_r est la vitesse déclarée;

t est le temps

NOTE 1 Voir l'ISO 8528-2:2005, 6.3.4.

NOTE 2 Pour les moteurs de propulsion marins, le taux d'affichage de la vitesse dépend nécessairement de l'application particulière, de la demande du constructeur et/ou du client (par exemple différents taux d'affichage de la vitesse pour les manœuvres et accélération/décélération normale).

2.2.7**signal d'entrée du régulateur de vitesse**

signal à l'entrée du régulateur, qui constitue une mesure de la vitesse instantanée du moteur

NOTE Adapté de l'ISO 7967-7:2005, définition 3.2.1.

2.2.8**signal de sortie du régulateur de vitesse**

signal fourni par le régulateur de vitesse, qui est utilisé pour régler l'alimentation en carburant

NOTE Adapté de l'ISO 7967-7:2005, définition 3.2.2

2.2.9**bande de vitesses en régime permanent**
 βn

étendue des oscillations de la vitesse, Δn , autour d'une valeur moyenne pour un moteur fonctionnant à puissance constante, rapportée à la vitesse déclarée, n_r , et exprimée en pourcentage; elle est calculée à partir de l'équation suivante:

$$\beta n = \frac{\Delta n}{n_r} \times 100$$

NOTE 1 Voir Figure 6.

NOTE 2 Les valeurs limitant le fonctionnement pour la bande de vitesses en régime permanent sur toute la gamme de vitesses de fonctionnement d'un moteur alternatif à combustion interne dépendent de la puissance de sortie du moteur et du fait que le moteur est couplé ou non à une machine entraînée. Ces valeurs limitant le fonctionnement dépendent également de la vitesse déclarée du moteur alternatif à combustion interne.

Une distinction peut être faite entre les cas suivants.

a) Moteur couplé à des machines entraînées:

- 1) $n < 0,5n_r$;
- 2) $n \geq 0,5n_r$ et $P \geq 0,25P_r$;
- 3) $n \geq 0,5n_r$ et $P < 0,25P_r$.

b) Moteur non couplé à des machines entraînées et fonctionnant à la plus petite vitesse à vide affichable.

Les courbes données aux Figures 1 à 3 sont fondées sur l'expérience. Elles peuvent également être exprimées, en pourcentage, par l'équation suivante:

$$\beta n = c n_r^{-m}$$

où les valeurs de c et m sont données dans le Tableau 1 pour les cas spécifiés en a) et b).

NOTE 3 Les valeurs de c et m dépendent de l'inertie de l'ensemble du système, de la capacité du régulateur de vitesse et de la puissance de sortie du moteur sur toute la gamme de vitesses; aussi n'est-elle importante que pour le client dans ce contexte.

2.2.10

capacité de travail

travail maximal disponible sur l'arbre de sortie ou l'actionneur du régulateur tout au long de sa course

2.3 Vitesses des moteurs en régime permanent

2.3.1

vitesse à vide déclarée

$n_{i,r}$
vitesse haute de ralenti
vitesse du moteur en régime permanent fonctionnant à vide au même affichage de vitesse que pour la vitesse déclarée

2.3.2

vitesse déclarée

n_r
vitesse à laquelle le moteur génère la puissance déclarée

[ISO 2710-1:2000, définition 11.1.2]

2.3.3

vitesse d'engrènement

n_c
vitesse du moteur à laquelle le dispositif entraîné est accouplé au moteur

2.3.4

vitesse du moteur

n
nombre de tours du vilebrequin dans une période de temps déterminée

[ISO 2710-1:2000, définition 11.1]

2.3.5**vitesse haute de ralenti** $n_{i,f}$ **plus petite vitesse à vide affichable** augmentée

NOTE La vitesse haute de ralenti est souvent utilisée au démarrage à froid des moteurs et durant la période de réchauffement du moteur. Elle peut être obtenue par un réglage manuel ou automatique.

[ISO 7967-7:2005, définition 3.6.1.13]

2.3.6**vitesse d'allumage** n_{sf}

vitesse à laquelle un moteur est accéléré, depuis l'arrêt, au moyen d'une source extérieure d'énergie indépendante de l'alimentation normale en carburant avant que le mouvement du moteur s'entretienne de lui-même

[ISO 2710-1:2000, définition 11.1.5]

NOTE La vitesse d'allumage (et la **vitesse de démarrage**) dépend des conditions ambiantes et de fonctionnement du moteur au démarrage ainsi que du type de système de démarrage utilisé.

2.3.7**plus grande vitesse à vide affichable fondée sur la vitesse de surcharge** $n_{i,ov}$

plus grande **vitesse du moteur** en régime permanent, fonctionnant à vide, au même affichage de vitesse que pour la **vitesse de surcharge**

NOTE Pour les groupes électrogènes, cette vitesse peut être sélectionnée par le dispositif de réglage de la vitesse du régulateur (voir l'ISO 8528-5).

2.3.8**vitesse à vide** n_i **vitesse du moteur** à vide en régime permanent

NOTE Adapté de l'ISO 2710-1:2000, définition 11.1.4.

2.3.9**plus petite vitesse affichable** $n_{p,min}$

plus petite **vitesse du moteur** en régime permanent, fonctionnant accouplé, sélectionnée par le **dispositif de réglage de la vitesse** et qui se situe sur la courbe d'hélice ou sur toute autre courbe de puissance spécifiée

2.3.10**plus petite vitesse à vide affichable** $n_{i,min}$ **vitesse basse de ralenti**

plus petite **vitesse du moteur** en régime permanent, fonctionnant à vide, au même affichage de vitesse que pour la **plus petite vitesse affichable**

NOTE 1 Pour les groupes électrogènes, cette vitesse peut être sélectionnée par le dispositif de réglage de la vitesse du régulateur de vitesse (voir l'ISO 8528-5).

NOTE 2 Adapté de l'ISO 7967-7:2005, définition 3.6.1.8.

2.3.11

plus petite vitesse continue à pleine puissance

$n_{f,l}$
plus petite **vitesse du moteur** continue admissible en régime permanent, fonctionnant à pleine puissance (tringle de manœuvre de carburant réglée pour la puissance nominale)

2.3.12

plus petite vitesse continue à puissance partielle

$n_{p,l}$
plus petite **vitesse du moteur** continue admissible en régime permanent, sur la courbe d'hélice ou sur toute autre courbe de puissance spécifiée

2.3.13

vitesse au couple maximal

n_{tq}
vitesse du moteur au **couple maximal**, la crémaillère de carburant étant en butée, y compris, si nécessaire, le réglage de l'alimentation en carburant pour couple additionnel

2.3.14

vitesse à vide à puissance partielle

$n_{i,p}$
vitesse du moteur en régime permanent, fonctionnant à vide, au même affichage de vitesse que pour la **vitesse à puissance partielle**

2.3.15

vitesse de surcharge

n_{ov}
vitesse à laquelle le moteur délivre la puissance de surcharge déclarée par le fabricant

2.3.16

vitesse à puissance partielle

n_p
vitesse du moteur en régime permanent comprise entre la **vitesse déclarée** et la **plus petite vitesse affichable**

2.3.17

vitesse de démarrage

n_s
vitesse maximale à laquelle le moteur (avec les auxiliaires couplés mécaniquement) peut être accéléré par le système de démarrage lorsque la crémaillère de carburant est en butée

NOTE 1 La vitesse de démarrage (et la **vitesse d'allumage**) dépend des conditions ambiantes et de fonctionnement du moteur au démarrage ainsi que du type de système de démarrage utilisé.

NOTE 2 La vitesse de démarrage peut être influencée par la puissance absorbée par les équipements auxiliaires; elle est supérieure à la vitesse d'allumage.

2.4 Comportement de la vitesse en régime transitoire

2.4.1

vitesse maximale transitoire

$n_{d,max}$
vitesse du moteur maximale en régime transitoire, qui provient d'une chute de la puissance ou d'un accroissement de la vitesse affichée

NOTE Adapté de l'ISO 7967-7:2005, définition 3.6.2.2.

2.4.2**temps de rétablissement de la vitesse par accroissement de charge** $t_{n,in}$ **temps de rétablissement de la vitesse par diminution de charge** $t_{n,de}$

intervalle de temps compris entre la sortie de la vitesse dans la bande des vitesses en régime permanent, lors d'une variation de charge spécifiée, et le retour définitif de la vitesse dans la bande des vitesses en régime permanent à la nouvelle vitesse

2.4.3**écart de vitesse transitoire (par rapport à la vitesse initiale) par accroissement de charge (–) ou par diminution de charge (+)** δn_{dyn}

variation transitoire de vitesse entre la limite inférieure (ou supérieure) de la vitesse et la vitesse initiale pendant le processus de régulation, suivant un brusque changement de charge

NOTE L'écart de vitesse transitoire est exprimé en pourcentage de la vitesse initiale; le signe moins concerne l'écart minimal après accroissement de la charge; le signe plus concerne l'écart maximal après réduction de la charge. Il est calculé à partir des équations suivantes, respectivement:

$$\delta n_{dyn}^- = \frac{n_{d,min} - n_{i,p}}{n_p} \times 100$$

$$\delta n_{dyn}^+ = \frac{n_{d,max} - n_{i,p}}{n_p} \times 100$$

2.4.4**vitesse minimale transitoire** $n_{d,min}$

vitesse du moteur minimale en régime transitoire, qui provient d'un accroissement de la puissance ou d'une chute de la vitesse affichée

NOTE Adapté de l'ISO 7967-7:2005, définition 3.6.2.1.

2.5 Symboles et indices**2.5.1 Symboles**

c facteur constant servant au calcul de la bande de vitesses en régime permanent

m exposant constant servant au calcul de la bande de vitesses en régime permanent

P_a puissance réelle fournie par un moteur individuel

P_r puissance déclarée (nominale) d'un moteur individuel

Δn étendue des oscillations de la vitesse autour d'une valeur moyenne à puissance constante

$\sum P_a$ somme des puissances réelles fournies par tous les moteurs fonctionnant en parallèle

$\sum P_r$ somme des puissances déclarées (nominales) de tous les moteurs fonctionnant en parallèle

2.5.2 Indices

a réel

c couplé

de réduction

dyn	dynamique
f	pleine puissance
i	à vide (ralenti)
in	accroissement
l	le plus petit
n	vitesse
ov	surcharge
p	puissance partielle
r	déclaré (nominal)
s	démarrage
sf	allumage
st	écart statique (statisme)
tq	couple

3 Classification des systèmes de régulation de la vitesse

3.1 Pour la classification et l'évaluation des systèmes de régulation de la vitesse, les caractéristiques ou qualités suivantes sont essentielles:

- a) la détection de la vitesse et l'amplification du signal de sortie;
- b) le comportement dynamique (fonction de transfert);
- c) la fonction liée à l'application du moteur.

De plus, il est important de connaître le type de dispositif de réglage de la vitesse utilisé.

3.2 Pour les exemples de systèmes de régulation de la vitesse liés aux moteurs à huile lourde à allumage par compression, voir Figures 4 et 5. Pour un exemple de moteur alternatif à combustion interne tournant à vitesse constante, voir l'ISO 8528-2:2005, Figure 1.

4 Comportement de la vitesse en régime transitoire

Le comportement de la vitesse en régime transitoire (voir Figure 6) dépend des aspects suivants:

- a) le système de suralimentation par turbocompresseur installé sur le moteur alternatif à combustion interne;
- b) la pression moyenne effective au frein (p_{me}) du moteur alternatif à combustion interne à la puissance déclarée;
- c) le comportement du régulateur de vitesse;
- d) le comportement en fonctionnement des machines entraînées;
- e) l'inertie de rotation du moteur alternatif à combustion interne et des machines entraînées;
- f) l'accouplement entre le moteur alternatif à combustion interne et les machines entraînées.

Le comportement en fonctionnement des machines entraînées étant inconnu du constructeur du moteur, aucune spécification ou valeur relative au comportement du moteur en régime transitoire ne peut être établie.

5 Règlements et exigences supplémentaires

Les aspects suivants s'ajoutent aux exigences des Articles 6 à 8.

- Pour les moteurs utilisés à bord des navires et des installations au large («offshore») qui ont à satisfaire aux règles d'une société de classification, les exigences complémentaires de la société de classification doivent être remplies. La société de classification doit être déclarée par le client avant la passation de la commande.
- Pour les moteurs non classés, de telles exigences complémentaires font l'objet, dans tous les cas, d'un accord entre le constructeur et le client.

Lorsque d'autres exigences particulières doivent être remplies, par exemple des exigences imposées par un organisme de contrôle et/ou par un pouvoir public, l'autorité correspondante doit être déclarée par le client avant la passation de la commande.

Toute exigence supplémentaire doit faire l'objet d'un accord entre le constructeur et le client.

6 Exigences techniques des systèmes de régulation de la vitesse

Le client ou le constructeur du moteur doit spécifier les exigences techniques des valeurs limites de fonctionnement et l'exactitude du système de régulation de la vitesse conformément à l'Article 8. Le constructeur du moteur choisit normalement le système de régulation de la vitesse en vue de satisfaire à ces exigences.

La plage de réglage de la vitesse (Δn_s) doit être définie en accord entre le constructeur du moteur et le client en fonction de l'application du moteur (voir Figures 4 et 5).

Dans le cas de fonctionnement en parallèle de tous les moteurs sur un seul arbre, la répartition de charge du moteur dépend du statisme de vitesse et de l'exactitude du dispositif de réglage de la vitesse du régulateur de vitesse. En utilisant un dispositif automatique de répartition de charge, les valeurs limites peuvent être réduites. Lors du réglage du régulateur de la vitesse et du dispositif de réglage de la vitesse, les valeurs limites pour la puissance du moteur la plus faible délivrée à la plus petite vitesse affichable, et la puissance déclarée à la vitesse déclarée, doivent être moindres. Pour conserver les valeurs limites lors d'une répartition de charge, le statisme de vitesse doit se trouver dans les limites données dans le Tableau 1.

7 Essai des systèmes de régulation de la vitesse

Le système de régulation de vitesse doit être contrôlé ou bien au cours de l'essai de réception ou bien, si nécessaire, pendant les essais de fonctionnement du moteur accouplé à la machine entraînée spécifiée dans le contrat (voir l'ISO 3046-1). Les valeurs limites doivent être vérifiées et enregistrées.

8 Classification des performances et valeurs limites en régime permanent des systèmes de régulation de la vitesse

Étant donné que le comportement en régime transitoire du système de régulation de la vitesse est lié à l'application et aux machines entraînées, seules les valeurs limites en régime permanent sont fixées dans la présente partie de l'ISO 3046 (voir Tableau 1). Les valeurs limites pour les groupes électrogènes sont données dans l'ISO 8528-5:2005, Article 16.

Les exigences d'exactitude des systèmes de régulation de la vitesse sont définies par les quatre classes de performance suivantes.

- M1: exigences réduites sur une large gamme de vitesses du moteur (voir Figure 1).
- M2: exigences normales sur une large gamme de vitesses du moteur (voir Figure 2).
- M3: hautes exigences sur une large gamme de vitesses du moteur (voir Figure 3).
- M4: exigences devant faire l'objet d'un accord entre le constructeur et le client.

Il est recommandé au client de choisir la classe de performance la plus faible qui remplira les exigences.

NOTE L'exactitude du régulateur de la vitesse en régime transitoire peut être affectée par les variations thermiques du régulateur de vitesse et des variations de charge du moteur alternatif à combustion interne. En conséquence, il y a lieu d'effectuer tous les mesurages en régime permanent et sous charge et température constantes.

Le constructeur du moteur doit stipuler le délai normal après démarrage à partir duquel la régulation du moteur est conforme aux exigences spécifiées dans le Tableau 1.

Lorsque, en fonction de l'application du moteur, le délai normal n'est pas requis ou doit être réduit, les délais et les mesures techniques à prendre doivent faire l'objet d'un accord entre le constructeur et le client.

Tableau 1 — Valeurs limites de fonctionnement

Paramètre	Symbole	Unité	Valeurs limites de fonctionnement pour la classe de performance ^a						
			M1 ^b		M2 ^c		M3		M4
Statisme de la vitesse déclarée ^d (voir 2.2.1)	$\delta n_{st,r}$	%	≤ 15		≤ 10		≤ 5		ACC ^e
Bande de vitesses en régime permanent (voir 2.2.9)	βn	%	Voir Figure 1		Voir Figure 2		Voir Figure 3		ACC ^e
Bande de vitesses en régime permanent, moteur couplé à des machines entraînées, où:	—	—	<i>c</i>	<i>m</i>	<i>c</i>	<i>m</i>	<i>c</i>	<i>m</i>	ACC ^e
$n < 0,5 n_r$	—	—	48	0,440	70	0,545	48	0,530	ACC ^e
$n \geq 0,5 n_r$ et $P \geq 0,25 P_r$ ^f	—	—	39	0,455	49	0,540	40	0,550	ACC ^e
$n \geq 0,5 n_r$ et $P < 0,25 P_r$ ^f	—	—	48	0,440	70	0,545	48	0,530	ACC ^e
Bande de vitesses en régime permanent, moteur non couplé à des machines entraînées et fonctionnant à la plus petite vitesse à vide affichable	—	—	68	0,460	104	0,550	63	0,530	ACC ^e
Taux d'affichage de la vitesse (voir 2.2.6)	v_n	%/s	ACC ^e		ACC ^e		ACC ^e		ACC ^e
Répartition de charge en fonctionnement parallèle (plusieurs moteurs entraînant un arbre) ^e (voir 2.2.2)	ΔP	%	≤ 10		≤ 10		≤ 10		ACC ^e

NOTE Pour les systèmes de propulsion accouplés à des génératrices, les variations de vitesse requises en régime transitoire et la répartition de la charge (en cas de fonctionnement en parallèle avec un groupe électrogène) doivent faire l'objet d'un accord entre le constructeur et le client.

^a Les classes de performance A1 et A2 qui figuraient dans l'ISO 3046-4:1997 ont été incorporées dans l'ISO 8528-5, en tant que classes de performance G2 et G1 applicables à des groupes électrogènes entraînés par un moteur alternatif à combustion interne.

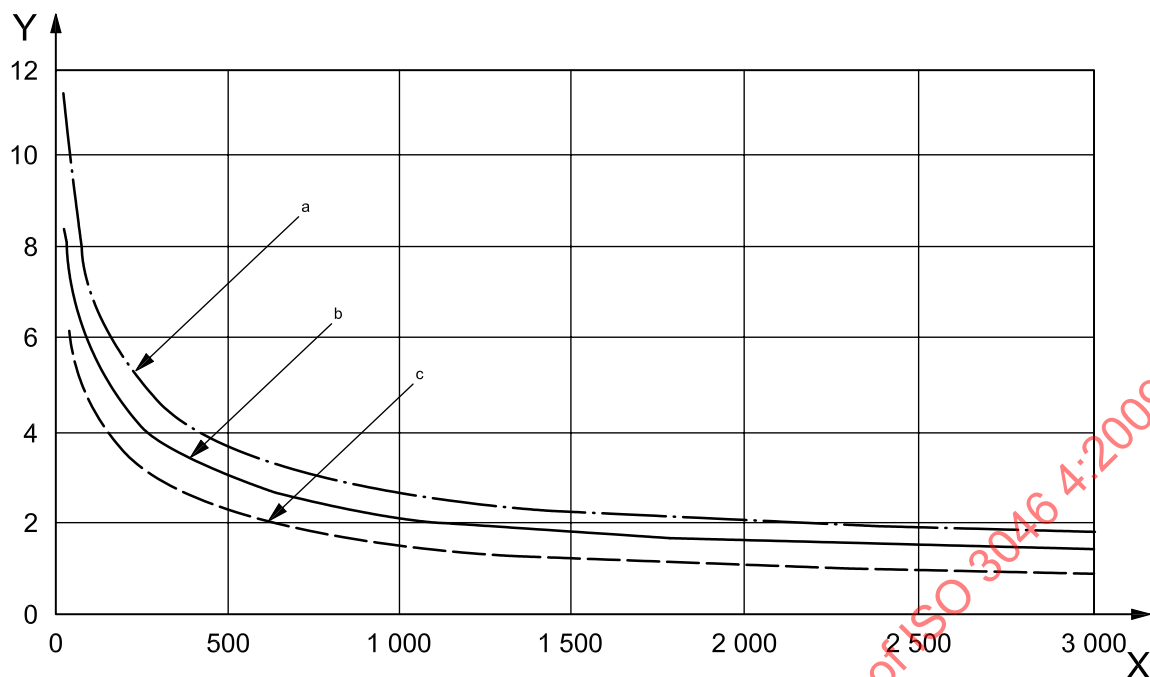
^b La classe de performance M1 correspond à la classe B2 de l'ISO 3046-4:1978.

^c La classe de performance M2 correspond à la classe B1 de l'ISO 3046-4:1978.

^d Pour certaines applications, le statisme de la vitesse déclarée est nul (c'est-à-dire que la régulation est isochrone).

^e ACC = selon accord entre le constructeur et le client.

^f En raison des conditions techniques (par exemple fonctionnement en parallèle de moteurs dont les puissances de sortie sont différentes et dont la régulation de la vitesse n'a pas de caractéristiques suffisamment ajustables), une plus grande valeur de ΔP peut être spécifiée par accord entre le constructeur et le client. Toutefois, dans ces cas-là, la puissance de sortie admissible du moteur le plus petit correspondant aux conditions de fonctionnement appropriées ne doit pas être dépassée.



Légende

X vitesse déclarée, n_r (min^{-1})

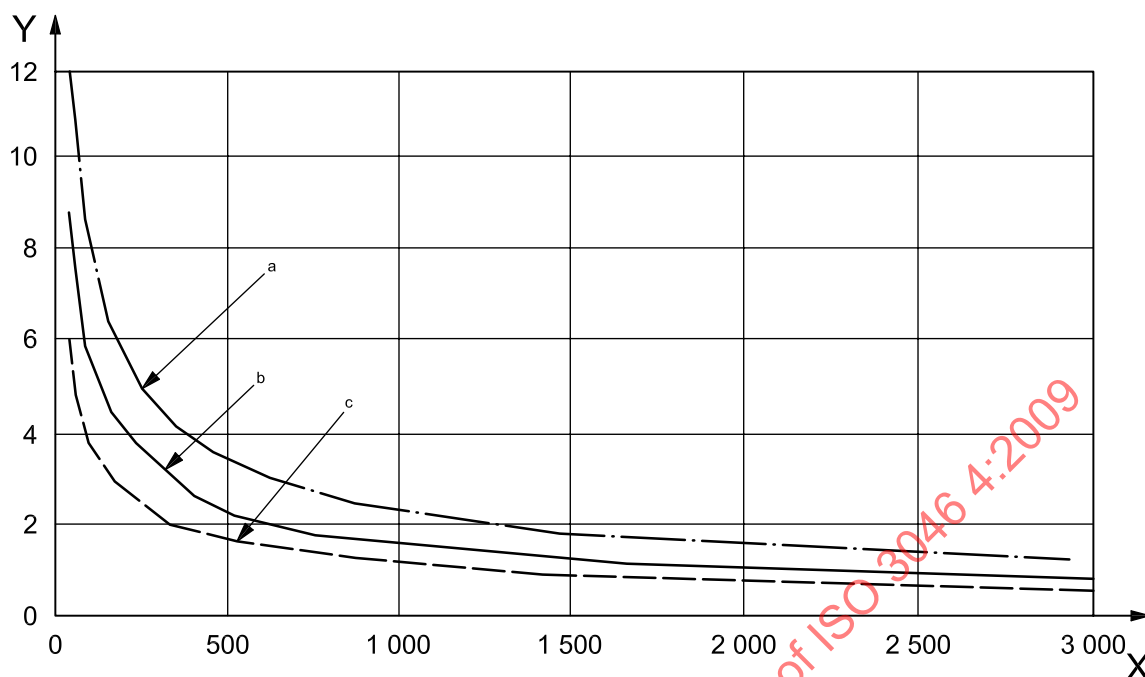
Y bande de vitesses en régime permanent, β_n (%)

a Moteur non accouplé à la machine entraînée.

b $n < 0,5 n_r$ ou $n \geq 0,5 n_r$ et $P < 0,25 P_r$.

c $n \geq 0,5 n_r$ et $P \geq 0,25 P_r$.

Figure 1 — Valeurs limites de fonctionnement pour la classe de performance M1

**Légende**

X vitesse déclarée, n_r (min^{-1})

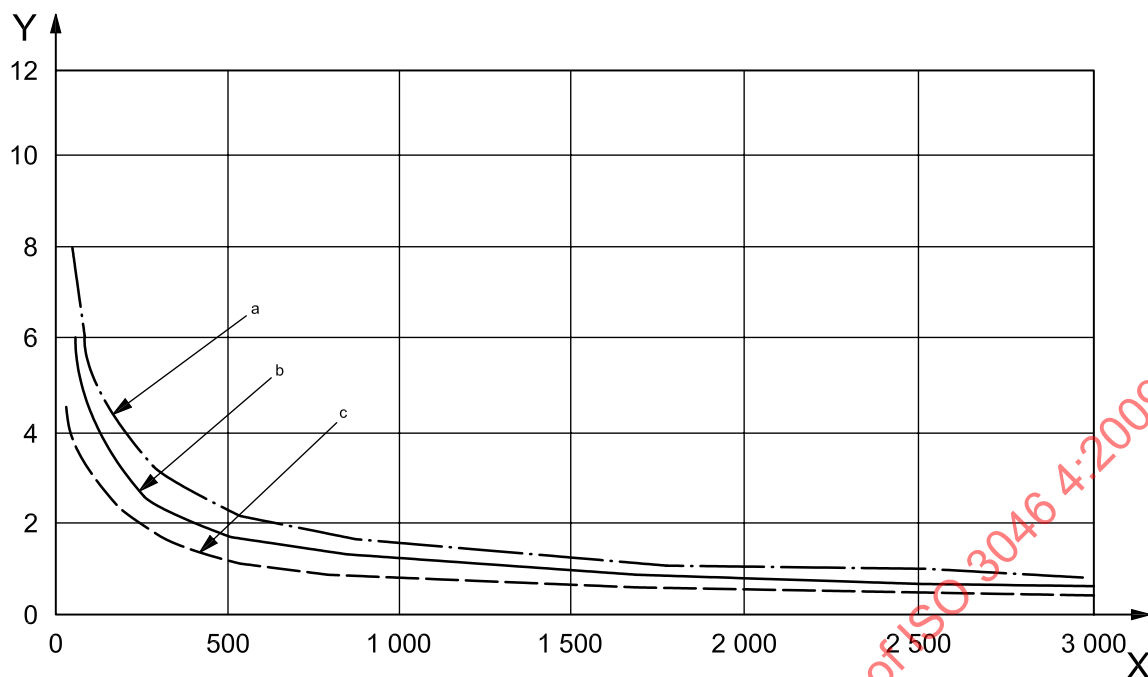
Y bande de vitesses en régime permanent, βn (%)

a Moteur non accouplé à la machine entraînée.

b $n < 0,5 n_r$ ou $n \geq 0,5 n_r$ et $P < 0,25 P_r$.

c $n \geq 0,5 n_r$ et $P \geq 0,25 P_r$.

Figure 2 — Valeurs limites de fonctionnement pour la classe de performance M2



Légende

X vitesse déclarée, n_r (min⁻¹)

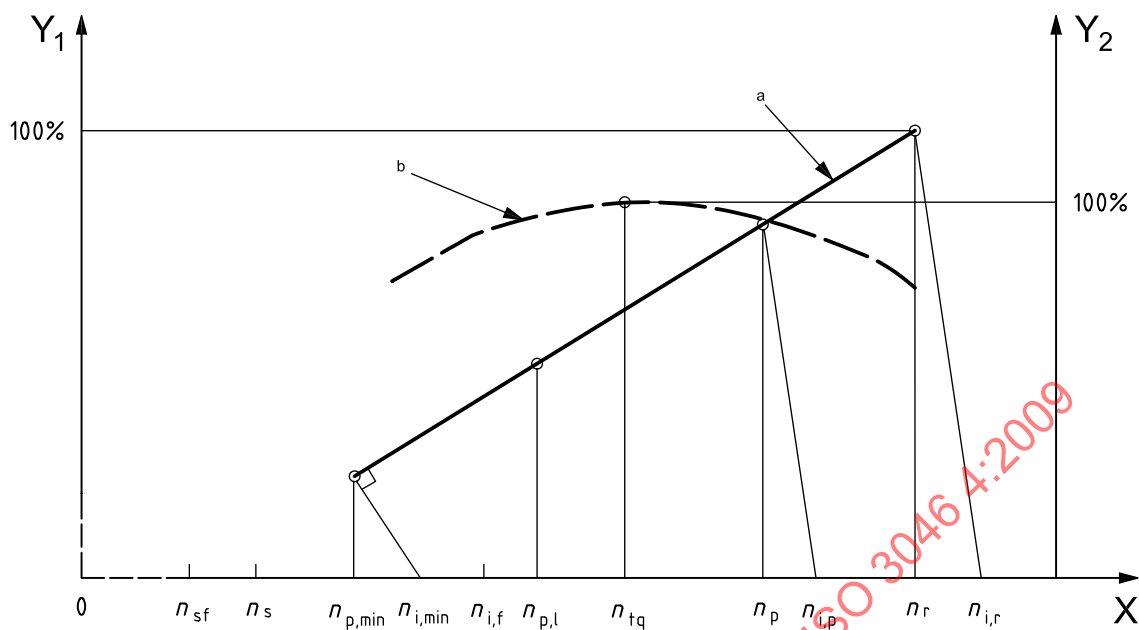
Y bande de vitesses en régime permanent, β_n (%)

a Moteur non accouplé à la machine entraînée.

b $n < 0,5 n_r$ ou $n \geq 0,5 n_r$ et $P < 0,25 P_r$.

c $n \geq 0,5 n_r$ et $P \geq 0,25 P_r$.

Figure 3 — Valeurs limites de fonctionnement pour la classe de performance M3

**Légende**X vitesse du moteur, n (min^{-1}) Y_1 puissance du moteur Y_2 couple du moteur

a Courbe de la puissance du moteur.

b Courbe du couple du moteur.

**Figure 4 — Moteur à huile lourde à allumage par compression
avec une position définie de la tringle de manœuvre de carburant**