

RÉGLEMENTATION

RÈGLEMENTS (UE) N°327/2011 DE LA COMMISSION DU 30 MARS 2011 portant application de la directive 2009/125/CE du Parlement européen et du Conseil établissant un cadre pour la fixation d'exigences en matière d'éco-conception applicables aux ventilateurs entraînés par des moteurs d'une puissance électrique à l'entrée comprise entre 125 W et 500 kW

Les ventilateurs entraînés par des moteurs dont la puissance électrique à l'entrée est comprise entre 125 W et 500 kW représentent une part importante de la gamme des produits de déplacement de gaz.

Des exigences minimales de rendement énergétique ont été établies pour les moteurs électriques dans le règlement (CE) n° 640/2009 de la Commission du 22 juillet 2009 portant application de la directive 2005/32/CE du Parlement européen et du Conseil concernant les exigences relatives à l'éco-conception des moteurs électriques, notamment les moteurs électriques équipés de variateurs de vitesse. Elles sont également applicables aux moteurs qui font partie d'un système moteur-ventilateur.

Toutefois, de nombreux ventilateurs relevant du présent règlement sont utilisés en combinaison avec des moteurs ne relevant pas du règlement (CE) n° 640/2009.

ARTICLE PREMIER

Objet et champ d'application

1. Le présent règlement établit des exigences en matière d'éco-conception pour la mise sur le marché ou la mise en service de ventilateurs, y compris ceux qui sont intégrés dans d'autres produits liés à l'énergie couverts par la directive 2009/125/CE.

[...]

3. Le présent règlement ne s'applique pas aux ventilateurs qui sont :

a) conçus spécifiquement pour fonctionner dans des atmosphères explosibles au sens de la directive 94/9/CE du Parlement européen et du Conseil ¹ ;

b) conçus uniquement pour les urgences, en service temporaire, eu égard aux prescriptions de sécurité incendie énoncées dans la directive 89/106/CE ²

c) conçus spécifiquement pour fonctionner :

I.

a) lorsque les températures de fonctionnement du gaz déplacé dépassent 100 °C ;

b) lorsque la température ambiante de fonctionnement pour le moteur, s'il se trouve en dehors du flux de gaz, qui entraîne le ventilateur dépasse 65 °C ;

II. lorsque la température annuelle moyenne du gaz déplacé et/ou la température ambiante de fonctionnement pour le moteur, s'il se trouve en dehors du flux de gaz, sont inférieures à - 40 °C ;

III. avec une tension d'alimentation > 1 000 V (CA) ou > 1 500 V (CC) ;

IV. dans des environnements toxiques, fortement corrosifs ou inflammables ou dans des environnements contenant des substances abrasives ;

d) mis sur le marché avant le 1^{er} janvier 2015 en remplacement de ventilateurs identiques intégrés dans des produits qui ont été mis sur le marché avant le 1^{er} janvier 2013 ;
sauf en ce que l'emballage, les informations relatives au produit et la documentation technique doivent clairement indiquer, dans les cas a), b) et c), que le ventilateur ne doit servir qu'à l'usage pour lequel il est conçu et, dans le cas d), que dans le ou les produits auxquels il est destiné.

¹ JO L 100 du 19.4.1994

² JO L 40 du 11.2.1989

CORRESPONDANCE entre DIVERSES UNITÉS françaises et étrangères

	bar	kg/cm ²	PSI	mm CE	mm Hg	Pa (N/m ²)	In of W	In of Hg
1 bar	1	1,02	14,5	10120	750,06	100000	401,46	29,52
1 kg/cm ²	0,98	1	14,22	10,000	736,1	98066	393,4	28,93
1 PSI	0,069	0,07	1	703,07	51,69	6895	27,68	2,035
1 mm CE	0,0001	0,00010	0,00142	1	0,0736	9,806	0,0393	0,0029
1 mm Hg	0,0013	0,0013	0,019	13,59	1	133,22	0,535	0,039
1 Pa (N/m ²)	0,00001	-	-	0,102	0,075	1	0,004	-
1 In of W	0,0025	0,0025	0,036	25,4	1,868	249,1	1	0,0735
1 In of Hg	0,0338	0,0345	0,49	354,44	25,4	3386,4	13,6	1

Le torr (= 1 mm Hg) est quelquefois employé pour les pressions absolues.

DÉFINITION DES PRESSIONS

- Un ventilateur est une machine tournante dont le but est de mettre en mouvement une masse d'air ou de gaz. Cette masse mise en mouvement pendant une unité de temps représente un volume déplacé qu'on appelle le DÉBIT.

Il s'exprime généralement en mètres cubes par heures : m³/h.

Formule : Q en m³/h = section de passage en m² × Vitesse en m/s × 3600 secondes

- Le débit est créé en force de pression par le ventilateur qui transforme l'énergie cinétique par l'intermédiaire de la rotation de sa turbine qui s'exprime en nombre de tours/minute.

Cette force de pression s'appelle pression dynamique, symbole p.D, c'est la force d'un courant d'air par unité de surface.

Elle se calcule suivant la formule : $p.D \text{ kg/m}^2 = \frac{\rho V^2}{2 g}$

dont ρ = poids spécifique du fluide véhiculé (pour l'air à 15 °C en altitude 0 (760 m/m) = 1,22 kg au m³).

g = 9,81 m/s (accélérateur de la gravité)

V = vitesse du fluide en mètres par seconde. Symbole m/s.

- Pour l'air la formule simplifiée est : $P.D \text{ mm ce} = \frac{V^2}{16} \text{ m/m CE} = \text{mm}$

de colonne d'eau (1 mm CE = 10 Pa unité légale de pression)

- L'ÉNERGIE MÉCANIQUE fournie par le moteur pour permettre au ventilateur d'engendrer cette pression et donc le débit correspondant se mesure à l'axe du moteur, c'est la PUISSANCE ABSORBÉE.

Elle est donnée par la formule :

$Pa \text{ (en kW)} = \text{DÉBIT (m}^3/\text{h)} \times \text{PRESSION TOTALE (m/mCE)}$

$360.000 \times \eta_t \text{ (en } 0, \dots \% \text{)}$

dont : kW = kiloWatt (0,732 kW = 1 HP (cheval vapeur))

Pression totale = symbole P.t

η_t = rendement du ventilateur (rendement total = 1)

- PRESSION TOTALE - PRESSION STATIQUE

Lorsqu'un courant d'air rencontre un obstacle, ne serait-ce que l'air ambiant, sa pression dynamique va générer dans toutes les directions, des forces de pression indépendantes de la direction de sa vitesse. Ces forces s'appellent PRESSION STATIQUE. Symbole P.St exprimé en mm CE.

La pression statique est positive en refoulement et négative en aspiration. La pression dynamique est toujours positive. La pression totale est la somme algébrique des pressions statique et dynamique.

$P.T = P.St + P.d$

Ces 3 pressions se mesurent séparément à l'aide d'un tube de pitot (fig.1).

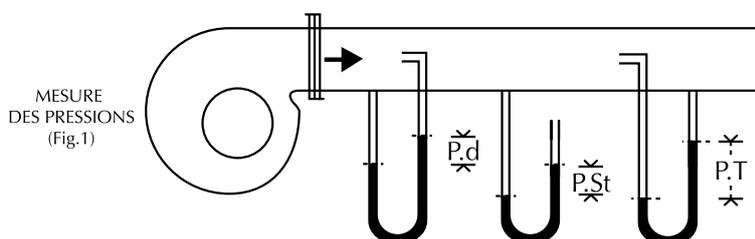
RENDEMENT

- SYMBOLE : η_t
- Le rendement d'un ventilateur est sa capacité à transformer au mieux l'énergie fournie par le moteur. Il se définit comme le rapport de la Puissance théorique utile à la Puissance Effective Absorbée, mesurée à l'axe du moteur pour chaque point de mesure DÉBIT-PRESSION (point de fonctionnement) $\eta_t = \frac{P_u}{P_a} = \frac{Q \times P.t}{P_a}$

Suivant le type de turbine, la forme de la volute et le point de Courbe Débit/Pression du ventilateur, le rendement peut varier de 0,30 % pour les plus médiocres à 0,86 % pour les plus performants.

FONCTIONNEMENT D'UN VENTILATEUR

- Lorsque le ventilateur fonctionne à bouches bées, c'est-à-dire sans aucun raccordement à l'aspiration et au refoulement, il donne le maximum de débit, la PRESSION TOTALE est égale à la PRESSION DYNAMIQUE.
- Si à l'aide d'un registre, on freine la vitesse de l'air en entrée ou sortie du ventilateur, la pression dynamique va créer une pression statique qui va aller croissante au fur et à mesure que la pression dynamique diminuera pour devenir nulle. Quand le registre est complètement fermé, la pression statique est théoriquement maximum.
- Dans la pratique, à un certain moment ce processus s'interrompt pour n'être plus contrôlable, le fluide cavite, le ventilateur décrochera. La pression ou la dépression au niveau de la turbine fera que le ventilateur recyclera une part de son débit par les jeux nécessaires à son bon fonctionnement. Le rendement devient mauvais, c'est pourquoi les constructeurs délimitent dans leurs catalogues des zones d'utilisation, contrôlables et garanties pour chaque ventilateur.
- Ce fonctionnement est traduit par un ensemble de courbes qu'on appelle COURBES CARACTÉRISTIQUES, propres à chaque ventilateur :
 - Des courbes donnant généralement le débit en abscisse et la pression totale ou statique en ordonnée, en fonction de la vitesse de rotation de la turbine.
 - Une courbe donnant la Pression Dynamique en fonction du débit.
 - Une courbe donnant la Puissance absorbée en fonction du débit - pression.
 - Des courbes donnant le rendement en fonction du débit-pression.
 - Des courbes ou tableaux donnant le niveau sonore de puissance acoustique en dB en fonction du nombre de tr/mn de la turbine.



Influence de la température sur le **RENDEMENT** d'un système de ventilation

GÉNÉRALITÉS

- La température exerce une influence directe sur la densité de l'air, par conséquent sur la masse du volume d'air déplacé par le ventilateur et indirectement donc sur la hauteur manométrique. Le volume déplacé en m³/h ne varie pas.
- Cela réapparaît dans les formules suivantes :
 - Le volume d'air est invariable
 $V_1 = V_2 = \text{constant}$
 - Les hauteurs manométriques (pression statique, pression dynamique et pression totale) évoluent proportionnellement à la densité et en inversement proportionnel à la température absolue (Kelvin).

$$\frac{\Delta p_{t1}}{P_2} = \frac{P_1}{T_1} = \frac{\Delta p_{t2}}{P_2} = \frac{T_2}{T_1}$$

- La puissance enregistrée à l'axe du ventilateur évolue proportionnellement à la densité et en inversement proportionnel avec la T °C absolue (Kelvin).

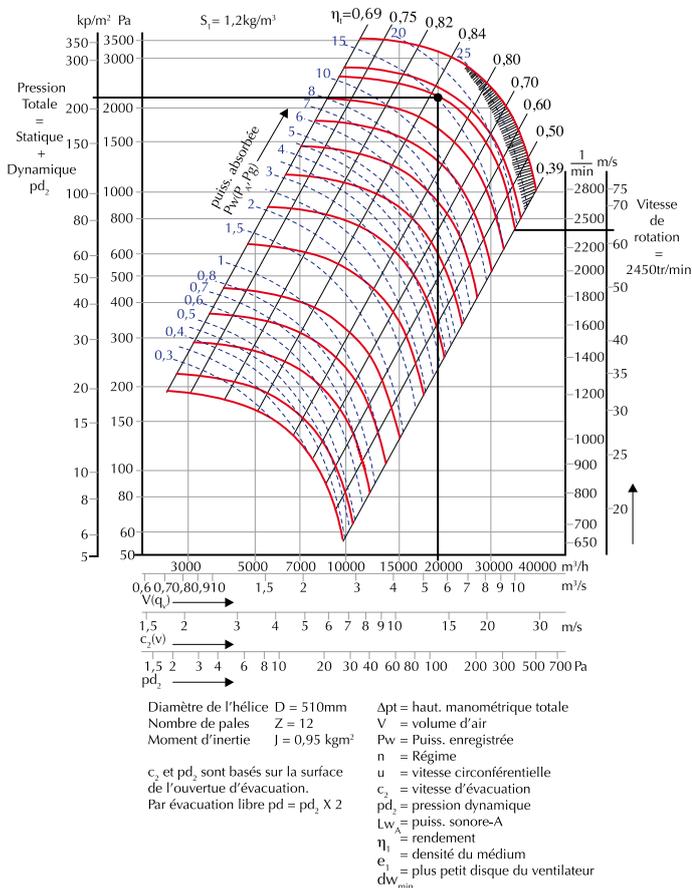
$$\frac{P_{w1}}{P_2} = \frac{P_1}{T_1} = \frac{P_{w2}}{P_2} = \frac{T_2}{T_1}$$

Les graphiques de ventilation présentés dans nos documents techniques sont basés sur une température d'air de 20°C et une densité de 1.2 kg/m³.

Si un ventilateur doit être confronté à une T °C d'air plus élevée ou plus faible, les formules ci-dessus permettront de convertir les données nécessaires à la lecture des graphiques de ventilation présentés (basés sur une température de 20 °C).

En d'autres termes : la hauteur manométrique exigée doit être réexaminée en fonction de la température de l'air, base du graphique.

EX. DE LECTURE SUR UNE COURBE DE VENTILATEUR À RÉACTION.



EXEMPLE

Exemple de calcul illustrant l'énoncé précité :

- Données de présentation :
 Un ventilateur à double aspiration à pales incurvées vers l'arrière.
 - déplacement d'air : 20.000 m³/h
 - hauteur manométrique totale : 1500 Pa
 par une température ambiante de 150 °C.
 Le moteur du ventilateur doit pouvoir développer une puissance permettant une mise en marche par une température de -10 °C.

Démonstration :

Afin de pouvoir déterminer les points d'action sur les graphiques de ventilation présentés, il faut d'abord recourir à la formule b.

$$\frac{p_{t1}}{T_1} = \frac{p_{t2}}{T_2} \Rightarrow p_{t2} = \frac{p_{t1} \times T_1}{T_2}$$

$$p_{t2} = \frac{1500 \times (273 + 150)}{(273 + 20)} = 2165 \text{ Pa}$$

- En simplifiant : un ventilateur pouvant déplacer 20.000 m³ d'air par une T °C de 20 °C et par une hauteur manométrique de 2165 Pa, pourra par une T °C de 150 °C déplacer ce même volume par une hauteur manométrique de 1500 Pa.
- Les valeurs 20.000 m³/h et 2165 Pa permettent de déterminer un point d'action sur le graphique.
 - volume d'air..... : 20.000 m³/h
 - hauteur manométrique totale : 2165 Pa
 - régime : 2450 tr/mn
 - puissance enregistrée : 15,69 kW
 - rendement : 84 %

- Par une T °C de 150 °C, ce ventilateur déplacera donc 20000 m³/h. A noter tout de même : (voir formule c).

$$\frac{P_{w1}}{T_1} = \frac{P_{w2}}{T_2} \Rightarrow P_{w2} = \frac{P_{w1} \times T_1}{T_2}$$

$$P_{w2} = \frac{15,7 \times (273 + 20)}{(273 + 150)} = 10,86 \text{ kW}$$

- Le moteur du ventilateur doit pouvoir développer une puissance permettant une mise en marche par une température de -10 °C.

La puissance nécessaire par une telle température est de :

$$\frac{P_{w1}}{T_1} = \frac{P_{w2}}{T_2} \Rightarrow P_{w2} = \frac{15,7 \times (273 + 20)}{273 - 10} = 17,47 \text{ kW}$$

Les caractéristiques de ce ventilateur par différentes T °C sont les suivantes :

T °C d'air	Ventilateur		
	20	150	-00
Volume d'air m ³ /h	20.000	20.000	20.000
Pression totale Pa	2165	1500	2410
Régime tr/min	-	-	2450
Puissance enregistrée kW	15,7	10,80	17,47

- Pour déterminer le modèle du moteur électrique destiné au ventilateur, bien tenir compte d'une « mise en marche à froid ». Un moteur d'une puissance minimale de 18,5 kW doit, dans le cas présent, être installé.

- Remarque :** si dans les conditions d'utilisation, la T °C de l'air est appelée à varier, le volume d'air restera constant suite à la variation de la haut. manométrique en relation avec les caractéristiques du système.

- Résumé :** pour un ventilateur déplaçant de l'air d'une T °C < ou > à 20 °C (293 K), T °C utilisée pour tracer le graphique, les affirmations suivantes peuvent être tirées :

- Volume d'air m³/h reste constant
- Rendement reste constant
- Hauteur manométrique se modifie
- Puissance enregistrée se modifie
- Niveau de puissance sonore se modifiera : par T °C plus élevée il diminuera, par T °C plus basse il augmentera. Des relevés exacts de cela ne sont pas disponibles.

PUISSANCE INSTALLÉE

- Les ventilateurs sont généralement exécutés en deux versions.

1. En ACCOUPLEMENT DIRECT sur le moteur, la puissance absorbée est à majorer de 10%, la vitesse de rotation est imposée aux vitesses standards des moteurs. Pour les moteurs électriques standards :

Mono-Vitesse	Bi-vitesses
2 Pôles = 3000 tr/min	2/4 Pôles = 3000 / 1500 tr/min
4 Pôles = 1500 tr/min	4/6 Pôles = 1500 / 1000 tr/min
6 Pôles = 1000 tr/min	4/8 Pôles = 1500 / 750 tr/min
8 Pôles = 750 tr/min	6/8 Pôles = 1000 / 750 tr/min
12 Pôles = 500 tr/min	6/12 Pôles = 1000 / 500 tr/min
16 Pôles = 375 tr/min	pour les principaux

NOTA : la vitesse de rotation ci-dessous des moteurs électriques est théorique. Dans les petites puissances elle est inférieure, il faut tenir compte pour sélectionner un POINT DE FONCTIONNEMENT d'un ventilateur sur la courbe réelle de vitesse de rotation (perte par glissement).

Type puissance	2P-3000 tr/min	4P-1500 tr/min	6P-1000 tr/min	8P-750 tr/min
56-0,10 kW	2700	1300	-	-
63-0,18 kW	2750	1380	800	630
71-0,37 kW	2800	1350	860	640
80-0,55 kW	(71) 2810	1380	900	680
90-1,1 kW	(80) 2850	1400	910	690
100-3 kW	2860	1415	920	700
112-4 kW	2900	1440	940	710
132-7,5 kW	2910	1450	960	710
160-11 kW	2930	1460	980	720

Ceci est indicatif. Cela dépend de l'alimentation monophasée ou triphasée, variable suivant les constructeurs, mais significatif pour les petites puissances.

Associés à 1 variateur, on peut obtenir toutes les vitesses intermédiaires de 0 à 120 % de la vitesse nominale.

2. En ENTRAÎNEMENT PAR TRANSMISSION avec arbre de transmission, poulies et courroies, la puissance absorbée est à majorer de 20 à 25 %. À partir des moteurs standards, par le jeu des poulies, on obtient des vitesses intermédiaires, permettant plus facilement de sélectionner le ventilateur au meilleur point de fonctionnement et de rendement alors qu'en accouplement direct le choix est plus limité.

POINT DE FONCTIONNEMENT

- Un ventilateur est généralement raccordé à un conduit pour déplacer un débit/volume d'un point à un autre. L'ensemble de ce conduit (entrée et sortie d'air, longueur du conduit, coudes, tés, registres, registres, réductions, augmentations, plénum, filtres, pièges à son...) sera dénommé SYSTÈME UTILISATEUR.
- Un ventilateur a pour fonctions :
 - de maintenir tout le long du système utilisateur, de l'entrée jusqu'à la sortie, une pression dynamique correspondante au débit nécessaire, donc à une vitesse en fonction de la section.
 - de donner une pression totale permettant de compenser toutes les pressions statiques créées par la pression dynamique à chaque obstacle rencontré dans le système utilisateur. L'ensemble des pressions statiques créées par la pression dynamique s'appelle PERTES DE CHARGE du système utilisateur considéré.
- Pour sélectionner un ventilateur à un débit donné, il faut d'abord calculer les pertes de charges totales du système utilisateur auquel il est associé, (pressions statiques engendrées + pression dynamique en sortie) pour connaître la pression totale dont doit disposer le ventilateur.
- Ce point de fonctionnement : Débit / Pression totale ainsi défini sera recherché sur les courbes caractéristiques des ventilateurs, aux meilleurs rendements dans un souci d'économie d'énergie pour un minimum de puissance absorbée.

LOIS DES VENTILATIONS

- Les ventilateurs sont généralement exécutés suivant une gamme comportant des séries géométriquement similaires par type de turbine visant à couvrir le plus large éventail de points de fonctionnement.
- À égal rendement pour chaque ventilateur :
 - Le débit varie proportionnellement au rapport des vitesses de rotation
 - La pression engendrée varie au CARRÉ du rapport des vitesses de rotation.
 - La puissance absorbée varie au CUBE du rapport des vitesses de rotation.

Nombre tr/min	Débit m ³ /h	Pression mm CE	Puissance kW
1500	1000	10	1
3000	2000	40	8
Rapport 2	Rapport 2	Rapport 4	Rapport 8

- Pour un débit donné, le niveau sonore généré est en rapport direct avec la pression statique, la puissance installée, la vitesse de rotation de la turbine, du type de la turbine (action ou réaction), du nombre de pâles.
- La courbe caractéristique d'un ventilateur à une vitesse déterminée comporte plusieurs points de fonctionnement qui vont : à bouche bée du débit maximum, sans pression statique, à un mauvais rendement, au débit minimum avec un maximum de pression statique, à un mauvais rendement, en passant par des points de bon rapport Débit/Pression en zone de meilleur rendement.
- Résultat : pour un débit donné si la pression totale a été surestimée, le ventilateur donnera plus de débit. Inversement si elle a été sous-estimée le ventilateur donnera moins de débit. C'est donc la détermination précise des Pertes de Charges qui reste le facteur essentiel de la bonne sélection d'un ventilateur.

CONSTRUCTION VENTILATEURS

- En règle générale un ventilateur est constitué :
 - D'une CARCASSE enveloppant la turbine destinée à canaliser le flux d'air produit, appelée :
 - VOLUTE pour les ventilateurs centrifuges, hélico-centrifuges et tangentiels,
 - VIROLE pour les axiaux,
 - PLATINE SUPPORT pour les hélicoïdes et tourelles,
 et comportant tous : 1 bouche d'entrée (simple ou double), 1 bouche de sortie (périphérique ou dirigée pour tourelles).
 - D'une TURBINE entraînée directement ou par transmission.
 - D'une CHAISE SUPPORT dépendante ou indépendante de la volute :
 - indépendante avec moteur B35 (Fig.a)
 - dépendante avec moteur B3 (Fig.b)
 - sans chaise avec moteur B5 ou volute formant chaise (Fig.c)
 - avec châssis commun pour les entraînements par transmission moteur B
 - D'un SYSTÈME DE BLOCAGE par vis de la turbine sur l'arbre d'accouplement.
 - D'une CULOTTE, pièce de liaison intermédiaire entre le moteur et la volute (dans certains cas avec montage B5 ou B35).
 - D'un MOTEUR fournissant l'énergie mécanique nécessaire à obtenir les caractéristiques Débit/Pression développés par la turbine ou nombre de Tr/Mn déterminés.

Moteurs électriques standards :

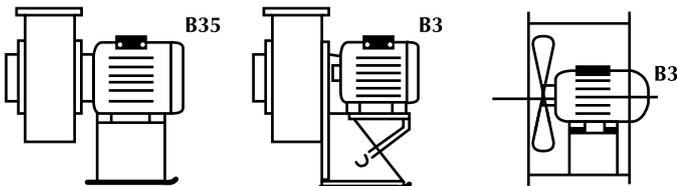


Fig. a

Fig. b

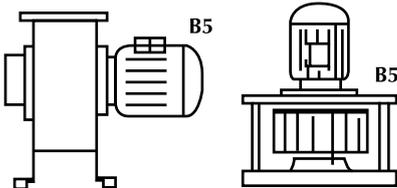
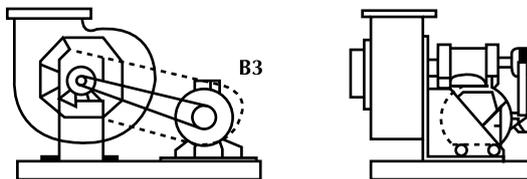
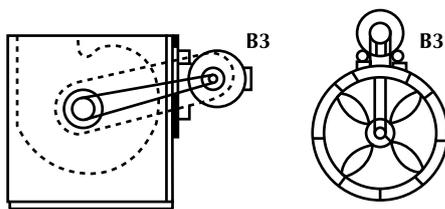


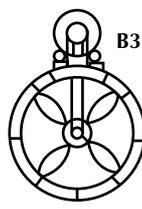
Fig. c



Volute en chaise

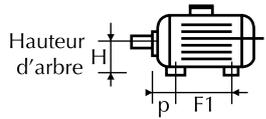


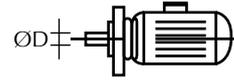
Volute cubique



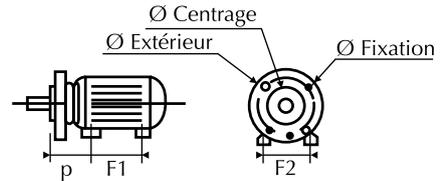
En virole

MOTEURS ÉLECTRIQUES

- B3** à pattes
 
- B5** à brides TLN (4 trous lisses normalisés) existe aussi en **B14** bride à 4 trous taraudés normalisés

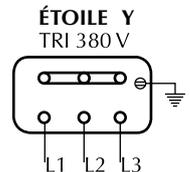
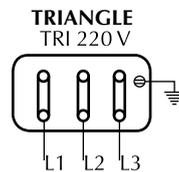


- B35** à pattes et brides TLN

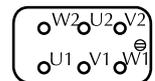
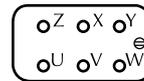


- Les MOTEURS ÉLECTRIQUES sont normalisés : En fonction des vitesses et de la puissance correspond une hauteur d'axe H, à laquelle correspond :
 - un diamètre d'arbre $\varnothing D$ et sa clavette
 - les axes de fixation des pattes (F1 et F2)
 - la position du 1^{er} trou de fixation par rapport à la portée de l'arbre (côte P)
 - la dimension des brides (\varnothing centrage, \varnothing fixation et trous, \varnothing extérieur)
 - les repérages de raccordement électrique
 - en 1992, la couleur des carcasses suivant alimentation et vitesses.

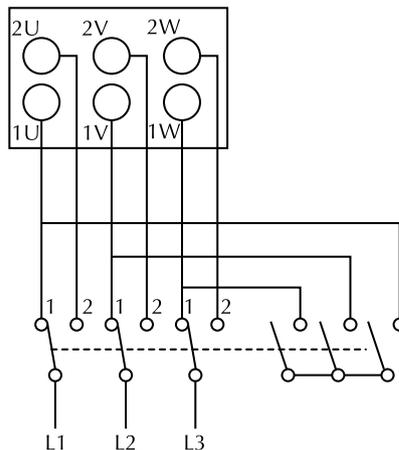
- Raccordement électrique d'un moteur TRI**



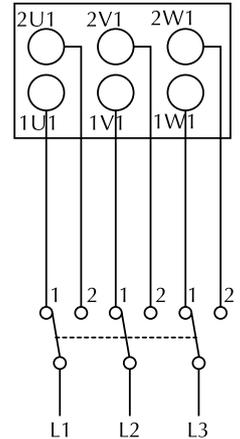
Différents repérages possibles



- Raccordement électrique d'un moteur à 2 vitesses DAHLANDER**



- Raccordement électrique d'un moteur à 2 vitesses bobinages indépendants**



INDICE DE PROTECTION DES MOTEURS ÉLECTRIQUES

IP *** degré de protection des enveloppes des matériels électriques jusqu'à 1 000 et 1 500 V = (norme UTE C 20 010)
Les indices de protection indiqués dans ce catalogue ont été mesurés en conditions normales d'utilisation.

IP	Tests	1 ^{er} chiffre : protection contre les corps solides	IP	Tests	2 ^e chiffre : protection contre les liquides	IP	Tests	3 ^e chiffre : protections mécaniques
0		Pas de protection	0			0		
1		Protégé contre les corps solides supérieurs à 50 mm (ex : contacts involontaires de la main)	1		Protégé contre les chutes verticales de gouttes d'eau (condensation)	1		Energie de choc : 0,225 joules
2		Protégé contre les corps solides supérieurs à 12 mm (ex : doigt de la main)	2		Protégé contre les chutes de gouttes d'eau jusqu'à 15° de la verticale	2		Energie de choc : 0,375 joules
3		Protégé contre les corps solides supérieurs à 2,5 mm (ex : outils, fils)	3		Protégé contre l'eau en pluie jusqu'à 60° de la verticale	3		Energie de choc : 0,500 joules
4		Protégé contre les corps solides supérieurs à 1 mm (ex : outils fins, petits fils)	4		Protégé contre les projections d'eau de toutes directions	4		Energie de choc : 2,00 joules
5		Protégé contre les poussières (pas de dépôt nuisible)	5		Protégé contre les jets d'eau de toutes directions à la lance	5		Energie de choc : 6,00 joules
6		Totalement protégé contre les poussières	6		Protégé contre les projections d'eau assimilables aux paquets de mer	6		Energie de choc : 20,00 joules
Les 2 premiers chiffres caractéristiques sont définis de façon identique par les normes U.T.E.C 20 010, C.E.L. 144 et 529 et DIN 40 050			7		Protégé contre les effets de l'immersion	Le 3 ^e chiffre caractéristique est défini par la norme française de l'U.T.E C 20 010. Il est en étude internationale à la C.E.E - I.E.C.		
			8		Protégé contre les effets prolongés de l'immersion sous pression			
			Les 2 premiers chiffres caractéristiques sont définis de façon identique par les normes U.T.E.C 20 010, C.E.L. 144 et 529 et DIN 40 050					

CLASSIFICATIONS

- Sécurité contre l'incendie
Classification des matériaux éléments de construction
Arrêté du 4 juin 1973

CLASSIFICATIONS	
M0	Incombustible
M1	Non inflammable
M2	Difficilement Inflammable
M3	Moyennement inflammable
M4	Facilement inflammable
M5	Très facilement inflammable

- Protections des personnes contre les contacts indirects.
Selon la norme NFC 71.110

CLASSE	Définition	Symbole
0	Isolation fonctionnelle sans dispositif de mise à la terre	
I	Isolation fonctionnelle + borne de terre	
II	Double isolation sans dispositif de mise à la terre	
III	Appareils alimentés en tension inférieure à 50 Volts	

Calcul et conception de **SYSTÈMES DE VENTILATION**

RENOUVELLEMENT DES LOCAUX EN GÉNÉRAL

- Le tableau suivant montre le nombre de renouvellement par heure (renouv/h), conseillé par la norme DIN 1946, en fonction du type de local.

Type de local	Renouv/h	Type de local	Renouv/h	Type de local	Renouv/h	Type de local	Renouv/h
Armoires à linge	4 à 6	Bureaux de réunion	6 à 8	Laveries	10 à 20	Salles de photocopie	10 à 15
Auditoriums	6 à 8	Douches	12 à 25	Locaux accumulateurs	5 à 10	Salles des machines	10 à 40
Salle de classe	5 à 7	Fonderies	8 à 15	Locaux d'aérogaphie	10 à 20	Salles de réunion	5 à 10
Bibliothèques	4 à 5	Garages	6	Locaux de décapage	5 à 15	Ateliers (altération nombreuses)	10 à 20
Cabines de peinture	25 à 50	Gymnases	4 à 6	Bureaux	4 à 8	Ateliers (altérations peu nombreuses)	3 à 6
Chambres blindées	3 à 6	Chambres	3 à 8	Piscines	3 à 4	Ateliers de montage	4 à 8
Cinémas, théâtres	5 à 8	Toilettes à domicile	4 à 5	Trempages	0 à 80	Ateliers de soudage	20 à 30
Cuisines ménagères	15 à 25	WC publiques/entreprises	8 à 15	Restaurants et casinos	8 à 12	Magasins	4 à 8
Cuisines collectives	15 à 30	Laboratoires	8 à 15	Salles de conférence	6 à 8	Teintureries	5 à 15
Salles de bains	5 à 7	Lamineurs	8 à 12	Salles d'attente	4 à 6	Vestiaires	6 à 8

PARCS DE STATIONNEMENT COUVERTS

Les parcs de stationnement couverts sont soumis aux règles suivantes :

- Tous parcs de 250 à 1000 véhicules et parcs d'ERP de 250 véhicules au plus : soumis aux prescriptions de l'arrêté - type 331 bis
- Parcs d'habitation de plus de 100 m² et 250 véhicules au plus : soumis à l'arrêté du 31 janvier 1986.

Principales prescriptions communes à tous les types de parcs cités ci-dessus

Ventilation mécanique	<ul style="list-style-type: none"> Obligatoire dans tous les niveaux situés au-dessous du niveau de référence (sauf si larges ouvertures à l'air libre)
Évacuation	<ul style="list-style-type: none"> Situées en partie haute Débit à extraire : 600 m³/h par place de véhicule Distance \geq 4 m entre évacuation d'air et emplacement du véhicule le plus proche
Amenée d'air	<ul style="list-style-type: none"> Situées en partie basse Limiter la vitesse d'air à 5 m/s Débit égal au débit extrait
Conduit	<ul style="list-style-type: none"> Chaque conduit ne peut desservir qu'un seul niveau Réalisé en matériau incombustible Coupe-feu 1/2 heure dans la traversée du parc Coupe-feu 2 heures dans la traversée d'autres locaux
Ventilateur	<ul style="list-style-type: none"> Agréé 200 °C / 2 h (F 200 120) ou 400 °C / 2 h (F 400 120) si distance < 4 m entre évacuation d'air et emplacement du véhicule le plus proche
Rejet	<ul style="list-style-type: none"> Situé à 8 m au moins de toit ouvrant ou prise d'air neuf.

RÉGLEMENTATION ATEX

La réglementation ATEX (ATmosphères EXplosibles) est issue de deux directives européennes (2014/34/UE ou ATEX 95 pour les équipements destinés à être utilisés en zones ATEX, et 1999/92/CE ou ATEX 137 pour la sécurité des travailleurs).

Elle s'applique en France en vertu du respect des exigences du Code du travail.

La réglementation dite ATEX demande à tous les chefs d'établissement de maîtriser les risques relatifs à l'explosion de ces atmosphères au même titre que tous les autres risques professionnels. Pour cela, une évaluation du risque d'explosion dans l'entreprise est donc nécessaire pour permettre d'identifier tous les lieux où peuvent se former des atmosphères explosives : il s'agit du DRPCE (Document relatif à la protection contre les explosions). Conformément à la directive 1999/92/CE et à l'article R.4227-50 du Code du travail, les emplacements ATEX doivent être subdivisés en zones : 0, 1 ou 2 pour les gaz, 20, 21 ou 22 pour les poussières.

- Zone 0 : atmosphère explosive consistant en un mélange avec l'air de substances inflammables sous forme de gaz, de vapeur ou de brouillard est présente en permanence, pendant de **longues périodes** ou fréquemment.
- Zone 1 : atmosphère explosive consistant en un mélange avec l'air de substances inflammables sous forme de gaz, de vapeur ou de brouillard est susceptible de se présenter **occasionnellement** en fonctionnement normal.
- Zone 2 : atmosphère explosive consistant en un mélange avec l'air de substances inflammables sous forme de gaz, de vapeur ou de brouillard n'est pas susceptible de se présenter en fonctionnement normal ou, si elle se présente néanmoins, elle n'est que de **courte durée**.
- Zone 20 : atmosphère explosive sous forme de nuage de poussières combustibles est présente dans l'air en permanence, pendant de **longues périodes** ou fréquemment.
- Zone 21 : atmosphère explosive sous forme de nuage de poussières combustibles est susceptible de se présenter **occasionnellement** en fonctionnement normal.
- Zone 22 : atmosphère explosive sous forme de nuage de poussières combustibles n'est pas susceptible de se présenter en fonctionnement normal, ou, si elle se présente néanmoins, elle n'est que de **courte durée**.

Une fois ces zones caractérisées et marquées, les décrets D2002-1553 et D2002-1554 du 24 décembre 2002 imposent l'utilisation de matériels spécifiques dans ces zones afin d'écartier tout risque d'explosion.

MARQUAGE DES MATÉRIELS ATEX

Depuis le 1^{er} juillet 2003, les nouveaux matériels installés doivent obligatoirement répondre aux exigences de la directive de 94/9/CE : la directive 94/9/CE concerne la conformité de l'installation d'un nouvel équipement dans son environnement industriel. Le marquage indiquant la conformité de cet équipement se décompose en plusieurs parties.

Exemple de marquage : II 2 G/D

- **II** : indique le lieu d'utilisation (I pour les mines, II pour les industries de surface telles la chimie et la pétrochimie)
- **2** : indique la catégorie : 1 pour du matériel implantable en zone 0 et 20 ou moins, 2 implantable en zone 1 et 21 ou moins et 3 implantable en zone 2 et 22
- **G/D** : indique le type de zone (G pour les zones gaz (0, 1, 2), D pour les zones poussières (20, 21, 22))

Pour le matériel électrique, un complément permet d'identifier le mode de protection : exemple : EEx d IIC T6.

- La première partie correspond au fait que l'équipement répond à la norme CENELEC (européenne). Le code Ex correspondant à la norme CEI (internationale).
- La deuxième partie est une ou plusieurs lettres comme « d » pour un appareil antidéflagrant, « e » pour sécurité augmentée, « ib » ou « ia » pour sécurité intrinsèque, mais aussi « m », « q »...

- La troisième partie indique le groupe de gaz :

Groupe	Gaz de référence	Énergie minimale d'inflammation
I	Méthane	300 µJ (300.10 ⁻⁶ J)
IIA	Propane	240 µJ (240.10 ⁻⁶ J)
IIB	Éthylène	70 µJ (70.10 ⁻⁶ J)
IIC	Dihydrogène et acétylène	17 µJ (17.10 ⁻⁶ J)

- Enfin la dernière partie est la température maximale de surface : T1 : 450 °C, T2 : 300 °C, T3 : 200 °C, T4 : 135 °C, T5 : 100 °C et T6 : 85 °C. Cela signifie, en cas d'incendie, pour une armoire T6 contenant des produits inflammables, que la température de cette armoire ne dépassera pas 85 °C. Le coût augmente avec la performance (de T1 pour le moins cher jusqu'à T6 pour le plus onéreux).

La directive 94/9/CE est remplacée par la nouvelle Directive ATEX 2014/34/EU qui a été publiée le samedi 29 mars 2014. Elle est applicable depuis le 20 avril 2016.

NATURE DES ATMOSPHÈRES EXPLOSIVES

- Les vapeurs de liquides inflammables : éthanol, acétone, toluène, kérosène, essence...
- Les gaz inflammables : méthane, propane, butane, sulfure d'hydrogène...
- Les nuages de poussières explosibles : maïs, farine, pulvérulents organique...
- Les brouillards de liquides inflammables : aérosol...

MODE DE PROTECTION

- Sécurité de construction «c» : appareils mécaniques à mouvement et friction reconnus sûrs pour éviter les échauffements et les étincelles. Installation possible en zones 1 et 21.
- Enveloppe anti-déflagrante «d» : une enveloppe résistante à l'explosion de son volume interne et ne transmettant pas cette explosion ; contient les pièces pouvant provoquer une inflammation. Installation possible en zones 1 et 21.
- Sécurité augmentée «e» : dispositif empêchant la production d'étincelles au niveau des connexions en assurant le maintien mécanique et les isolations nécessaires.
- Sécurité intrinsèque «i» : circuit qui, en conditions normales ou de défaut, ne peut produire d'étincelle ou d'échauffement suffisants pour provoquer l'inflammation de l'atmosphère explosive. Se décompose en 2 catégories, ia, ib correspondant au nombre de défauts que le circuit peut accepter (respectivement 2 et 1).
- Encapsulage «m» : les pièces de circuit pouvant enflammer l'atmosphère explosive sont enfermées dans un compound. Installation possible en zones 0 et 20.
- Concept produit «n» : circuit qui, en conditions normales et dans certaines conditions de défaut bien définies, ne peut produire l'inflammation de l'atmosphère explosive. Se décompose en 5 catégories : «nA» (protection contre le risque d'étincelle ou d'échauffement), «nC» (protection par étanchéité d'enveloppe empêchant la pénétration de l'atmosphère explosive), «nR» (Enveloppes construites de manière à réduire l'infiltration de gaz), «nL» (énergie limitée) et «nP» (maintien en surpression d'un gaz antidéflagrant). Installation possible en zone 2.
- Immersion «o» : les pièces pouvant provoquer une inflammation de l'atmosphère explosive sont immergées dans l'huile. Installation possible en zones 1 et 21.
- Surpression «p» : les pièces pouvant provoquer une inflammation de l'atmosphère explosive sont maintenues à une pression supérieure à la pression atmosphérique avec un gaz neutre. Installation possible en zones 1 et 21.
- Remplissage pulvérulent «q» : les pièces pouvant provoquer une inflammation de l'atmosphère explosive sont placées dans une enveloppe remplie de matériau pulvérulent (sable...). Installation possible en zones 1 et 21.

NOUVELLE DIRECTIVE ATEX

LE 1^{er} JUILLET 2003 : APPLICATION OBLIGATOIRE DE LA DIRECTIVE 94/9/CE

- Adoptée dans le cadre du marché unique, elle vise à rapprocher les législations des états-membres pour les appareils et les systèmes de protection destinés à être utilisés en atmosphères explosibles.
- Cette directive «nouvelle approche», dite directive ATEX est entrée en vigueur le 1^{er} septembre 1995. À compter du 1^{er} juillet 2003, tous les industriels concernés par la fabrication, l'utilisation ou la distribution de matériels devront se conformer aux exigences essentielles de sécurité et de santé prévues par la directive.
- Le champ d'application** de cette directive est très vaste, puisqu'il couvre tous les équipements, qu'ils soient électriques, mécaniques, hydrauliques ou pneumatiques.
- Cette directive prévoit notamment :
 - l'agrément par un organisme notifié non seulement du produit (par examen CE de type), mais également l'agrément du système d'assurance qualité de production de son fabricant.
 - l'apposition du marquage «CE» sur les étiquettes des différents produits. Ce marquage signifie que le produit répond aux directives «Nouvelle Approche» le concernant : directive ATEX, mais aussi le cas échéant directive Machines, directive Basse Tension...
 - la distinction entre les atmosphères explosives dues à la présence de gaz, vapeurs ou brouillard (code : G=Gaz) et les atmosphères explosives dues à la présence de mélanges d'air avec des poussières (code : D=Dust).
- Les procédures de certification des appareils pour ces 2 types d'atmosphères dangereuses seront différentes, et un marquage correspondant «G» ou «D» sera apposé sur l'étiquette de l'appareil certifié.
 - L'introduction de règles de conception et de fabrication visant à maximiser la sécurité des appareils, pour qu'ils puissent fonctionner de façon sûre pendant leur durée de vie prévisible : choix des composants, ouverture par un outil spécial, prévention contre la surcharge des appareils au moyen de limiteurs appropriés, protection contre les charges électrostatiques, les courants électriques parasites et les fuites, les échauffements inacceptables...
 - la prise en compte des conditions de fonctionnement des appareils : humidité, vibrations, pollution, tensions parasites...
 - L'application du principe de sécurité positive (fail-safe) aux dispositifs de sécurité, qui doivent agir directement sur les organes de contrôle concernés, sans être relayés par le logiciel.
- En quoi les utilisateurs sont-ils concernés ?**
La directive ATEX, avec son champ d'application plus large, permettra de trouver sur le marché des matériels et équipements clairement identifiés destinés aux ≠ emplacements à risques d'explosion dus aux poussières (zones 20, 21 et 22) et aux gaz et vapeurs inflammables (zones 0, 1 et 2).
- Que se passera-t-il après le 1^{er} juillet 2003 ? Tous les matériels électriques de sûreté devront-ils être remplacés par du matériel conforme à la directive ATEX ?**
Non, tous les matériels installés pourront subsister. Par contre les matériels neufs mis en vente à compter de cette date devront être conformes à la directive.

LE MARQUAGE DES PRODUITS

- Jusqu'au 1^{er} juillet 2003, 2 types de marquages coexisteront sur les étiquettes des appareils : le marquage CENELEC et le marquage ATEX.
- Exemple de marquage CENELEC : EEx, d, IIC, T6**
 - EEx** : le matériel répond aux modes de protection normalisés par le CENELEC
 - d** : mode de protection par enveloppe antidéflagrante
 - IIC** : groupe de gaz le plus sévère incluant l'hydrogène, l'acétylène et le bisulfure de carbone
 - T6** : classe de T °C correspondant à une température maximale de surface inférieure à 85 °C
- Exemple de marquage ATEX : CE, 0080, Ex, II, 2, G, Eex, d, IIC, T6**
 - CE** : Le matériel répond aux normes et directives européennes qui le concernent.
 - 0080** : N° d'identification de l'organisme notifié, lorsque celui-ci intervient dans la phase de contrôle de la production : 0080 = INERIS
 - Ex** : utilisation autorisée en atmosphère explosive. Libre circulation dans l'U.E.
 - II** : Groupe d'appareils : (I = mines, II = industries de surface)
 - 2** : catégorie d'appareils : 1 = risque permanent (zone 0 et 20), 2 = risque fréquent (zone 1 et 21), 3 = risque occasionnel (zone 2 et 22)
 - G** : G = gaz et vapeur, D = poussière
 - EEx** : le matériel répond aux modes de protection normalisés par le CENELEC
 - d** : mode de protection par enveloppe antidéflagrante
 - IIC** : groupe de gaz le plus sévère incluant l'hydrogène, l'acétylène et le bisulfure de carbone
 - T6** : classe de températures correspondant à une température maximale de surface inférieure à 85 °C
- Signification des suffixes X et U**
Le marquage de certains produits contient parfois, à la fin de la référence du certificat, la lettre X ou la lettre U :
 - X** : ce symbole signifie que le produit est soumis à des conditions spéciales pour une utilisation sûre.
Il faut alors se référer au certificat lui-même pour connaître la nature de ces conditions spéciales.
 - U** : ce symbole signifie que le certificat concerne un composant Ex (partie de matériel). Ce produit ne peut pas être utilisé isolément.

DÉTERMINATION DU MATÉRIEL selon la Directive ATEX applicable au 01/07/2003

Appareils pour industries de surface Groupe II – Directive ATEX						
Zone	0	20	1	21	2	22
Nature de l'atmosphère	G gaz	D poussières	G gaz	D poussières	G gaz	D poussières
Atmosphère explosive	Présence permanente		Présence intermittente		Présence épisodique	
Catégorie des appareils pouvant être utilisés selon 94/9/CE du 23/03/94	1		2		3	

	Catégorie d'appareils	Substances inflammables	Niveaux de protection	Protections, défauts	Comparaison avec pratique actuelle et CEI
Groupe d'appareils I (mines)	M1	Méthane, Poussières	Très haut niveau	2 moyens de protection ou 2 défauts indépendants	Groupe I
	M2	Méthane Poussières	Haut niveau	1 moyen de protection Fonctionnement normal	Groupe I
Groupe d'appareils II (surfaces)	1	Gaz, vapeurs, brouillards, poussières	Très haut niveau	2 moyens de protection ou 2 défauts indépendants	Groupe II Z 0 (Gaz) Z 20 (Poussière)
	2	Gaz, vapeurs, brouillards, poussières	Haut niveau	1 moyen de protection dérangement usuel et fréquent	Groupe II Z 1 (Gaz) Z 21 (Poussière)
	3	Gaz, vapeurs, brouillards, poussières	Normal	Niveau de protection requis	Groupe II Z 2 (Gaz) Z 22 (Poussière)

NOUVELLE DIRECTIVE ATEX

QUESTIONNAIRE À ENVOYER EN ANNEXE À LA DEMANDE D'OFFRE POUR VENTILATEURS ANTI-ÉTINCELLE CONFORMES À LA DIRECTIVE 94/9/CE ATEX

Nous vous prions de bien vouloir remplir le questionnaire suivant, cochant d'une croix l'une des possibilités de choix.
Lire pour chaque question la note de détail correspondante.
Pour les questions 4 et 5, indiquer la valeur de la grandeur demandée.

Date : ... / ... / ...

Référence :

Client :

Article :

1. Le ventilateur sera-t-il installé dans une zone classée à risque d'explosion ¹⁾ ?

Oui Non

2. Si oui, à quelle classe la zone appartient-elle ²⁾ ?

Zone 0 (1G) Zone 1 (2G) Zone 2 (3G)

Zone 20 (1D) Zone 21 (2D) Zone 22 (3D)

3. L'atmosphère explosible est-elle présente ³⁾ ?

- À l'intérieur du ventilateur

- À l'extérieur du ventilateur

- Tant à l'intérieur qu'à l'extérieur du ventilateur

4. Température maximale du fluide aspiré par le ventilateur en °C ⁴⁾ :

5. Température ambiante maximale du lieu d'installation du ventilateur en °C ⁵⁾ :

6. Débit d'air en m³/h :

7. Perte de charge en Pa :

NOTES DE DÉTAIL :

¹⁾ Si le ventilateur est installé dans une zone classée, l'anti-étincelle type «C» n'est plus approprié. Si le ventilateur est installé dans une zone non classée, il ne doit pas être conforme à la directive ATEX et peut donc être fourni avec l'anti-étincelle type «C», selon les normes AMCA.

²⁾ Les zones 0, 1 et 2 indiquent la présence d'air mélangé avec des gaz, des vapeurs ou des brouillards. Les zones 20, 21 et 22 indiquent la présence d'air mélangé avec des poussières. La valeur entre parenthèses indique la correspondance avec la catégorie indiquée dans la directive ATEX.

³⁾ Il est nécessaire de préciser où se trouve l'atmosphère explosible pour pouvoir définir avec précision les caractéristiques de construction devant être adoptées. Si l'atmosphère explosible est également présente à l'extérieur du ventilateur, il faut respecter des dispositions supplémentaires. Tous les ventilateurs étant pourvus d'une garniture en silicone; dans la demande, les éventuelles incompatibilités de la garniture avec les caractéristiques de l'installation devront être précisées.

⁴⁾ Il est nécessaire de préciser la température du fluide en entrée car la directive ATEX se rapporte à des ventilateurs fonctionnant avec une température de -20 °C à 60 °C. La température maximale de 60 °C doit être relevée à la sortie du ventilateur; cette donnée est obtenue sur la base de la température en entrée, du type de ventilateur et des caractéristiques de ce dernier. Pour des températures supérieures, il s'impose d'adopter des systèmes en mesure de ramener les T °C dans les limites ou bien d'évaluer avec l'utilisateur final (par une analyse des risques approfondie) l'éventuelle existence de risques supplémentaires consécutifs à la température de fonctionnement. La directive prévoit également une limite relative à la pression de refoulement totale du ventilateur, cette dernière ne devant pas dépasser la valeur de 10 kPa, alors que la pression d'aspiration totale ne devra pas être supérieure à 20 kPa.

⁵⁾ Les considérations contenues au point 4 sont également valables en ce qui concerne la T °C ambiante dans laquelle le ventilateur sera installé.