

## Krantz Komponenten

Critères de conception  
pour le confort thermique

**Systèmes de distribution d'air**

**Durrer-technik**

*Krantz*

# Critères de conception

## pour le confort thermique

### Catégories de confort thermique

En ce qui concerne le confort thermique dans les installations de confort, la norme européenne EN ISO 7730 (en Allemagne DIN EN ISO 7730) définit trois catégories de climat intérieur pour lesquelles un certain pourcentage d'insatisfaits (PPD) n'est pas atteint, conformément aux attentes. Il est tenu compte du fait que l'insatisfaction peut être due aussi bien à des vitesses d'air ambiant trop élevées (risque de courant d'air DR en %) qu'à une différence de température verticale trop importante, à une asymétrie de température de rayonnement trop élevée et à des températures de sol désagréables. Les trois catégories sont présentées dans le tableau 1.

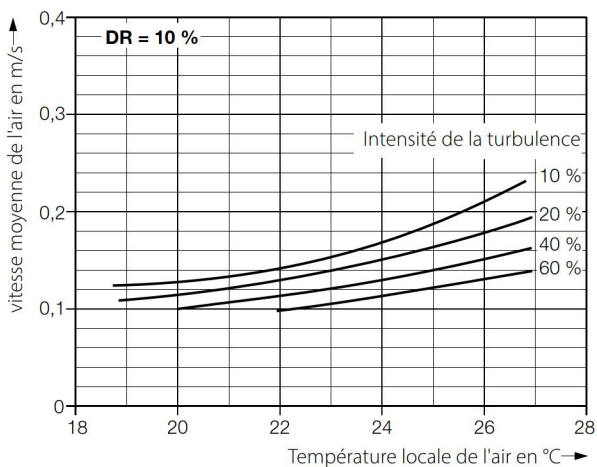
Catégorie	PPD %	DR %	% d'insatisfaits de		
			la différence verticale de température de l'air	l'asymétrie de la température de rayonnement	la température du sol
A	< 6	< 10	< 3	< 5	< 10
B	< 10	< 20	< 5	< 5	< 10
C	< 15	< 30	< 10	< 10	< 15

**Tableau 1: Trois catégories de climat intérieur**

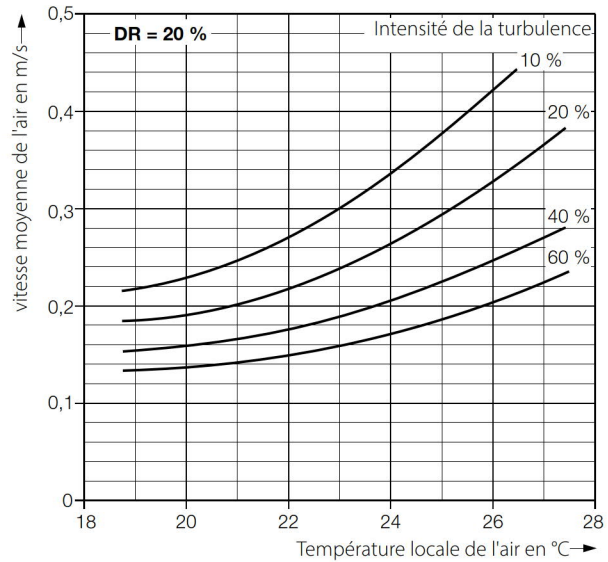
Ainsi, dans la catégorie A, on peut s'attendre à ce que moins de 6 % des personnes soient insatisfaites du confort thermique, c'est-à-dire du climat ambiant. Cette condition est remplie lorsque le risque de courant d'air DR est < 10 %, que l'insatisfaction concernant la différence verticale de température de l'air est < 3 %, que l'asymétrie de la température de rayonnement est < 5 % et que la température du sol est < 10 %. Les quatre critères doivent être remplis simultanément pour chaque catégorie. La catégorie à respecter est convenue entre le concepteur et le client. Les critères individuels peuvent être évalués comme suit:

### Vitesses de l'air ambiant ou risque de courants d'air

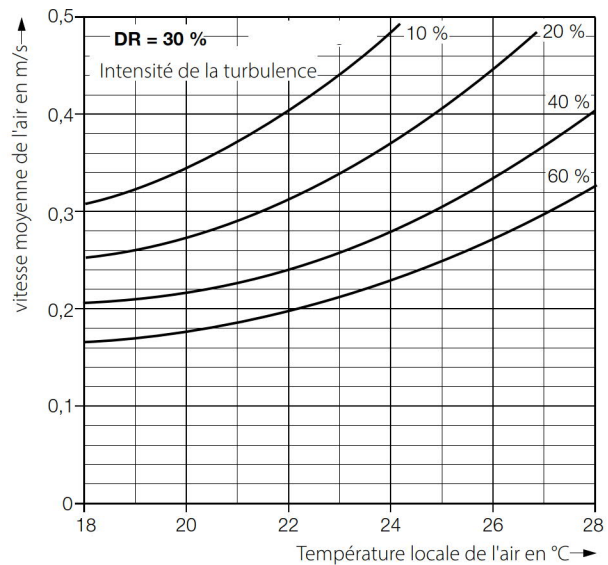
Les vitesses maximales admissibles de l'air ambiant pour respecter la catégorie A, B ou C correspondante sont indiquées dans les Figures 1 à 3. La catégorie A correspond à une valeur DR de 10 % (DR = Draught Rating = risque de courant d'air), la catégorie B à une valeur DR de 20 % et la catégorie C à une valeur DR de 30 %.



**Figure 1: Vitesses moyennes admissibles de l'air ambiant selon DIN EN ISO 7730 pour la catégorie A, correspondant à un risque de courant d'air de 10 %**



**Figure 2: Vitesses moyennes admissibles de l'air ambiant selon DIN EN ISO 7730 pour la catégorie B, correspondant à un risque de courant d'air de 20 %**



**Figure 3: Vitesses moyennes admissibles de l'air ambiant selon DIN EN ISO 7730 pour la catégorie C, correspondant à un risque de courant d'air de 30 %**

# Critères de conception

## pour le confort thermique

En règle générale, la catégorie A ne peut être atteinte pour des charges de refroidissement > 50 W/m<sup>2</sup> qu'avec des systèmes de plafonds rafraîchissants de type plafonds rafraîchissants rayonnants en combinaison avec un système de ventilation qui assure le renouvellement de l'air extérieur nécessaire à l'hygiène.

Pour le choix du intensité de turbulence, l'expérience montre que les systèmes de déplacement d'air peuvent être considérés comme ayant un taux de 20 % et les systèmes d'air mélangé turbulent comme ayant un taux de 40 %. On obtient alors les vitesses maximales de l'air ambiant présentées dans le **tableau 2** pour une température ambiante de conception habituelle de 26 °C (selon DIN EN 15251).

Catégorie	d'air mélangé turbulent m/s	déplacement d'air m/s
A	0,15	0,18
B	0,25	0,32
C	0,33	0,45

**Tableau 2: Vitesses maximales admissibles de l'air ambiant en fonction du système de ventilation et de la catégorie de l'installation**

Tant la norme DIN EN ISO 7730 que la norme DIN EN 15251 indiquent qu'en cas de températures ambiantes supérieures à 26 °C, une augmentation de la vitesse de l'air ambiant est autorisée à des fins de compensation. Cela n'est toutefois valable qu'à condition que l'utilisateur puisse adapter lui-même le mouvement d'air accru (par ex. pour les ventilo-convecteurs ou les appareils décentralisés en façade).

## Températures

### Température ambiante

Dans la zone de séjour, il faut tenir compte de l'interaction entre la température de l'air et la température de rayonnement des surfaces environnantes. C'est notamment le cas lors de l'utilisation de plafonds rafraîchissants et de façades vitrées de grande surface. La température locale  $\vartheta_o$  est appelée température ambiante opérationnelle ou ressentie et est déterminée selon l'équation approximative suivante;

$$\vartheta_o = \frac{1}{2} (\vartheta_a + \vartheta_r)$$

$\vartheta_o$  = Température ambiante opérationnelle

$\vartheta_a$  = Température de l'air dans la pièce

$\vartheta_r$  = Température moyenne de rayonnement

$\vartheta_r$  est calculée à partir des températures de surface des surfaces entourant la pièce et des angles de rayonnement par rapport au point de la pièce considéré (en général le poste de travail). Plus le poste de travail est proche de la façade, plus l'influence de sa température sur la température ambiante opérationnelle ou perçue est importante.

La température ambiante opérationnelle est également échelonnée en fonction de la catégorie de l'installation. Le **tableau 3** s'applique aux immeubles de bureaux, aux salles de conférence ainsi qu'aux auditoriums, restaurants et salles de classe.

Catégorie	Température opérationnelle en °C	
	Été (période de refroidissement)	Hiver (période de chauffage)
A	24,5 ± 1,0	22,0 ± 1,0
B	24,5 ± 1,5	22,0 ± 2,0
C	24,5 ± 2,5	22,0 ± 3,0

**Tableau 3: Plages autorisées de température ambiante opérationnelle**

Sauf accord contraire, la température ambiante opérationnelle définie s'applique à une zone située au centre de la pièce, à une hauteur de 0,6 m au-dessus du sol.

### Asymétrie de la température de rayonnement

L'asymétrie de la température de rayonnement influence également le confort. L'inconfort apparaît lorsque les températures de surface des surfaces entourant la pièce diffèrent trop les unes des autres. Les surfaces actives de refroidissement ou de chauffage influencent ces dernières et peuvent être utilisées pour compenser des différences trop importantes, par exemple par rapport aux façades. Il convient également de noter que l'être humain ressent différemment des valeurs identiques d'asymétrie de la température de rayonnement dans différentes situations. Un plafond chaud est par exemple perçu comme beaucoup plus désagréable qu'un plafond froid.

Les valeurs limites admissibles pour l'asymétrie de la température de rayonnement découlent de ces connaissances dans la norme DIN EN ISO 7730 (**tableau 4**).

Catégorie	Asymétrie de la température de rayonnement en K			
	plafond chaud	mur froid	plafond froid	mur chaud
A	< 5	< 10	< 14	< 23
B	< 5	< 10	< 14	< 23
C	< 7	< 13	< 18	< 35

**Tableau 4: Valeurs limites de l'asymétrie de la température de rayonnement selon la norme DIN EN ISO 7730**

Si ces valeurs ne sont pas dépassées, le pourcentage admissible d'insatisfaits de l'asymétrie de la température de rayonnement est respecté, selon le **tableau 1** est respecté.

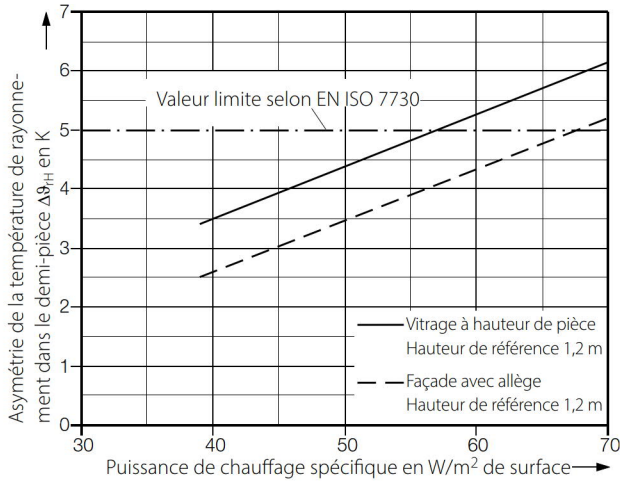
En cas d'utilisation de plafonds froids, la valeur limite de 14 ou 18 K n'est jamais atteinte dans la pratique, car la condensation se formerait déjà bien plus tôt.

Si les plafonds froids sont utilisés à des fins de chauffage, il n'y a en général pas de restriction du confort jusqu'à une puissance de chauffage de 55 - 65 W/m<sup>2</sup> (**figure 4**). Pour plus de détails, voir la TB 87.

Il convient de noter que l'asymétrie de la température de rayonnement est calculée avec les températures de surface correspondantes des murs, du plafond et du sol et avec les angles de rayonnement. Ce dernier dépend de la position assise considérée. En règle générale, on vérifie si le poste de travail le plus proche de la façade répond aux critères.

# Critères de conception

## pour le confort thermique



**Figure 4: Asymétrie de la température de rayonnement dans le demi-pièce  $\Delta\theta_{RH}$  (Plafond/sol) à une distance de 1 m de la façade en cas d'utilisation de plafonds rafraîchissants pour le chauffage**

### Différence de température de l'air verticale

La norme DIN EN ISO 7730 autorise, selon la catégorie de confort thermique, la différence de température de l'air verticale maximale suivante entre 1,1 m et 0,1 m au-dessus du sol (tableau 5). Cela correspond à peu près à la zone entre la tête et les pieds d'une personne assise.

Catégorie	Différence de température de l'air verticale en K
A	< 2
B	< 3
C	< 4

**Tableau 5: Différence de température de l'air verticale admissible selon DIN EN ISO 7730**

Si cette condition est remplie, le pourcentage admissible d'insatisfaits de la différence de température verticale est respecté conformément au Tableau 1.

Les valeurs limites pour la différence de température de l'air verticale n'ont pas d'importance pour la ventilation mixte turbulente et pour le plafond froid en mode refroidissement, car elles sont toujours largement inférieures à ces valeurs. Pour la ventilation à déplacement d'air et le plafond froid en mode chauffage, il faut toutefois veiller à un éventuel dépassement. Les valeurs empiriques suivantes s'appliquent à cet effet : En cas de ventilation à déplacement d'air, la charge de refroidissement spécifique ne devrait pas dépasser 45 W/m<sup>2</sup> pour la catégorie A et 55 W/m<sup>2</sup> pour la catégorie B.

Pour les plafonds froids en mode chauffage, la puissance de chauffage spécifique par m<sup>2</sup> de surface au sol ne devrait pas dépasser 50 W/m<sup>2</sup> en catégorie A et 70 W/m<sup>2</sup> en catégorie B. Si, en même temps que le plafond froid, un système de ventilation avec mélange turbulent d'air provenant du plafond ou avec des diffuseurs giratoires au sol est en service, la puissance de chauffage autorisée passe à 100 W/m<sup>2</sup> de surface de plancher.

### Température du sol

Le tableau 6 indique les valeurs admissibles pour la température de surface du sol, en fonction de la catégorie de confort thermique.

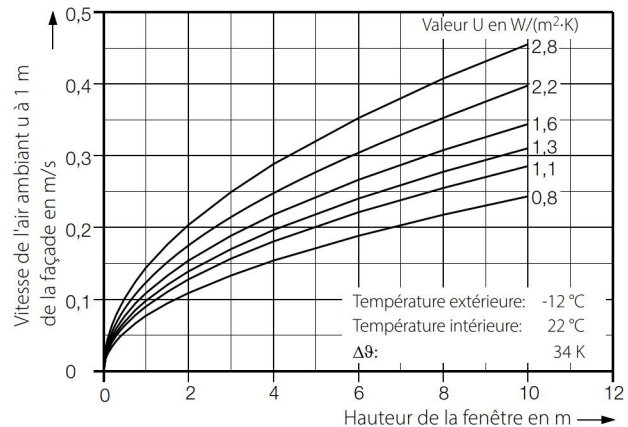
Catégorie	Température de surface admissible du sol en °C
A	19 – 29
B	19 – 29
C	17 – 31

**Tableau 6: Température de surface admissible du sol selon la norme DIN EN ISO 7730**

Les installations de traitement de l'air n'ont que peu d'influence sur la température de surface du sol.

### Chute d'air froid sur les façades

Sur les façades vitrées présentant des coefficients de transmission thermique trop élevés  $U > 1,6 \dots 2 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$  ou de grande hauteur, un inconfort dû à la chute d'air froid est à craindre. Le flux d'air froid est dévié au niveau du sol et pénètre dans la zone de séjour. La figure 5 montre à cet effet les vitesses de l'air ambiant  $u$  en fonction de la hauteur des fenêtres/façades.



**Figure 5: Vitesses de l'air ambiant  $u$  au-dessus du sol en raison de la chute d'air froid sur les façades vitrées**

La chute d'air froid peut être évitée efficacement sur les façades hautes par des installations de soufflage de fenêtres ou des systèmes de chauffage de façade, et également par des radiateurs et des climatiseurs d'allège pour.

# Critères de conception

## pour le confort thermique

### Respect des vitesses d'air ambiant autorisées

#### Ventilation mélangé turbulent

Le respect des vitesses d'air ambiant admissibles selon les figures 1 à 3 dépend essentiellement des grandeurs physiques suivantes:

1. Différence de température maximale entre l'air pulsé et l'air ambiant  $\Delta\theta_{\max}$  en cas de refroidissement.
2. Charge de refroidissement spécifique par  $m^2$  de surface au sol.

Les critères limites suivants s'appliquent aux diffuseurs d'air de la ventilation turbulente mixte de Krantz-Durrer:

#### 1. Différence de température maximale

Diffuseur giratoire Diffuseur radial Diffuseur radial à lamelles Diffuseur éventail	$\Delta\theta_{\max} = -12 \text{ K}$
Diffuseur à induction Opticlean Diffuseur à pulsion giratoire de sol	$\Delta\theta_{\max} = -10 \text{ K}$

**Tableau 7: Diffuseurs d'air qui créent un flux d'air ambiant tridimensionnel diffus dans la pièce sans rouleaux d'air ambiant**

Diffuseur éventail à jet large Diffuseur mural à fentes	$\Delta\theta_{\max} = -10 \text{ K}$
Diffuseur tourbillonnaire linéaire Buse à grande portée	$\Delta\theta_{\max} = -8 \text{ K}$

**Tableau 8: Diffuseurs d'air qui créent un flux d'air ambiant bidimensionnel diffus dans la pièce avec rouleaux d'air ambiant**

Les convecteurs actifs de refroidissement du plafond génèrent également un flux d'air ambiant bidimensionnel et peuvent être utilisés comme indiqué sous  $\Delta\theta_{\max} = -8 \text{ K}$ .

La figure 6 illustre la conversion de la puissance frigorifique spécifique en débit volumique d'air spécifique en fonction de la différence de température entre l'air pulsé et l'air repris.



**Figure 6: Relation entre la puissance frigorifique spécifique, Différence de température et débit d'air spécifique**

#### 2. Puissance de refroidissement spécifique maximale

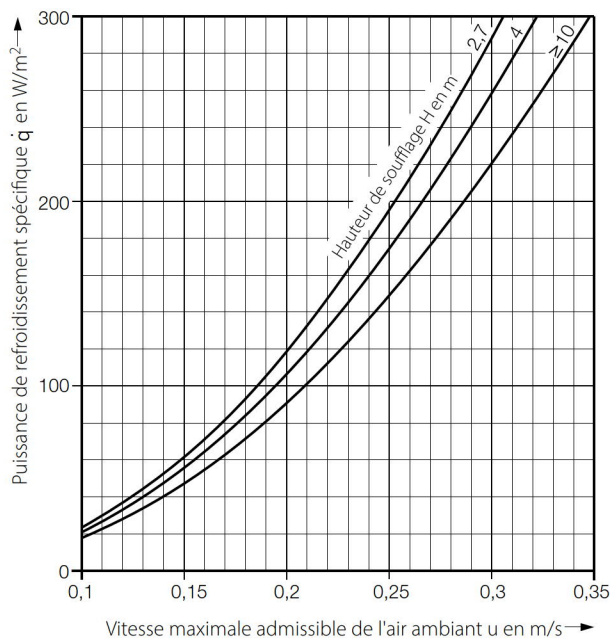
La puissance de refroidissement spécifique maximale dépend du système de ventilation choisi (flux d'air ambiant bidimensionnel ou tridimensionnel, voir chapitre précédent), de la vitesse maximale admissible de l'air ambiant et de la hauteur de soufflage. La vitesse de l'air ambiant autorisée est alors

- soit à la figure 1 à 3 pour les installations de confort,
- soit de la figure 9 pour les installations industrielles,
- soit de l'accord particulier entre le concepteur et le client.

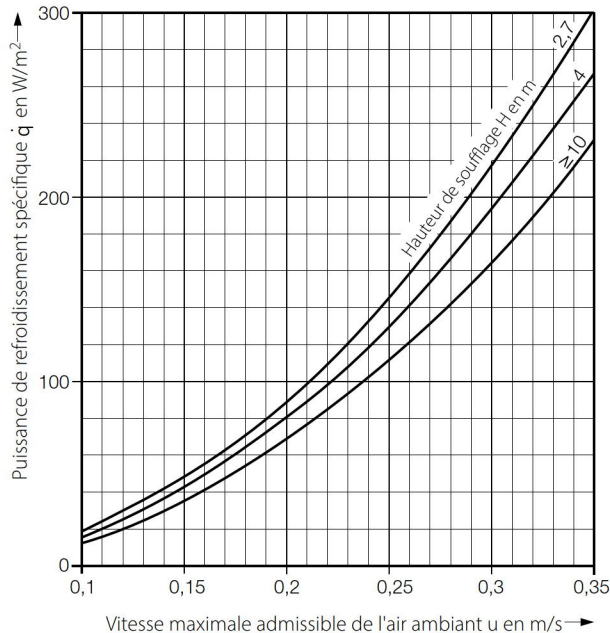
Les dépendances des vitesses de l'air ambiant sont représentées dans la figure 7 pour un flux d'air ambiant tridimensionnel et dans la figure 8 pour un flux d'air ambiant bidimensionnel.

# Critères de conception

## pour le confort thermique



**Figure 7:** Flux d'air diffus tridimensionnel, par ex. diffuseur giratoire, diffuseur radial, diffuseur radial à lamelles, diffuseur éventail, diffuseur à induction et Opticlean



**Figure 8:** Flux d'air diffus bidimensionnel pour diffuseurs muraux, par ex. diffuseur tourbillon linéaire, diffuseur mural à fentes, diffuseur éventail à jet large, buse à grande portée, diffuseur d'allège, ainsi que pour convecteur actif de refroidissement de plafond

### Exemple de calcul:

Pour un immeuble de bureaux d'une hauteur sous plafond de 2,7 m, une puissance de refroidissement spécifique de 90 W/m<sup>2</sup> de surface au sol est nécessaire. Des diffuseurs d'air du type diffuseur linéaire à tourbillon doivent être utilisés. La catégorie B selon la norme DIN EN ISO 7730 doit être respectée. Pour une température ambiante de dimensionnement de 24 °C et une intensité de la turbulence de 40 %, la vitesse maximale admissible de l'air ambiant est de 0,21 m/s (figure 2). Selon la figure 8 pour le flux d'air bidimensionnel la limite est de 100 W/m<sup>2</sup> afin de respecter la catégorie B requise pour les vitesses de l'air ambiant.

Selon le tableau 8, on obtient pour le diffuseur linéaire à tourbillon une différence de température maximale entre l'air pulsé et l'air ambiant de -8 K. Selon la figure 6, cela conduit à un débit d'air soufflé spécifique de 34 m<sup>3</sup>/(h·m<sup>2</sup>) de surface de sol pour une puissance frigorifique requise de 90 W/m<sup>2</sup> de surface de sol.

Si un diffuseur éventail à jet large est utilisé à la place d'un diffuseur à tourbillon linéaire, la différence de température possible passe de -8 K à -10 K (tableau 8). En conséquence, le débit d'air spécifique requis passe de 34 m<sup>3</sup>/(h·m<sup>2</sup>) à 27 m<sup>3</sup>/(h·m<sup>2</sup>) Surface du sol.

### Flux de refoulement à faible turbulence

Pour le flux de refoulement à faible turbulence (généralisé par les diffuseurs à déplacement d'air et diffuseurs de refoulement), les critères de sélection sont différents, d'autres critères de conception s'appliquent, qui sont décrits pour les différents types de ces diffuseurs d'air de composants Krantz. La zone proche est définie en premier lieu, dans laquelle - pour des raisons physiques - les vitesses d'air sont plus élevées.

Le diffuseur à déplacement d'air rond VA-ZD fait exception à cette règle lorsqu'il est placé au-dessus de la zone de séjour. Dans ce cas, les critères de conception de la figure 7 peuvent être appliqués pour un soufflage horizontal.

# Critères de conception

## pour le confort thermique

Pour les installations industrielles, les vitesses d'air ambiant autorisées sont définies dans la norme VDI 3802 (Installations de ventilation pour les ateliers de fabrication). La figure 9 définit les vitesses moyennes admissibles de l'air ambiant en fonction du niveau d'activité et de l'habillement, mais indépendamment du degré de turbulence. Le type de revêtement ou sa résistance à la conductivité thermique est exprimé en clo.

Cela signifie :

0,6 clo: vêtement de travail léger (chemise)

0,9 clo: vêtement de travail normal

1,3 clo: vêtement de travail lourd (veste de protection)

Les niveaux d'activité suivants s'appliquent dans les bâtiments industriels:

Niveau d'activité II: 1,5 met  $\hat{=}$  150 W

(travaux légers en position debout, activité de laboratoire)

Niveau d'activité III: 2 met  $\hat{=}$  200 W

(activité modérément pénible en position debout)

Niveau d'activité IV: 2,5 met  $\hat{=}$  250 W

(activité lourde en position debout)

Par exemple, dans un hall industriel, à

- température de l'air ambiant 26 °C

- Niveau d'activité III (2 met)

- revêtement 0,9 clo

des vitesses de l'air ambiant jusqu'à 0,41 m/s maximum sont autorisées.

Pour une température ambiante de 28 °C - et toutes autres conditions étant égales par ailleurs - les vitesses de l'air ambiant doivent être de 0,45 m/s au maximum.

En particulier dans les halls à refroidissement libre (c'est-à-dire sans machines frigorifiques), la température ambiante peut dépasser 30 °C en été, ce qui facilite l'évacuation de la chaleur du corps par une augmentation de la vitesse de l'air ambiant.

En outre, comme le niveau d'activité des employés dans les secteurs industriels peut varier, même dans le même hall de production, il convient d'utiliser autant que possible des diffuseurs de refoulement réglables individuellement.

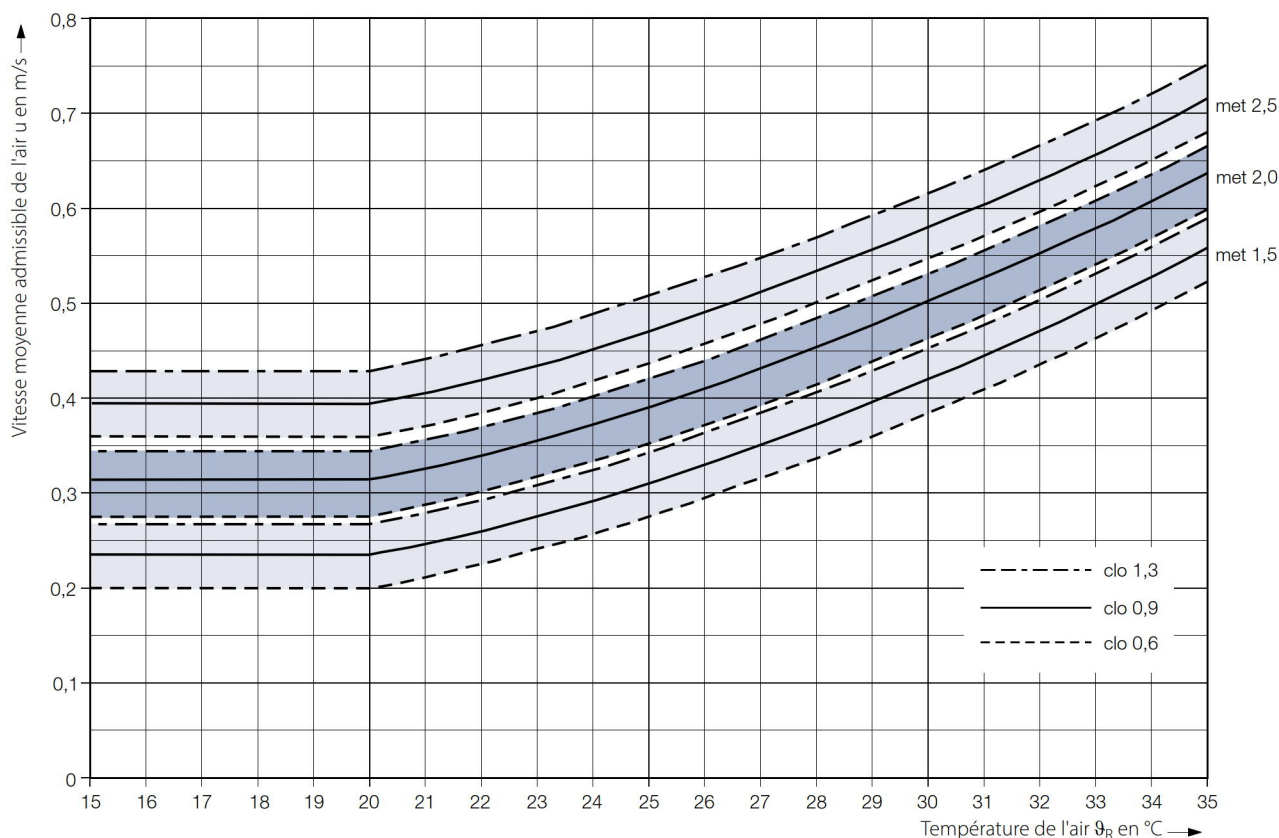


Figure 9: Vitesses moyennes admissibles de l'air ambiant dans les ateliers de fabrication selon VDI 3802

