

Résumé de Cours: Ambiances physiques

I. Ambiances thermiques

Noura Abdesselam

9/3/2020

Dans un environnement et avec une tenue vestimentaire donnée, un individu peut avoir « trop chaud », « trop froid » ou « être bien ». L'ambiance thermique est un facteur de condition de travail jouant un rôle important sur la santé, la sécurité et le confort des travailleurs. Cela concerne aussi bien les situations de chaleur ainsi que les situations de froid

Introduction

L'ambiance thermique est un facteur de condition de travail jouant un rôle important sur la santé, la sécurité et le confort des travailleurs. Cela concerne aussi bien les situations de chaleur ainsi que les situations de froid.

Les ambiances physiques d'inconfort sont très courantes en milieu professionnel. On exprime assez facilement et spontanément les sensations éprouvées face à l'ambiance thermique à laquelle on est soumis : sensation de chaleur, d'étouffement et de froid, associés à des effets caractéristiques tels que la transpiration, le frissonnement... Ces premiers symptômes doivent attirer l'attention du médecin du travail et du responsable Hygiène Sécurité Environnement et conduire à une analyse complète.

L'évaluation du risque ambiance thermique au poste de travail est une étape délicate. La réglementation impose à l'employeur d'assurer la protection de ses employés à travers une analyse des risques annuels ou lors de toute modification du poste de travail et du code du travail. Le facteur ambiance thermique doit être ainsi pris en compte évalué et maîtrisé.

1. Notions de base sur les ambiances thermiques.

1.1. L'homéothermie

1.1.1. Définition :

L'homme est un homéotherme, c-à-d que sa température centrale est stabilisée à environ 37°C, en dépit des variations de la température extérieure. Il s'agit d'un équilibre entre la thermogénèse (production de chaleur) et la thermolyse (perte de chaleur).

Cet équilibre permet les performances biologiques, mentales et physiques optimales. Le centre de la thermorégulation se situe dans l'hypothalamus.

1.1.2 Thermogénèse : production de chaleur

C'est la somme des chaleurs produites par l'organisme à savoir :

- Le métabolisme de base :
Dépense énergétique de l'organisme à la température de neutralité thermique ou à l'état de repos.
- L'exercice musculaire :
Dépense énergétique dû à l'activité de travail.
- Les métabolismes ajoutés :
Particulièrement la digestion

1.1.3 Thermolyse : perte de chaleur

La thermolyse correspond aux échanges de chaleur entre l'organisme et l'environnement. Ce sont, en général, des mécanismes qui permettent à l'organisme d'évacuer la chaleur excédentaire à condition que l'environnement le permette.

Quand l'environnement est défavorable (taux d'humidité important, absence de ventilation...), ces mécanismes ne sont plus efficaces et entraînent un stockage de la chaleur excédentaire pouvant engendrer des pathologies.

Il existe 4 types de mécanismes quantifiables, permettant d'évaluer la contrainte thermique s'exerçant sur l'opérateur :

- a- La conduction
- b- La convection
- c- Le rayonnement (R)
- d- L'évaporation (E)

1.1.4. Le bilan thermique et Evaporation requise (Ereq)

Le bilan thermique correspond à l'ensemble des échanges de chaleur subit par l'organisme

$$\text{Bilan} = M \pm R \pm C - E$$

M représente le métabolisme énergétique général de l'organisme, comprenant le métabolisme de base et le métabolisme d'exercice

Selon diverses conditions, le bilan peut être :

- Supérieur à 0 : L'organisme est en hyperthermie
- Egal à 0 : L'opérateur se situe dans une zone de neutralité thermique.
- Inférieur à 0 : L'organisme est en hypothermie

1.2. Lutte physiologique contre les ambiances chaudes

1.2.1. La vasodilatation

1.2.2. La sudation

1.2.3. L'acclimatation

1.3. Lutte physiologique contre les ambiances froides

1.3.1. Le frissonnement

1.3.2. La vasoconstriction

1.2.3 Augmentation du métabolisme de base

1.4. Pathologies liées aux ambiances chaudes et froides

.D'une manière générale, les effets dus aux contraintes thermiques chaudes ou froides sont accompagnés d'une diminution des capacités mentales et physiques des opérateurs.

1.4.1. Ambiance chaude

- Augmentation du rythme des battements du cœur entraînant un risque de syncope,
- Déficit en eau et en sels consécutifs à une transpiration excessive. Ceci entraîne une augmentation de la température du corps ainsi que fatigue, vertiges, nausées ;
- Affection cutanée : brûlure, rougeur ;
- Coup de chaleur avec perte de connaissance pouvant entraîner la mort (appelé syncope de chaleur).

1.4.2. Ambiance froide

- Chute de la dextérité articulaire
- Pâleur extrême due à une faible irrigation sanguine de la peau
- Gelures
- Baisse de la température (hypothermie) pouvant conduire à une atteinte du système nerveux et des perturbations respiratoires
- Augmentation de la pression artérielle et des risques d'accident cardiaque (lié à la vasoconstriction).

2. Méthodes d'analyses des ambiances chaudes

2.1. Confort thermique et neutralité thermique

2.1.1. Neutralité thermique

Elle correspond à une zone d'ambiance thermique pour laquelle on ne mobilise aucun mécanisme de lutte contre le froid ou le chaud.

2.1.2. Confort thermique

C'est une appréciation subjective. Ainsi, la notion de confort est équivalente pour les trois exemples suivants :

Ambiances physiques

Température	40°C	32°C	28°C
Humidité	26%	68%	100%
Vitesse de l'air	1 mètre par seconde	0,1 mètre par seconde	nulle

Tant que les mécanismes physiologiques de lutte sont suffisants pour assurer un bon équilibre thermique, ce sont des ambiances tolérables. Quand ces mécanismes sont saturés (ex : environnement défavorable), l'équilibre peut être rompu. Il faut alors déterminer des durées maximales d'exposition.

2.1.3. Le PMV (Vote moyen Prévisible)

Le PMV est un indice de confort thermique qui permet de prévoir la valeur moyenne des expressions subjectives d'un groupe de personnes exposées à une certaine ambiance thermique et situant leurs sensations sur une échelle de sensation thermique à 7 points :

+3 : Très chaud +2 : Chaud +1 : Légèrement chaud

0 : neutre, ni chaud ni froid

-1 : Légèrement froid -2 : Froid -3 : Très froid

On estime que l'ambiance thermique est acceptable, c'est à dire propice au confort thermique, pour la majorité des personnes qui y sont soumise quand cet indice est compris entre +/- 0,5.

2.1.4. Le PPD (pourcentage prévisible d'insatisfaits)

Le PMV ne permet pas de déterminer le pourcentage de personnes insatisfaites. Il est intéressant, dans une population donnée, de calculer le nombre de personnes insatisfaites correspondant au PMV de confort. Pour cela on utilise un deuxième indicateur : le PPD (Pourcentage Prévisible d'insatisfaits).

Ainsi, pour un PMV de 0,5, on a environ 10% de personnes insatisfaites.

2.2. Evaluation de la contrainte thermique chaude

Deux indices permettent d'évaluer la contrainte thermique :

- WBGT : Wet Bulb Globe Temp,
- La sudation

Ces deux indices permettent avec précision d'évaluer le bilan

thermique.

2.2.1. Principe et définition du WBGT

Le WBGT est un indice permettant de déterminer si le sujet est capable de travailler dans une ambiance donnée sur une durée de 8 heures. C'est la première démarche à effectuer dans le cas de l'analyse d'un poste de travail soumis à la chaleur

C'est un indice qui permet une évaluation simplifiée de la contrainte thermique grâce à une analogie physique entre les échanges thermiques du corps humain et ceux d'un dispositif de thermomètre humide d'une part et de thermomètre à globe noir d'autre part.

- A l'intérieur d'un bâtiment : $WBGT = 0,7Thn + 0,3Tg$
- A l'extérieur d'un bâtiment: $WBGT = 0,7Thn + 0,2Tg + 0,1Ta$

Le WBGT globale est donné d'après la formule :

$$WBGT = \frac{WBGT_{tête} + (2 WBGT_{abdomen}) + WBGT_{chevilles}}{4}$$

2.2.2 Termes considérés

Il ya plusieurs termes à considérer :

- a- La température humide naturelle (Thn) en m/s
- b- La température de globe noir (Tg) en °C
- c- La température d'air (Ta) en °C

On utilise pour ces différentes températures des thermomètres à thermo-résistance ou à thermocouple.

Exemple :

Un opérateur effectue un transport de matériaux lourds. C'est un nouveau embauché (non acclimaté). Il transporte les matériaux devant un four radian.

Peut-il travailler 8 heures dans ces conditions ?

Les mesures de terrains :

	Thn	Tg
Tête	25°C	50°C
Abdomen	19°C	45°C
Cheville	17 °C	20°C

Nous calculons le WBGT pour la tête, l'abdomen et la cheville :

$$\text{WBGT Tête} = 0,7 \times 25 + 0,3 \times 50 = 32,5^\circ\text{C}$$

$$\text{WBGT Abdomen} = 0,7 \times 19 + 0,3 \times 45 = 26,3^\circ\text{C}$$

$$\text{WBGT Cheville} = 0,7 \times 17 + 0,3 \times 20 = 17,5^\circ\text{C}$$

Nous calculons ensuite le WBGT globale :

$$\text{WBGT} = \frac{32,5 + (2 \times 26,3) + 17,3}{4}$$

$$\text{WBGT} = 25,15^\circ\text{C}$$

Selon l'activité de l'opérateur est de classe 3, soit un métabolisme élevé. On observe que la valeur repère WBGT, pour un opérateur non acclimaté, est fixée à :

- Absence de courant d'air : 22°C ,
- Mouvement de l'air perceptible : 23°C .

2.2.2. Principe et définition de l'indice de sudation requise

L'indice de sudation requise permet une approche plus précise que le WBGT et de caractériser les différents échanges de chaleurs sèches et latentes (convection, rayonnement et évaporation).

On peut ainsi connaître le mécanisme sur lequel il faut agir pour rendre acceptable la contrainte thermique. Cette méthode doit être utilisée en complément de la méthode basée sur l'indice WBGT si celle-ci s'avère négative.

3. Méthodes d'analyses des ambiances froides

L'action du froid doit être considérée :

- D'une part quant à son effet global sur l'ensemble du corps. La contrainte froide est alors estimée par l'isolement vestimentaire requis (I_{req})
- D'autre part quant à son effet local sur une partie du corps peu ou non protégée. La contrainte froide est alors estimée par l'indice de refroidissement WCI (Wind Chill Index)

3.1. Isolement vestimentaire

L'isolement thermique s'exprime par l'écart de température entre l'intérieur et l'extérieur du vêtement déterminant une densité de flux calorifique de 1 watt/m².

Les praticiens du vêtement expriment habituellement cet isolement vestimentaire en une unité pratique le clo : 1 clo = 0.155°C/Watt/m².

3.1.1. Durée limite d'exposition globale

Lorsque l'isolement vestimentaire disponible est inférieur à Ireq, la durée de l'exposition au froid doit être limitée.

Le bilan thermique négatif ainsi calculé est la quantité de chaleur que la masse corporelle perd par unité de temps. Il lui correspond la vitesse d'abaissement de la température corporelle moyenne.

L'abaissement maximum tolérable de celle-ci est de 1°C. La durée limite d'exposition s'obtient alors en divisant 1°C par la vitesse d'abaissement de la température corporelle moyenne correspondant à la valeur du bilan thermique calculé.

Exemple

L'abaissement de 1°C de la température corporelle moyenne correspond à un déficit calorifique total de 60 Kcal/h pour un homme de 70 Kg. Si le bilan des flux thermiques est de 30 Kcal/h, la DLE sera de 2 heures. Si le bilan des flux thermiques est de 120 Kcal/h, la DLE sera de 0.5 heures. La température corporelle moyenne s'abaisserait de 0.5°C/h dans le premier cas et de 2°C/h dans le second cas.

3.2. Indice de refroidissement (WCI)

La formule de l'indice WCI :

L'indice WCI permet de prévoir le délai probable de gelure des zones de peau nue :

WCI (Kcal/ hm ²)	Effet
1000	Peau très froide(pas de gelure)
1200	Gelure cutané après 1 heure
1400	Après20mn
1600	Après15 mn
1800	Après10 mn
2000	Après8 mn

2200	Après 4 mn
------	------------

Exemple :

Dans une ambiance où $T_a = -30^{\circ}\text{C}$ et $V_a = 5,0 \text{ m/s}$. $\text{WCI} = 2,116 \text{ Kcal/h/m}^2$, auquel correspond un délai de gelure probable de 6 minutes. L'indice WCI est utilisable en milieu industriel (processus avec congélation).

4. Réduction de la contrainte

Les moyens de réduire la contrainte thermique, et donc d'éviter ses effets sur les opérateurs, sont multiples. Tout en reposant sur des principes simples, ils seront spécifiques à chaque atelier, chaque situation de travail et leur mise en œuvre nécessitera toujours une étude particulière. Pour cela, le recours à des spécialistes est souvent nécessaire.

4.1. Eliminer les risques

- En remplaçant les équipements sources de chaleur ou de froid par d'autres moyens faisant appel à des technologies différentes (exemple : le chauffage par induction se substituant au chauffage à la flamme),
- En procédant à de nouveaux agencements des équipements et locaux de travail (exemple : l'éloignement des équipements des zones où s'exerce l'activité des opérateurs).

4.2. Réduire la contrainte thermique dans les ateliers

Pour réduire la contrainte thermique, il est nécessaire d'intervenir sur les différents facteurs de production de chaleur et d'échange de chaleur entre le corps et l'environnement. Ce qui suppose préalablement une observation et une analyse des postes de travail et de l'activité des opérateurs.

4.3 Promouvoir l'hygiène alimentaire

Il est également intéressant de promouvoir l'hygiène alimentaire. En effet, la consommation de boissons non alcoolisées et le contrôle diététique de l'alimentation participent favorablement à la réduction de la contrainte thermique.

Le médecin du travail joue un rôle essentiel dans ce domaine.