

26. Énergie et bâtiments

26.2 – Confort et santé

Daniel R. Rousse, ing., Ph.D.

Groupe t3e, Département de génie mécanique

Hugo Azin

Odile Cesari

Neal Granal

Plan de la présentation

- Introduction et objectifs de la capsule
- Les variables physiques
- Les variables personnelles
- Les modèles de confort thermique
- Conclusion

Plan de la présentation

- ***Introduction et objectifs de la capsule***
- Les variables physiques
- Les variables personnelles
- Les modèles de confort thermique
- Conclusion

Introduction et objectifs

On définit le confort thermique comme « un état de satisfaction du corps vis-à-vis de l'environnement thermique ».

Un enjeu majeur :

- On passe près de 80% de notre temps dans un logement
- Des conséquences sur la santé, le bien-être, la productivité...
- Les bâtiments mal isolés ont un impact majeur sur les émissions de GES et le réchauffement climatique

Les conditions de confort pour l'homme

L'interaction thermique du corps avec l'environnement



Maintenir une température moyenne interne à 36,6°C

Plan de la présentation

- Introduction et objectifs de la capsule
- ***Les variables physiques***
- Les variables personnelles
- Les modèles de confort thermique
- Conclusion

Question

- Qu'est ce que le confort dans un habitat ? Quels sont les différents paramètres physiques à prendre en compte ?

Les variables physiques

- La température de l'air
- La température radiante
- La température opérative
- La vitesse de l'air
- L'humidité

La température de l'air

Définition :

- La **température de l'air** est la température moyenne de l'air entourant l'occupant.

Mesure :

- Lorsqu'une température de l'air précise est requise en présence de rayonnement thermique, il est nécessaire d'utiliser un thermomètre à aspiration avec écran anti-rayonnement.
-
- Dans le cas d'un thermomètre thermocouple, l'erreur sont minimisées si le calibre du fil est le plus fin possible.

La température radiante

Définition :

- La **température radiante** est liée à la quantité de rayonnement de la chaleur transférée d'une surface, et dépend de la capacité du matériau à absorber ou à émettre de la chaleur.
- La température radiante moyenne dépend de la température et de l'émissivité des surfaces environnantes ainsi que du facteur de vue (la part de rayonnement émis par une source et qui est interceptée par une surface).
- Ainsi, la température radiante moyenne radiante moyenne ressentie par une personne dans une pièce où la lumière du soleil varie en fonction de la surface de son corps qui se trouve au soleil.

La température opérative

Définition :

La **température opérative** tente de combiner les effets de l'air et des températures radiantes moyennes en une seule métrique.

Température opérative = (Température de l'air + Température radiante moyenne)/2

Remarque :

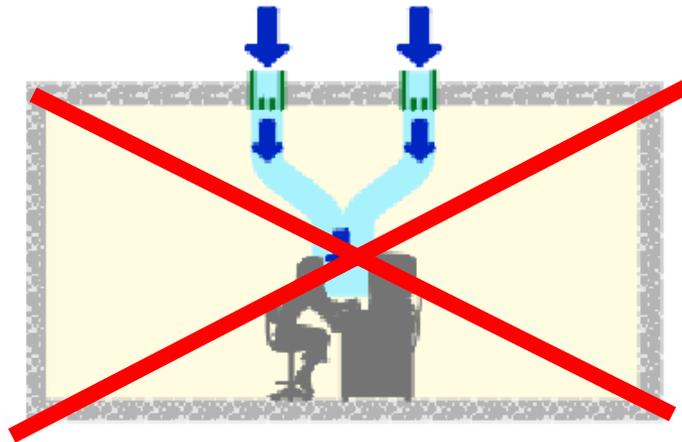
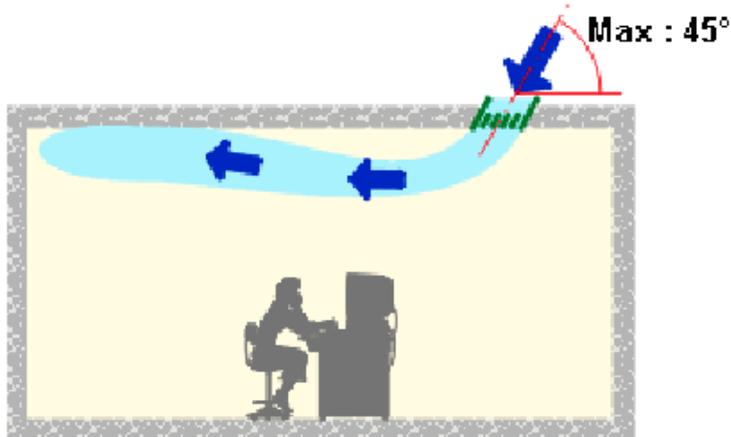
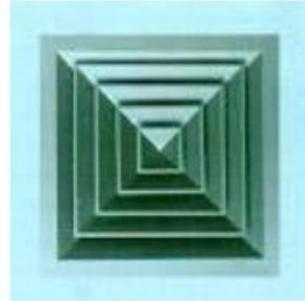
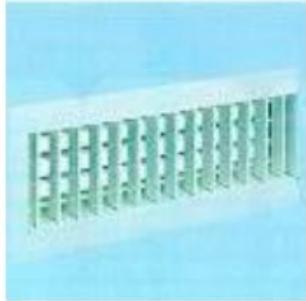
Dans les bâtiments à faible masse thermique, la température opératoire est parfois considérée être simplement la température de l'air.

La vitesse de l'air

Vitesses résiduelles	Réactions	Situation
0 à 0,08 m/s	Plaintes quant à la stagnation de l'air.	Léger inconfort
0,13 m/s	Situation idéale.	Installation de grand confort.
0,13 à 0,25 m/s	Situation agréable, mais à la limite du confort pour les personnes assises en permanence.	Installation de confort.
0,33 m/s	Inconfortable, les papiers légers bougent sur les bureaux.	Grandes surfaces et magasins.
0,38 m/s	Limite supérieure pour les personnes se déplaçant lentement.	Grandes surfaces et magasins.
0,38 à 0,5 m/s	Sensation de déplacement d'air important.	Installations industrielles et usines où l'ouvrier est en mouvement.

Vitesse de l'air [m/s]	Refroidissement équivalent [°C]
0,1	0
0,3	1
0,7	2
1,0	3
1,6	4
2,2	5
3,0	6
4,5	7
6,5	8

La vitesse de l'air



On évite d'installer des systèmes de ventilations susceptible de générer un flux d'air directement sur la personne se situant dans la pièce mais il faut tout de même veiller à garder un certain angle afin d'éviter une stagnation de l'air dans certaines parties de la pièce.

Le taux d'humidité, humidité absolue

Définition :

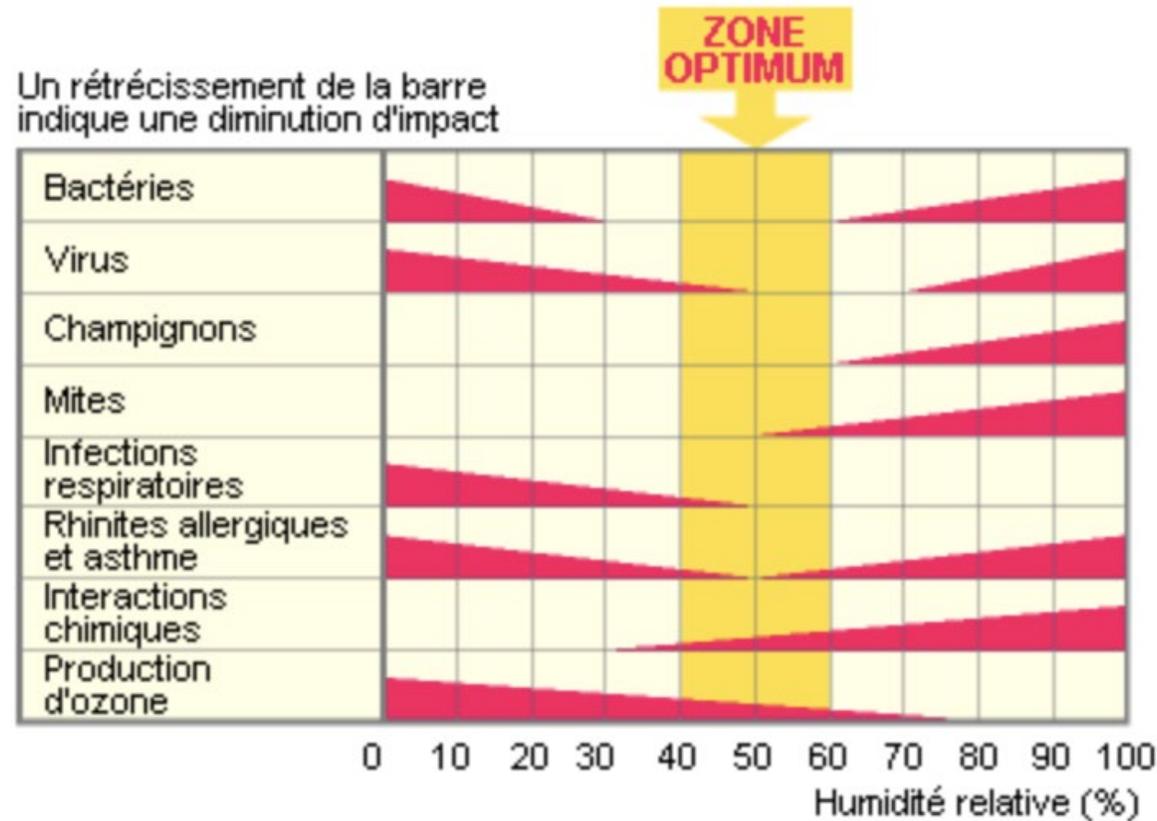
- **L'humidité absolue** est définie pour l'air humide (ou d'autres gaz) comme sa teneur en vapeur d'eau. Elle est limitée par la quantité maximale que le gaz peut absorber avant qu'il y ait saturation à la température de-ci.
- La vapeur contenue dans une masse d'air est invisible, mais si on sature d'humidité de l'air sec au-delà d'une certaine limite on voit apparaître du brouillard et de la condensation, l'eau forme alors des gouttelettes en suspension dans l'air, on dit alors que l'air est saturé.
- Par exemple, la température de rosée c'est la température ou la vapeur d'eau contenue dans l'air commence à se condenser dans l'air.

Le taux d'humidité, humidité relative

Définition :

- L'**humidité relative** est le rapport de la quantité de vapeur dans l'air, par rapport à la quantité maximale de vapeur d'eau que l'air pourrait tenir à la température et à la pression définies.
- L'humidité relative influence la capacité de notre corps à éliminer une chaleur excédentaire. Si l'humidité est trop grande, cela empêche le corps de transpirer et donc de réguler sa température.
- À une même température donnée, il est possible pour notre corps de ressentir deux situations complètement différentes en fonction de l'humidité.

Le taux d'humidité



La zone de confort pour le taux d'humidité est située **entre 40 et 60%**.

Plan de la présentation

- Introduction et objectifs de la capsule
- Les variables physiques
- ***Les variables personnelles***
- Les modèles de confort thermique
- Conclusion

Les variables personnelles

- L'habillement
- L'activité et le métabolisme
- Psychologique ; comportementale et physiologique

L'habillement

Tenue vestimentaire	Habillement
Nu.	0
Short.	0,1
Tenue tropicale type (short, chemise à col ouvert et à manches courtes, chaussettes légères et sandales).	0,3
Tenue d'été légère (pantalon léger, chemise à col ouvert et à manches courtes, chaussettes légères et chaussures).	0,5
Tenue de travail légère (chemise de travail en coton à manches longues, pantalon de travail, chaussettes de laine et chaussures).	0,7
Tenue d'intérieur pour l'hiver (chemise à manches longues, pantalon, pull-over à manches longues, chaussettes épaisses et chaussures).	1,0
Tenue de ville traditionnelle (complet avec pantalon, gilet et veston, chemise, chaussettes de laine et grosses chaussures).	1,5

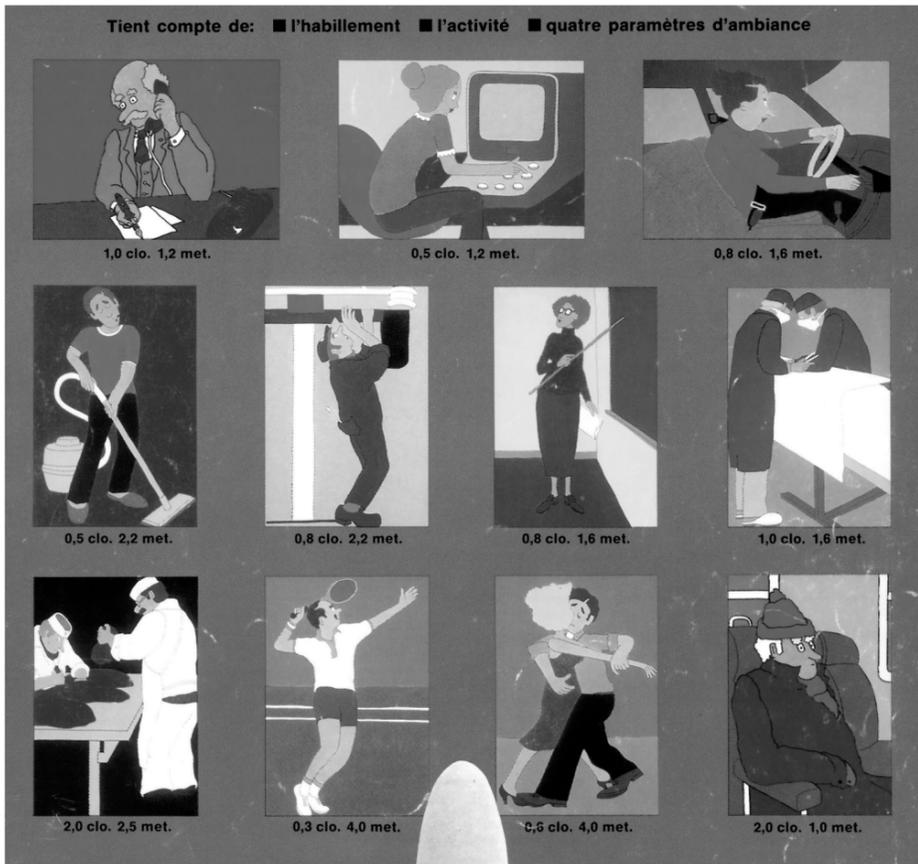
La quantité d'isolation thermique portée par une personne influence directement la perte de chaleur et, par conséquent, son équilibre thermique.

L'humidité peut diminuer le pouvoir isolant d'un vêtement.

Les valeurs d'isolation des vêtements pour d'autres ensembles de tenues courantes ou des vêtements simples peuvent être trouvés dans la norme ASHRAE 55.

L'activité et le métabolisme

La libération de chaleur du corps humain dépend de ses activités :



Le métabolisme varie en fonction de l'activité physique et des conditions dans lesquelles l'activité est exercée.

On a 1 met = 58.1 W/m²

On parle de thermogénèse pour la création de chaleur par le corps, et de thermolyse pour la perte de chaleur.

L'activité et le métabolisme

Activité	W/m ²	met
Repos, couché	45	0,8
Repos, assis	58	1
Activité légère, assis (bureau, école)	70	1,2
Activité légère, debout (laboratoire, industrie légère)	95	1,6
Activité moyenne, debout (travail sur machine)	115	2,0
Activité soutenue (travail lourd sur machine)	175	3,0

L'activité et le métabolisme

Bien que le taux métabolique de base diminue avec l'âge, c'est compensé par un abaissement de perte insensible évaporation (Fanger, 1970).



Les personnes âgées qui ont des vies relativement moins actives n'ont donc pas besoin de températures plus élevées.



Les enfants ont des taux métaboliques de base élevés, ce qui ne semble pas diminuer leur température de confort d'après les travaux réalisés par Humphreys (1972).



Parfois, des études de terrain ont constaté que les femmes préféreraient une température légèrement plus élevée ; mais cela peut s'expliquer par des différences vestimentaires. Dans la pratique, il n'est pas nécessaire de tenir compte de éventuelles différences sexuelles.

Psychologique, comportementale et physiologique

Psychologique :

- Intolérance aux écarts si l'occupant n'a pas de contrôle.
- Anticipation importante. Un effet de surprise est plus mal vécu qu'une modification annoncée.

Comportementale :

- Réactions conscientes ou inconscientes à une situation ressentie :
Habillement, boissons, déplacement, modification d'horaires (sieste)

Plan de la présentation

- Introduction et objectifs de la capsule
- Les variables physiques
- Les variables personnelles
- ***Les modèles de confort thermique***
- Conclusion

Les modèles de confort thermiques

- Méthode PMV/PPD
- Inconfort thermique local
- Modèle de confort adaptatif

Les méthodes PMV et PPD

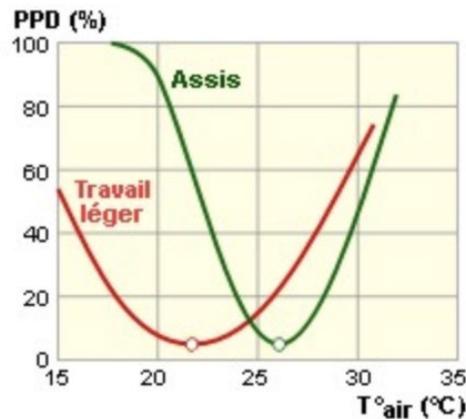
L'indice de vote moyen prévisible (*PMV – Predicted Mean Vote*), développé par Fanger, donne l'avis moyen d'un groupe important de personnes qui exprimeraient un vote de sensation de confort thermique en se référant à l'échelle suivante :

- Une valeur de PMV de zéro exprime une sensation de confort thermique optimale.
- Une valeur de PMV négative signifie que la température est plus basse que la température idéale.
- Réciproquement, une valeur positive signale qu'elle est plus élevée.

+3	chaud
+2	tiède
+1	légèrement tiède
0	neutre
-1	légèrement frais
-2	frais
-3	froid

Les méthodes PMV et PPD

Fanger a développé une autre équation pour relier le **PMV** au **pourcentage prédit d'insatisfaits (PPD)**. Cette relation est basée sur des études qui ont interrogé des sujets placés dans une chambre où les conditions intérieures peuvent être modifiées et contrôlées avec précision.



Pour une personne assise au repos, la température de confort pour la plupart des personnes est de 26°C alors qu'elle sera de 22°C pour une personne effectuant un travail de bureau.

La norme ASHRAE 55-2010 utilise le modèle PMV pour définir les exigences en matière de conditions thermiques intérieures. Pour que les conditions thermiques intérieures soient déterminées comme bonnes, il faut qu'au moins 80 % des occupants soient satisfaits.

Les méthodes PMV et PPD

Zone 1 : à éviter.

Problèmes de sécheresse.

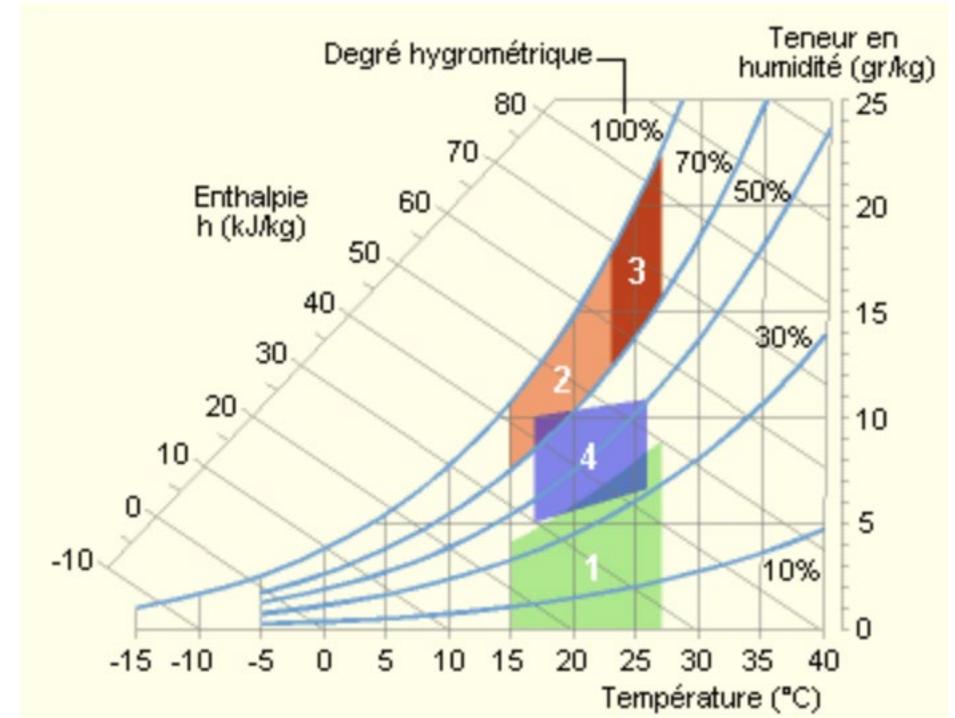
Zone 2 : à éviter.

Développement de bactéries et de microchampignons.

Zone 3: à éviter.

Développement de bactéries et de microchampignons,
prolifération d'acariens.

Zone 4: Polygone de confort hygrothermique



Inconfort thermique local

L'insatisfaction thermique peut également survenir pour une partie particulière du corps, en raison de sources locales de chauffage, de refroidissement ou de mouvement d'air indésirable.

Selon la norme ASHRAE 55-2010, il existe quatre causes principales d'inconfort thermique à prendre en compte :

- Asymétrie de la température radiante
- Courant d'air
- Différence de température verticale de l'air
- Température de surface du sol

Modèle de confort adaptatif

- Le modèle de Fanger, pionnier dans le domaine, fut créé pour des bâtiments non ventilés, ce qui entraîne aujourd'hui une certaine limite d'applicabilité;
- Le confort adaptatif est un modèle de confort thermique récent qui permet de déterminer les températures de confort dans un environnement où il y a des variations de température;
- L'utilisation de ce modèle permet de réaliser des économies dans le chauffage ou la climatisation des édifices ventilés.

Plan de la présentation

- Introduction et objectifs de la capsule
- Les variables physiques
- Les variables personnelles
- Les modèles de confort thermique
- ***Conclusion***

Conclusion

Le confort thermique d'un individu dépend de nombreuses variables, elles peuvent être :

- Physiques : La température de l'air, radiante, opérative, la vitesse de l'air et l'humidité relative
- Ou plus personnelles : l'habillement, l'activité, le métabolisme et l'approche psychologique, comportementale et physiologique

En hiver, pour maintenir son confort on peut aussi :
Baisser le chauffage, s'habiller et favoriser la sobriété énergétique

Bibliographie

Site internet :

https://energieplus-lesite.be/theories/confort11/le-confort-thermique-d1/#Confort_et_temperature

https://environnement.brussels/sites/default/files/user_files/pres_20150512_badu_4_1conf_fr.pdf

Article déposés sur le drive :

- <https://drive.google.com/drive/u/2/folders/1TzJFI9rScbvleUw1RQfzrCP9-RUrLO-U>
- Cours système
- A guide to thermal comfort, 1997, Donald McIntyre
- Literature review on thermal confort in transient conditions, J.L.M. Hensen