

Protéger les travailleurs du froid : mieux comprendre pour mieux agir

Ludwig VINCHES et Stéphane HALLÉ | ludwig.vinches@gmail.com

École de technologie supérieure, Département de génie mécanique, Montréal, Canada

Mots clés : Confort thermique, contrainte thermique par le froid, couches textiles, environnements extrêmes, performances cognitives, température corporelle, vêtements de protection

Dans de nombreux secteurs industriels, les travailleurs sont confrontés à des contraintes thermiques extrêmes et en particulier à des froids pouvant être intenses. Des normes internationales définissent le travail au froid à des températures égales ou inférieures à 10°C (1). Par exemple, les ouvriers de l'industrie alimentaire de transformation sont exposés, plusieurs heures par jour, à des températures comprises entre 0 et +10°C pour maintenir la chaîne du froid (à des fins de conservation des denrées alimentaires) voire même à des températures inférieures à -20°C pour les produits congelés. Que ce soit dans des lieux fermés (entrepôts frigorifiques, abattoirs) ou en extérieur (construction, agriculture, services publics, etc.), la contrainte thermique par le froid peut avoir des conséquences importantes sur la santé (gelures, hypothermie*), sur la sécurité (perte de vigilance et de sensibilité) et s'avérer parfois fatale (1-3).

Le premier article de cette veille explore les performances cognitives* de huit participants humains exposés 24 heures à une température de 7,5°C. Il en découle quelques recommandations en cas d'exposition prolongée au froid. Le second article présente de récents travaux menés sur le transfert de chaleur à travers différentes couches textiles, utilisées dans la conception de vêtement de protection contre le froid (VPF). En particulier, il rapporte l'influence des caractéristiques géométriques, structurelles et de masse de ces couches sur les propriétés de transfert de masse et de chaleur, et donc sur le confort thermique, à travers des VPF.

Performance cognitive lors d'une simulation de survie pendant 24 heures d'exposition au froid

Taber M.-J. et al. (2016). Cognitive performance during a 24-hour cold exposure survival simulation. BioMed Research International.

Résumé

Les auteurs de cette publication ont exposé huit sujets, pendant 24 heures, à des conditions de survie dans le froid. Durant cette exposition, ils ont mesuré l'évolution de la température corporelle et évalué les performances cognitives de chaque individu. La température du test était fixée à 7,5°C. Les participants étaient en bonne condition physique et surtout, ils avaient déjà tous eu une expérience à l'exposition au froid. Une batterie de tests cognitifs spécifiques (questionnaires, tests d'attention, etc.) était proposée aux sujets après 6, 12, 18 et 24 heures d'exposition au froid ainsi qu'en préexposition. Deux principales comparaisons des résultats ont été effectuées : 1) pour un même participant aux six périodes de test et 2) entre les différents participants pour identifier les tendances générales.

Les mesures de la température corporelle ont montré une diminution de celle-ci d'environ 0,6°C les 12 premières heures d'exposition au froid pour ensuite se stabiliser jusqu'à la fin de l'expérience. L'ensemble des résultats des tests de performances cognitives ont montré une tendance à une très légère diminution des vitesses de réaction et de jugement.

Suite à cette expérience et aux résultats obtenus, les auteurs concluent qu'il est possible de travailler en milieu froid pendant une période d'au moins 24 heures. Ils recommandent toutefois de faire de légers efforts physiques pendant la durée de l'exposition afin de maintenir un niveau tolérable de confort thermique.

Commentaire

Cette étude visait à établir les effets d'une exposition au froid pendant 24 heures sur la température corporelle et sur les performances cognitives de huit participants. Bien que cette publication ne se réfère pas directement à un cadre de travail, elle permet toutefois de souligner les effets d'une exposition longue à une contrainte thermique froide. Alors que les résultats indiquent une légère baisse de la température interne, les capacités cognitives ont été peu affectées.

Contrairement à d'autres études, celle-ci s'est intéressée à recréer les conditions de survie sur une longue période d'exposition au froid (24h) en abaissant la température ambiante jusqu'à 7,5 °C. Une connaissance précise du niveau d'intensité de l'activité physique aurait été une information pertinente ainsi que le contrôle, avec précision, de l'apport calorique (nourriture) des participants car il peut jouer un rôle déterminant dans le maintien de la température interne. De plus, le faible nombre de participants a conduit à une trop grande variabilité dans les résultats ce qui n'a pas permis de mettre en évidence des différences significatives.

Malgré les quelques faiblesses de cette étude, il serait intéressant de poursuivre ces travaux pour des températures et des temps d'exposition comparables à celles rencontrées en milieu de travail. Cette valeur de température est largement supérieure à celles mesurées en hiver dans certains pays de l'hémisphère nord (Canada, pays scandinaves, etc.). En effet, les travailleurs en extérieur de ces pays sont confrontés à des températures beaucoup plus basses pendant des temps d'exposition de 8 heures par jour en moyenne sans oublier les ouvriers dans le domaine de l'alimentaire (entrepôts frigorifiques, abattoirs) qui peuvent être exposés à des températures allant jusqu'à -20°C. Une meilleure compréhension des performances cognitives dans ces conditions extrêmes permettrait d'adapter l'exposition

des travailleurs aux contraintes thermiques par le froid et ainsi diminuer les risques d'accident dus à une perte de concentration, de vigilance ou de sensibilité (4,5).

Transfert de chaleur et de masse à travers les vêtements d'extérieur pour se protéger du froid: influence des caractéristiques géométriques, structurelles et de masse des couches textiles

Angelova R-A. et al. (2017). Heat and mass transfer through outerwear clothing for protection from cold: influence of geometrical, structural and mass characteristics of the textile layers. *Textile Research Journal*, Vol. 87(9): p.1060–1070.

Résumé

Cette étude déterminait l'influence des caractéristiques structurales, géométriques et du grammage de différentes couches de textile sur les propriétés de transfert de masse et de chaleur à travers des VPF* qui sont directement reliées au confort thermophysique. Des matériaux textiles uni couche en coton, polyester ou polyamide (tissés ou non tissés) sont testés en même temps que 14 échantillons composés d'une triple couche mélangée de ces mêmes matériaux. Le transfert de chaleur (résistance et isolation thermique) ainsi que le transfert de masse (perméabilité à la vapeur d'eau et à l'air) à travers les échantillons sont évalués en fonction de l'épaisseur, du grammage et de la porosité (ou de la masse volumique apparente).

Pour les échantillons à simple couche, les résultats montrent une augmentation de la résistance thermique et à la vapeur d'eau avec une augmentation de l'épaisseur et du grammage alors que la perméabilité de l'air diminue. La porosité joue un rôle significatif dans la résistance à la vapeur d'eau et augmente la perméabilité à l'air.

Pour les systèmes à trois couches, l'isolation thermique et la résistance à la vapeur d'eau sont meilleures lorsque l'épaisseur, le grammage et la masse volumique apparente augmentent. Par contre, la perméabilité relative à la vapeur d'eau est inférieure de 2 à 4 fois celle d'un échantillon à simple couche. La perméabilité à l'air est très faible.

Les auteurs ont aussi évalué la capacité des liquides à se répartir dans plusieurs directions simultanément. Il apparaît, pour les échantillons à simple couche, qu'aucune dépendance statistique n'existe. Par contre, une influence positive est toutefois établie entre l'indice de transport cumulatif unidirectionnel du système à trois couches et l'épaisseur, la masse par unité de surface et la densité apparente. Dans un système à trois couches, un liquide, comme la sueur par exemple, peut se répartir dans toutes les directions de façon simultanée.

Commentaire

Les auteurs ont identifié certains paramètres physiques (épaisseur, grammage, porosité ou masse volumique apparente) qui peuvent avoir un effet sur les transferts de chaleur (résistance et isolation thermique) et de masse (résistance et perméabilité à l'air et à la vapeur d'eau) à travers des VPF.

Les résultats obtenus vont permettre aux manufacturiers de ce type de vêtements d'apporter les modifications nécessaires afin d'optimiser ou de concevoir des produits répondant spécifiquement aux besoins des travailleurs exposés à des contraintes thermiques par le froid. Il aurait été cependant pertinent de faire ressortir de façon plus claire, le rôle joué par les matériaux de vêtement de protection (coton, polyester ou polyamide) et leur structure (tissés ou non tissés). En étudiant les VPF, différentes prises de mesures auraient pu être réalisées aux températures représentatives de celles rencontrées en milieu de travail au froid. En effet, dans le cas de travailleurs en entrepôts frigorifiques, les températures d'exposition pourraient jouer un rôle déterminant sur les grandeurs physiques étudiées.

Enfin, une analyse plus détaillée devrait être menée en incluant d'autres paramètres qui peuvent influencer le transfert de masse comme la tortuosité* des systèmes de couches textiles. De même, les aspects liés à la liberté de mouvement, au poids du vêtement (ou d'autres facteurs humains) pourraient aussi être étudiés.

CONCLUSION GÉNÉRALE

Dans les milieux où les travailleurs sont exposés à des contraintes thermiques par le froid, il est indispensable de les protéger pour prévenir tout risque d'accident, souvent dû à une perte des performances cognitive ou motrice (concentration, dextérité, etc.), mais aussi à de graves problèmes de santé comme les gelures ou l'hypothermie.

Le premier article propose une méthodologie intéressante pour évaluer l'effet du froid sur les performances cognitives. Un réaménagement de cette méthodologie (à améliorer en tenant compte de l'activité physique, de l'apport calorique, etc.) et selon l'activité professionnelle permettrait d'approfondir nos connaissances sur le sujet et surtout permettrait d'améliorer les conseils pour les travailleurs exposés au froid. <http://www.inrs.fr/risques/froid/ce-qu-il-faut-retenir.html>

Le second article souligne l'importance de l'épaisseur, du grammage et de la porosité (ou de la masse volumique apparente) dans les propriétés de transfert de masse et thermique à travers les couches composantes les VPF. La détermination des paramètres les plus influents va permettre aux concepteurs et manufacturiers de vêtements contre le froid d'améliorer leurs produits et de proposer aux travailleurs une protection adéquate en fonction du temps et de la température d'exposition.

L'exposition à des contraintes thermiques extrêmes, en particulier froides, est la réalité de nombreuses activités professionnelles (manutentionnaires en entrepôts frigorifiques, abattoirs, construction, agriculture, etc.). Une connaissance plus approfondie des effets du froid sur les travailleurs ainsi que le développement de vêtements de protection adaptés et ergonomiquement viables reste une nécessité (6).

GENERAL CONCLUSION

Where workers are exposed to cold stress, it is essential to prevent them against possible accidents due to loss of cognitive or motor abilities (concentration, dexterity, etc.) but also serious health problems such as frostbite or hypothermia.

The first article provides an interesting methodology to evaluate the effect of cold on cognitive performance. A redevelopment of this methodology (to be improved taking into account physical activity, caloric intake, etc.) and according to the occupational activity, would make it possible to enhance our knowledge on the subject and it would improve the advice for the workers exposed to the cold.

The second article highlights the importance of thickness, mass per unit area and porosity (or bulk density) in mass and heat transfer properties through outerwear clothing for protection from cold. The determination of the main parameters will enable designers and manufacturers of outerwear clothing for cold to improve their products and to provide workers with adequate protection as a function of time and temperature of exposure.

Exposure to extreme temperature, particularly cold temperatures, is the reality of many professional activities (handlers in refrigerated warehouses, slaughterhouses, construction, agriculture, etc.). A better knowledge of the cold effects on workers and the development of protective clothing and ergonomically viable remains a necessity (6).

Lexique

Hypothermie : état dans lequel un individu a une température corporelle anormalement basse (< 35°C)

Performances cognitives : capacité du cerveau à permettre de communiquer, de percevoir notre environnement, de se concentrer et d'accumuler des connaissances.

Tortuosité : rapport entre la longueur réelle d'un objet et la longueur entre les deux extrémités de ce même objet

VPF : vêtement de protection contre le froid

Publications de référence

1 Makinen TM and Hassi J. Health problems in cold work. *Industrial Health* 2009; 47(3):207–220.

2 Zander J et Morrison J Effects of pressure, cold and gloves on hand skin temperature and manual performance of divers. *European Journal of Applied Physiology* 2008; 104(2):237–244.

3 Piedrahita H, Punnett L et Shahnava H. Musculoskeletal symptoms in cold exposed and non-cold exposed workers. *International Journal of Industrial Ergonomics* 2004; 34:271–278.

4 Kim TG, Tochihara Y, Fujita M, et al. Physiological responses and performance of loading work in a severely cold environment. *International Journal of Industrial Ergonomics* 2007; 37:725–732.

5 Griefahn B, Mehnert P, Brode P, et al. Working in moderate cold: a possible risk to health. *Journal of Occupational Health* 1997; 39:36–44.

6 Kuklane K. Protection of Feet in Cold Exposure. *Industrial Health* 2009; 47:242–253.

Revue de la littérature

Ceballos D, Mead K, Ramsey J Recommendations to Improve Employee Thermal Comfort When Working in 40°F Refrigerated Cold Rooms. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene* 2015;12(9):216–221.

Castellani JW, Tipton MJ Cold Stress Effects on Exposure Tolerance and Exercise Performance. *Comprehensive Physiology* 2015;6(1):443–469.

Yildizel SA, Kaplan G, Arslan Y, et al. A study on the effects of weather conditions on the worker health and performance in a construction site. *Journal of Engineering Research and Applied Science* 2015; 4(1):291–295.

Autres publications identifiées

Castellani JW, Young AJ Human physiological responses to cold exposure: Acute responses and acclimatization to prolonged exposure. *Autonomic Neuroscience: Basic and Clinical* 2016;196:63–74.

Liens d'intérêts :

Les auteurs déclarent n'avoir aucun lien d'intérêt.