

L'arnaque de la température ressentie

<https://sciencetonnante.wordpress.com/2013/12/02/larnaque-de-la-temperature-ressentie/>



Avec le retour de la neige et des froids hivernaux, nous allons à nouveau avoir les yeux rivés sur le thermomètre. Depuis quelques temps, c'est devenu la grand mode dans les bulletins météo de nous parler de la fameuse « température ressentie ».

Comme les températures ressenties sont toujours inférieures aux températures réelles, voilà qui permet de faire du sensationnalisme météorologique et d'alimenter les conversations de comptoir. Mais au fait, c'est quoi la température ressentie ?

Eh bien vous allez voir que le concept n'est pas aussi scientifiquement carré qu'il n'y paraît !

L'important c'est le flux !

Tout d'abord, pourquoi est-ce qu'on a froid ?

– *Eh bien, parce qu'il fait froid, non ?*

– *Mmmh pas tout à fait.*

Vous avez déjà certainement fait l'expérience qui consiste à toucher d'une main un morceau de bois et de l'autre un morceau de métal. **Le métal paraît beaucoup plus froid que le bois !** Et pourtant ils sont bien tous les deux à la même température, celle de la pièce où vous vous trouvez.

Ce qui provoque la sensation de froid, ça n'est pas la température, c'est **le flux thermique !** Le flux thermique, c'est la quantité de chaleur qui passe à travers la surface de votre peau pour en sortir (ou parfois y entrer). Comme le métal conduit mieux la chaleur que le bois, quand vous touchez du métal à 20 degrés, il y a beaucoup plus de chaleur qui vous quitte que quand vous touchez du bois à 20 degrés. D'où la sensation de froid plus importante.

Donc retenez bien ça : **la température, on s'en fout ! Ce qui compte c'est le flux thermique !** J'en veux pour preuve que si vous êtes à l'ombre ou au soleil, vous n'aurez pas du tout la même sensation. Pas parce que la température y est différente, mais parce que les rayons du soleil vous apportent un supplément de flux thermique qui atténue la sensation de froid.

Oui mais quand même, la température ça compte, non ?

La résistance thermique

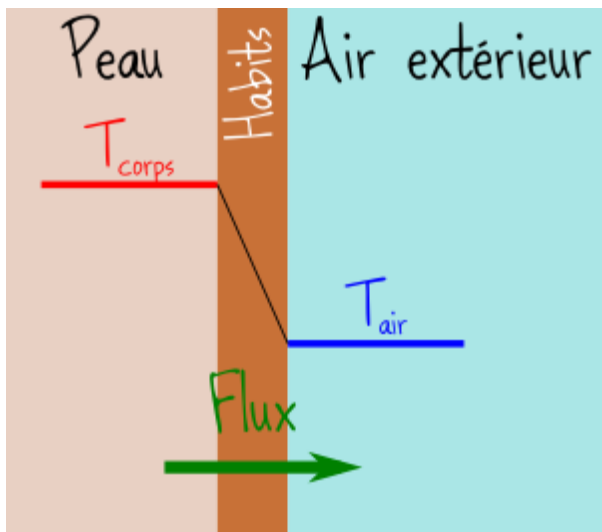
Même si l'important c'est le flux thermique, il est bien clair que la température ambiante va jouer un rôle. Tout simplement parce que **le flux dépend en partie de la température extérieure** : plus l'écart de température est important entre vous et l'air ambiant, plus le flux sera élevé.

Vous connaissez très certainement **la loi d'Ohm en électricité** : $U=RI$. Elle permet de relier la tension U (que l'on peut parfois exprimer comme une différence de potentiel V_1-V_2) à l'intensité I qui n'est autre qu'un flux d'électrons. On peut ainsi récrire la loi d'Ohm sous la forme

$$I = \frac{V_1 - V_2}{R}$$

Eh bien la conduction thermique de la chaleur, ça fonctionne pareil ! Le flux thermique (analogue de l'intensité) est proportionnel à la différence de température (analogue de la tension). On peut donc aussi définir une notion de **résistance thermique** et écrire l'équivalent thermique de la loi d'Ohm

$$F = \frac{T_{\text{corps}} - T_{\text{air}}}{R}$$



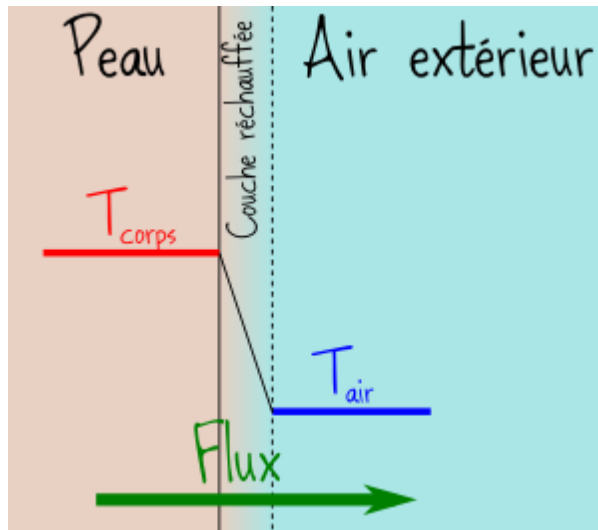
Avec cette formule, on voit bien que plus **la température de l'air est basse, plus le flux sera important, et donc plus la sensation de froid sera forte**. Tout cela colle donc bien avec l'idée que plus il fait froid, plus on a froid ! Mais au fait, que vaut la résistance thermique R ?

Eh bien ça dépend de ce que vous portez comme habits ! La résistance thermique est liée à ce qui vous sépare de l'air extérieur. Ainsi si vous portez un pull de 1 cm d'épaisseur, elle sera 10 fois plus élevée que si vous portez un malheureux T-shirt d'un millimètre. Dans le cas du gros pull, la résistance thermique vaudra environ $0.4 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ (oui, je sais, l'unité est imbitable). Je vous laisse vérifier avec la loi d'Ohm thermique que si l'écart entre la température de votre corps (37°C) et celle de l'air extérieur est de 40 degrés (s'il fait -3°C , donc), le flux sera de 100 Watts par mètre carrés. Avec un simple petit T-shirt, ce serait 10 fois plus.

Encore une fois, vous voyez que ce qui compte dans la sensation de froid, c'est le flux. Quand vous vous habillez plus chaudement, ça ne fait évidemment pas monter la

température extérieure : ça augmente simplement la résistance thermique, et donc cela diminue d'autant le flux.

Et pour la peau nue ?



J'ai implicitement mentionné que la résistance thermique dépend de l'épaisseur de vêtements. Oui mais pour la peau nue ? Est-ce que la résistance est nulle ? Ce serait problématique, car dans ce cas le flux serait infini !

En fait – tout comme en électricité – la résistance n'est jamais rigoureusement nulle, et il y a toujours une résistance minimale de base, liée au fait qu'en surface de la peau se développe une fine couche d'air réchauffé qui joue le rôle d'isolant. Si vous êtes à l'intérieur ou par une journée sans vent, cette résistance « de base » vaut de l'ordre de 0.1 (toujours exprimé en $m^2.K/W$)

Maintenant que se passe-t-il quand il y a du vent ? Ce dernier a tendance à **chasser en permanence cette fine couche d'air, et donc à diminuer son pouvoir isolant**. La résistance de base va donc diminuer en présence de vent, et ce d'autant plus que le vent augmente.

Il existe en principe une relation qui lie la valeur de cette résistance en fonction de la vitesse du vent. Si on la note $R(v)$, l'expression du flux thermique entre notre peau et l'air extérieur devient alors

$$F = \frac{T_{corps} - T_{air}}{R(v)}$$

Il est donc parfaitement exact que **la sensation de froid dépend aussi de la vitesse du vent; mais notez bien : elle modifie le flux mais pas la température !**

De l'indice de refroidissement éolien à la température ressentie

Pour quantifier la sensation de froid en prenant en compte la vitesse du vent, il a été développé dans les années 50 ce qui s'appelait alors **l'indice de refroidissement éolien**, qui correspondait comme il se doit à l'expression du flux thermique en présence de vent. Comme la relation qui lie R à la vitesse du vent est assez complexe, elle a avait été initialement déterminée en étudiant la rapidité de congélation d'une bouteille d'eau exposée à différentes vitesses de vent !

L'indice de refroidissement éolien, bien qu'estimé empiriquement à partir d'hypothèses simplificatrice, permet donc bien de quantifier approximativement une augmentation de la sensation de froid sur la peau nue liée à la présence de vent. Tout allait pour le mieux jusqu'au jour où quelqu'un a voulu donner un peu plus d'impact à cette valeur, et a commencé à **tripatouiller la formule de l'indice de refroidissement éolien, pour lui donner des valeurs qui le font plus ressembler à une température**. Et c'est ainsi qu'est née la température ressentie, que certains ont commencé à l'exprimer en « degrés », entretenant alors la confusion avec la température usuelle. Juste pour vous effrayer, voici la formule qui permet de faire le lien entre température usuelle, vitesse du vent et température ressentie :

$$R_C = 13,12 + 0,6215 T_C + (0,3965 T_C - 11,37) \times v_{km/h}^{0,16}$$

Plutôt moche, non ?

La température ressentie : une arnaque ?

Alors évidemment je fais mon ronchon parce qu'on moleste la science, mais dans le fond ça n'est pas si grave de parler de température ressentie. Toutefois je préférerais qu'on revienne à **une appellation qui n'entretient pas la confusion avec la température usuelle, et au minimum sans le signe de degrés**, comme le recommande d'ailleurs [l'office de l'environnement du Canada](#). Forcément, ça fait moins spectaculaire mais c'est plus sérieux. Et puis ça éviterait d'avoir à se demander si à +2°C réels mais -5°C « ressentis » l'eau risque de geler ou pas (réponse : non !). D'ailleurs il me semble que l'idée de la température ressentie est plus maniée par les bulletins météo que par les météorologistes eux-mêmes. Je ne nie pas non plus son intérêt pour des raisons de sécurité, notamment dans les régions frappées par des froids importants (Salutations à mes lecteurs du Québec, j'ai tendance à être assez franco-français aujourd'hui, vous me pardonnerez !).

Autre point important : si vous m'avez bien suivi, **la température ressentie ne concerne que la peau nue** ! Pour les parties déjà couvertes, vous bénéficiez de la résistance apportée par vos habits (de l'ordre de 0.5 voire même 1 m²/W.K si vous avez plusieurs épaisseurs). Si la résistance de base liée à la couche d'air passe de 0.1 à 0.01 à cause du vent, votre résistance totale ne passera que de 1.1 à 1.01 : l'impact sur le flux et donc la sensation de froid sera négligeable (oui je ne l'ai pas précisé mais les résistances thermiques en série s'additionnent, comme les résistances électriques). Bref **pour les parties couvertes, la température ressentie n'a aucun sens** (il vous faudra quand même des fringues étanches au vent !).

Dernier point pour finir, il me semble que **le côté spectaculaire de la température ressentie repose sur une confusion psychologique liée au référentiel**.



Je m'explique : nous avons tous une notion intuitive de ce que 10, 0 ou -10 degrés signifient au sens usuel. Et quand on nous annonce une température, nous allons la juger par rapport à ce référentiel. Maintenant si je vous annonce une température de -10 « ressentie », vous allez l'interpréter en vous souvenant des jours où il faisait -10 « réels », mais où il faisait peut-être -20 « ressenti ». Bref nous sommes décalés dans nos référentiels, et avec la température ressentie nous aurons toujours l'impression qu'il fait plus froid que ce qu'il ne fait réellement. Encore une bonne raison pour utiliser un autre nombre qui n'ait pas la forme d'une température. D'ailleurs peut-être que donner la température et la vitesse du vent nous suffirait largement ! De toute façon si c'est moi qui présentait la météo, les prévisions seraient données en watts par mètre carré !

Billets reliés :

[Comment faire la différence entre un diamant et un zirconium](#) (réponse : en les touchant et en mesurant le flux !).

[Pourquoi les glaçons refroidissent-ils](#) (le pastis, mais pas que) ?

Pour aller plus loin...

*Pour les thermiciens pointilleux (si, si, j'en connais), il faut que je précise 2 ou 3 choses sur la présentation que j'ai décidé d'adopter. En général pour quantifier le flux en surface de la peau nue (ou de tout autre surface exposée à l'air), on utilise plutôt un coefficient noté h et appelé souvent **coefficient d'échange thermique**. Ce coefficient relie le flux à l'écart de température, de sorte que le flux est égal à $h\Delta T$. Vous pouvez vous convaincre que h est homogène à l'inverse d'une résistance. C'est pour cela que j'ai choisi de le présenter comme ça plutôt qu'avec h .*

La relation qui lie h à la vitesse du vent est complexe. Même en l'absence de vent on a des effets de convection naturelle qui font que h n'est pas nul (on prend typiquement $h=7$ W/m²/K pour le mur intérieur d'un bâtiment par exemple). Dans le cas extérieur en présence de vent, il n'existe pas de formule analytique simple car cela dépend notamment de la forme de la surface d'échange, de la présence ou non de turbulence, etc. En général on trouve des relations où h varie comme v avec un exposant inférieur à 1 (parfois 1/2, mais par exemple 0,16 dans la formule de la température ressentie déterminée empiriquement).

Si on veut essayer de définir une température « équivalente » T_a^ prenant en compte la vitesse du vent, on peut écrire une égalité du genre*

$$h_0(T_c - T_a^*) = h(v)(T_c - T_a)$$

et en sortir

$$T_a^* = T_c + (h(v)/h_0)(T_c - T_a)$$

Maintenant il faut connaître la relation entre v et $h(v)$, qui comme je l'ai dit dépend de coefficients et d'exposants déterminés empiriquement.

Si vous voulez vous amuser à faire des calculs d'ordre de grandeur, vous pouvez ajouter le flux solaire dans l'affaire. En plein désert à midi, le flux solaire est d'environ 1000 W/m². Mais à cause de l'inclinaison des rayons par rapport à la surface de votre corps, et du fait que seulement une partie des rayons sont effectivement absorbés (ça dépend notamment de la couleur de vos habits), la contribution réelle peut être bien inférieure. Mais vous voyez que ça peut quand même excéder les pertes de chaleur par conduction.

Si on veut vraiment creuser la question de la sensation de froid, il faut également prendre en compte tout un tas d'autres facteurs (pilosité, forme du visage, etc.) dont un des plus importants est l'humidité. La présence d'une plus ou moins grande quantité d'humidité dans l'air ou en surface de votre peau peut modifier considérablement les échanges de chaleur. C'est également particulièrement vrai en saison chaude, où les Canadiens utilisent par exemple [l'indice humidex](#).