UNIVERSITÉ Grenoble Alpes

Diplôme Inter-Universitaire de Rééducation et d´Appareillage en chirurgie de la main

2017-2019

# Proposition d'une série d'exercices visant à diminuer les symptômes liés au froid dans la main du musicien

Musique de Chambre, R. Doisneau, 1957

JURY
Pr François Moutet / Grenoble
Pr. Yves Allieu / Montpellier
Bruno Fabre / Marseille

**Laura ABOU MANSOUR**
Masseur-Kinésithérapeute
Paris

## Remerciements

Au professeur Moutet. Merci de votre investissement, votre volonté permanente de nous rassembler autour de pratiques diverses, d'une passion commune. En plus d'être scientifique, ce DIU est une bien belle découverte humaine.

A ma famille. Merci d'être là, toujours et depuis tout ce temps. Ce travail n'aurait jamais vu le jour sans votre soutien permanent.

A tous les terrains de stage qui m'ont accueillie. Merci du fond du cœur de tout le temps que vous prenez, du savoir que vous partagez, sans compter. Nous ressortons bien souvent de ces journées avec une petite envie de changer le monde…

A mes amis. A votre présence à mes côtés depuis tant d'années, à votre dévouement, à l'énergie que vous me fournissez au quotidien. Un petit mot de plus pour Adrien et Ermine : merci…

A Blandine Marcadet pour m'avoir ouvert les portes du monde de la main. Merci de la confiance que tu m'as accordée, dès le début.

A Martine Samé. Merci de m'avoir écoutée, conseillée, orientée, recadrée. Quel chemin parcouru grâce à vous.

A notre promotion 2017-2019. A l'énergie studieuse de nos journées, bienveillante de nos déjeuners, dansante de nos soirées. Max, Noëlle, merci pour tout.

Et enfin à la musique, sans qui finalement rien de tout cela n'existerait…

*« Je parle avec les mains. Les mains, c'est le prolongement de la pensée et moi j'ai beaucoup de pensées, c'est tout… » Smaïn*

# Table des matières

**INTRODUCTION** ..... 1

**I) Physiologie de la thermorégulation** ..... 2

**1. Des thermorécepteurs** ..... 3

a) Thermorécepteurs cutanés ..... 3

b) Thermorécepteurs hypothalamiques ..... 5

c) Thermorécepteurs « profonds » ..... 5

**2. Un centre intégrateur associé à un système nerveux autonome** ..... 6

a) Un centre régulateur, l'hypothalamus ..... 6

b) Le système nerveux autonome ..... 6

**3. Des effecteurs** ..... 7

a) Vasoconstriction ..... 8

b) Thermogenèses, avec et sans frisson ..... 8

c) Effecteur « comportemental » ..... 9

**4. Organisation de la vascularisation à la main et au membre supérieur** ..... 10

a) Système artériel ..... 10

b) Système veineux ..... 11

c) Le shunt artério-veineux ..... 11

**5. Thermorégulation à l'effort** ..... 12

**II) Le froid, gêne à la pratique musicale** ..... 13

**1. Symptômes dus au froid dans la main du musicien** ..... 13

a) Douleur ..... 14

b) Engourdissement ..... 14

c) Diminution de dextérité ..... 14

d) Autres symptômes ..... 15

**2. Impact du froid sur le reste du corps et l'instrument** ..... 16

a) Les pieds ..... 16

b) Le visage et les lèvres ..... 16

c) Sensibilité de l'instrument au froid ..... 17

**3. Analyse d'un questionnaire testant l'impact du froid sur la main du musicien** ..... 17

a) Méthode ..... 17

b) Résultats et interprétations ..... 17

**4. Facteurs intrinsèques ou extrinsèques pouvant aggraver les symptômes dus au froid chez les musiciens** ..... 21

a) Facteurs intrinsèques ..... 21

b) Facteurs extrinsèques ..... 22

**III) Recherche d'un protocole d'échauffement visant à diminuer ces symptômes dans la main du musicien** ..... 23

1. **Habitudes d'échauffement chez les musiciens** ..... 23
a) Historique de l'échauffement ..... 23
b) Pratiques d'échauffement actuelles ..... 24
2. **Habitudes d'échauffement chez les sportifs** ..... 25
3. **Mécanismes physiologiques d'échanges de chaleur** ..... 26
a) Effets de la radiation ..... 26
b) Effets de la conduction ..... 27
c) Effets de la convection ..... 27
d) Effets de l'évaporation ..... 28
IV) **Elaboration du protocole** ..... 29
**CONCLUSION** ..... 37
**Références bibliographiques** ..... 38
**ANNEXES** .....

# INTRODUCTION

En tant que soignants spécialisés dans la main, nous sommes amenés à recevoir des patients musiciens. En effet, la main est l'outil direct au service du jeu et de l'expression musicale. Les mouvements sont parfois extrêmement rapides et complexes : la sensibilité, la souplesse, la dextérité et la force de la main sont des qualités à optimiser et entretenir. La perturbation d'un seul de ces paramètres implique une difficulté d'exécution du geste, et l'auditeur aguerri entend simultanément un impact sur le son. Or, les musiciens sont bien souvent amenés à exercer leur art dans un environnement défavorable. Le chauffage, l'air conditionné, le froid, la mauvaise acoustique ou encore la proximité sont autant de facteurs susceptibles d'altérer la performance et la santé du musicien, amateur ou professionnel.

Dans ce travail nous nous intéresserons particulièrement à l'exposition au froid, qu'elle soit prolongée tout au long de la répétition ou du concert, ou bien transitoire (lors du trajet en hiver pour se rendre sur le lieu d'exercice par exemple). Tous les styles musicaux sont impactés : les églises difficiles à chauffer sont bien souvent le siège de représentations classiques, le métro ou encore la rue pour les musiques plus populaires. Même les écoles de musique ou les salles de concert dites « modernes » sont concernées, la ventilation ou climatisation étant difficilement ajustable. Sans compter que le froid est une donnée subjective : ce qui est tolérable pour un instrumentiste ne l'est pas forcément pour un autre.

Nous allons dans ce travail nous intéresser à l'impact du froid et des basses températures sur la main du musicien. Après un rappel de la physiologie de la thermorégulation, nous expliquerons en quoi jouer en milieu dit « froid » est une gêne à la pratique musicale. Puis, nous proposerons un court protocole d'exercices visant à échauffer la main hors instrument, et ainsi tenter de diminuer l'effet voire la durée d'expression de ces symptômes dus au froid.

## I) Physiologie de la thermorégulation

Les températures corporelles compatibles avec une vie active des animaux sont comprises entre -2°C et +50°C. La température la plus basse correspond à celle des eaux polaires où vivent de nombreux poissons et invertébrés. A l'autre extrémité, on trouve les sources chaudes où vivent quelques rares espèces à plus de 50°C. Au-delà de ces limites, certains animaux peuvent au mieux survivre, dans un état inactif. Nous pouvons classer les organismes en deux groupes : les animaux dits « poïkilothermes » (à température variable, dépendante du milieu extérieur), et les « homéothermes » (disposant d'un système de régulation capable de maintenir une température interne constante malgré les variations de température extérieure), dont nous faisons partie. Les organismes poïkilothermes doivent donc adopter différentes stratégies pour ajuster leur température interne, incapable de s'auto-réguler : les lézards se dorent au soleil, là où les poissons changent de profondeur de nage en fonction de la température de l'eau. Nous pouvons aussi mentionner l'existence d'un troisième système de thermorégulation : les animaux hibernants. Ils font partie des animaux homéothermes car capables de réguler leur température interne, mais peuvent, en cas notamment de conditions climatiques difficiles ou de nourriture peu abondante, diminuer très fortement leur température interne et par conséquent ralentir leur métabolisme pour survivre. La marmotte et le loir en sont des exemples.

Le maintien de la température centrale chez les mammifères et a fortiori chez l'être humain, est assuré par un équilibre entre la thermogenèse (production de chaleur) et la thermolyse (perte de chaleur). (figure 1) La température corporelle centrale moyenne est de 36,8°C, et se maintient habituellement dans un intervalle étroit allant de 35,6°C à 37,8°C, malgré les fluctuations parfois considérables de la température ambiante(1,2). Dans cet intervalle, les conditions sont optimales pour l'activité enzymatique : de grandes élévations de température pourraient modifier voire dénaturer la conformation de certaines protéines, et une diminution ralentir fortement les réactions biochimiques. Au repos cependant, les différentes régions du corps n'ont pas la même température : la température centrale (celle des organes situés dans le crâne et les cavités thoracique et abdominale) est la plus élevée, et doit le plus possible rester dans un intervalle proche de 37,8°C, sa température de fonctionnement optimal(3). La plupart du temps c'est la surface, c'est-à-dire essentiellement la peau et la graisse cutanée, qui est la plus froide : à l'inverse du noyau central, sa température peut varier de 20°C à 40°C sans dommages. Nous bénéficions donc d'un gradient de température entre les parties centrale (ou noyau) et superficielle, nécessaire à la thermorégulation : la chaleur suit toujours son gradient de concentration qui est le gradient thermique (elle va toujours d'une zone chaude vers une zone plus froide). Pour maintenir un équilibre, nous fonctionnons tel un thermostat. Trois niveaux principaux sont mis en jeux, détaillés ci-après : les capteurs thermiques ou thermorécepteurs, le centre intégrateur, et les effecteurs. Les thermorécepteurs envoient une information afférente au centre de régulation hypothalamique, qui agit en envoyant des informations efférentes vers des systèmes régulants (glandes sudoripares, muscles lisses et squelettiques entre autres), le tout permettant le maintien quasi constant de la température corporelle.

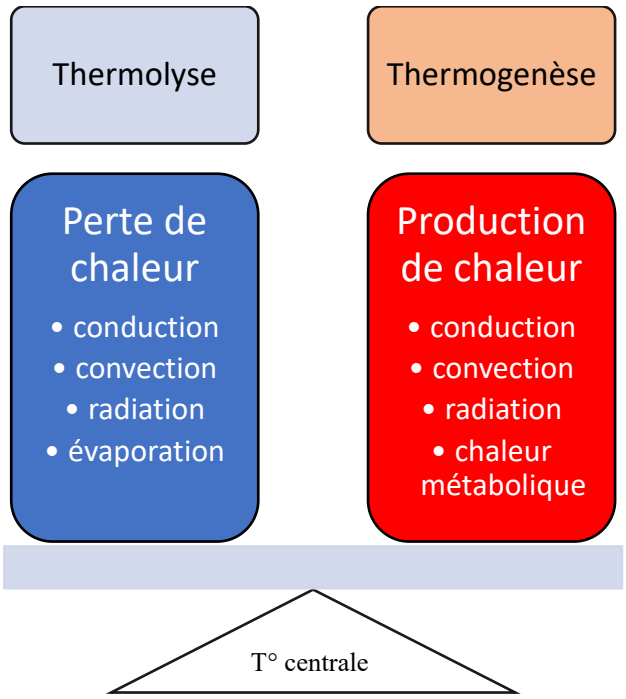



*Figure 1:Maintien de la température interne, équilibre entre thermolyse et thermogenèse.*

La sensibilité thermique répond à deux types de stimulation : le froid et le chaud. Pour les besoins de ce mémoire nous nous contenterons de décrire simplement les mécanismes de détection et de réponse au stimulus froid.

## 1. Des thermorécepteurs

Au commencement de cette chaîne de thermorégulation se trouvent les capteurs thermiques ou thermorécepteurs, présents à différentes localisations. Les thermorécepteurs cutanés tout d'abord, sous forme de terminaisons nerveuses libres, ne sont pas tant sensibles aux températures en elles-mêmes mais plutôt aux variations de température extérieure (*Hardy et Hendelr*). Nous disposons aussi de thermorécepteurs « internes », situés dans différentes zones profondes de l'organisme (viscères, moelle épinière…). Quelques neurones thermosensibles se situent aussi au niveau de l'hypothalamus lui-même.

### a) Thermorécepteurs cutanés

En contact direct avec l'extérieur, la peau est un organe sensoriel majeur. Etant le principal site d'interaction de l'organisme avec son environnement, le système nerveux cutané reçoit et répond continuellement à toute une variété de stimuli qui peuvent être physiques (thermique, mécanique, électrique, rayonnement UV), chimiques, ou indirects (allergènes, choc, inflammation …). Au sein de la sensibilité cutanée, nous distinguons : la sensibilité mécanique, la sensibilité douloureuse (nociception) ainsi que la sensibilité thermique, celle qui nous intéresse principalement pour ce travail. Chaque sensation est transmise grâce à des récepteurs spécifiques relayés par un réseau de fibres sensorielles myélinisées et non myélinisées (Figure 2). Nous noterons que les sensibilités thermique et nociceptive

empruntent les mêmes circuits ascendants.

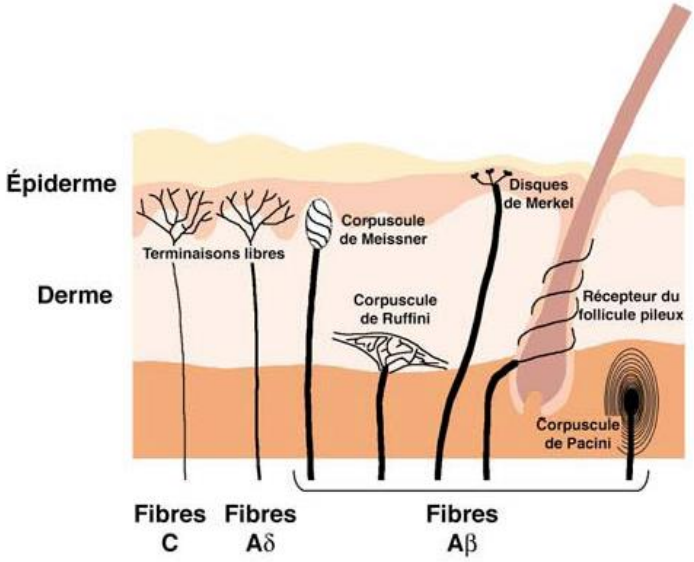



*Figure 2: Les récepteurs cutanés et leurs fibres ascendantes.*

Les thermorécepteurs se trouvant dans la peau existent sous forme de terminaisons nerveuses libres proches de capillaires sanguins, sensibles au froid ou au chaud, et assurant une réponse codée en fréquence de potentiel d'action (Hz). Les récepteurs au froid, liés à des fibres myélinisées Aδ fines (12 à 30 m.sec-1), conduisent l'information nerveuse dix fois plus rapidement que les récepteurs au chaud, liés à des fibres amyélinisées de type C (0.5 à 2 m.sec-1) (1,4). Quelques thermorécepteurs au froid sont aussi liés à des fibres C, mais ils sont peu et leur rôle est peu connu, nous les négligerons donc pour la suite de ce travail.

La densité de la peau en thermorécepteurs est très variable et toujours inférieure à celle des points au toucher des mécanorécepteurs. Les points sensibles au froid (main : 1 à 5 par cm²) sont beaucoup plus nombreux que les points sensibles au chaud (main : 0.4 par cm²). Par ailleurs, c'est la peau de la face qui montre la plus grande densité en thermorécepteurs (16-19 points au froid par cm²)(4).

Chez les mammifères, ces thermorécepteurs sensibles au froid émettent des potentiels d'actions pour des températures cutanées allant de 10°C à 42°C environ (5). En dessous et au-dessus de cette fourchette, nous parlons de « températures nocives » et cela ne met plus en jeu les mêmes circuits de thermorégulation. (figure 3).

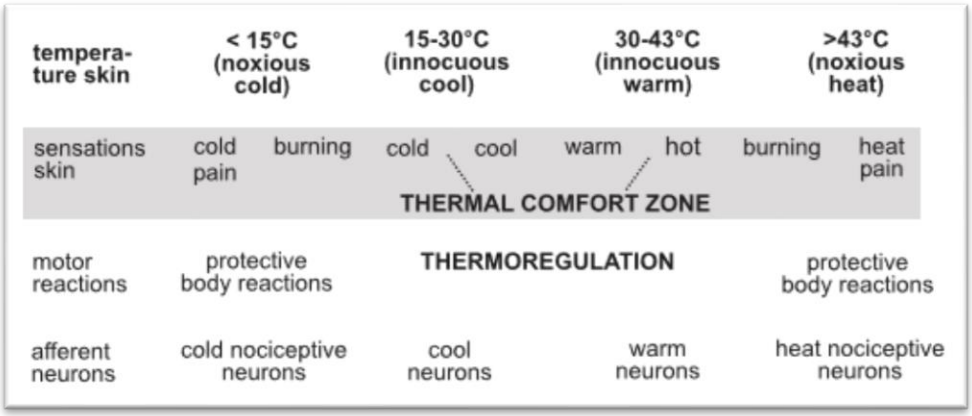



*Figure 3:Sensations et systèmes nerveux afférents en fonction de la température cutanée (5).*

Les terminaisons nerveuses sensibles au froid commencent à émettre des potentiels d'action au voisinage de 35°C (au-dessus de 40°C, ils sont quasiment inactifs). La fréquence de ces potentiels d'action augmente lorsque la température baisse (elle atteint son maximum vers 25°C puis décroît jusqu'à 10°C). Au-dessous de ces températures, le froid provoque une anesthésie des terminaisons nerveuses(4) (Figure 4).

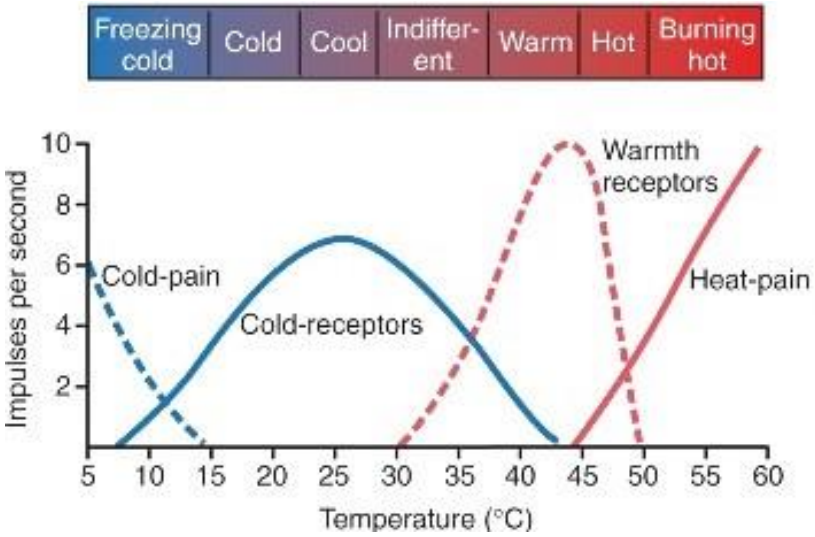



*Figure 4: Fréquence de potentiels d'action émis par les thermorécepteurs en fonction de la température extérieure.*

D'autre part, il est important de noter que les récepteurs au chaud et au froid adaptent leur réponse aux stimulations prolongées. Si la température de la peau diminue brusquement (on place la main dans de l'eau glacée par exemple), les récepteurs au froid augmentent soudainement leur activité. Puis, si la stimulation persiste, ils la diminuent ; l'eau semble moins froide. Les thermorécepteurs sont donc bien plus sensibles aux variations de température qu'à la température extérieure elle-même. Cette affirmation peut être renforcée par la théorie de l'excitation ou « overshoot »*(6)*, reposant sur la démonstration suivante : à une température T1, une fibre de récepteur au froid répond par une décharge électrique régulière d'une fréquence F1. Si la température descend à T2, la décharge du récepteur bondit brusquement à une forte valeur (excitation overshoot) puis diminue à une fréquence F2 avec F2>F1. Si la température revient à T1, alors les réponses cessent un instant, puis reprennent à la valeur F1.

b) Thermorécepteurs hypothalamiques(7)

En plus des thermorécepteurs cutanés, nous disposons aussi d'un système d'information intégré au centre régulateur principal : l'hypothalamus. Ces thermorécepteurs sont situés dans la zone pré-optique de l'hypothalamus antérieur : ils ont pour rôle, en plus de capter les changements locaux de température, de recevoir les informations venant des autres thermorécepteurs. Ainsi, une moyenne des températures reçues peut être effectuée, et comparée pour enclencher la réponse effectrice optimale.

c) Thermorécepteurs « profonds »

Il existe des thermorécepteurs profonds, situés dans les viscères : peu connus et donc peu décrits dans la littérature, nous passerons rapidement sur leur description. La plupart sont

sensibles au chaud, mécano-insensibles, et ont des axones amyéliniques(5). Ces thermorécepteurs et leurs neurones afférents se situent majoritairement dans le système gastro-intestinal, la vessie, la paroi abdominale dorsale, et les muscles squelettiques. La sensibilité au chaud de la moëlle épinière est aussi régulée par un neurone cutané afférent avec un axone amyélinique, excité par un réchauffement de la moëlle épinière.

Les informations remontent ensuite via un faisceau spino-thalamique, pour atteindre le centre intégrateur principal, l'hypothalamus.

## 2. Un centre intégrateur associé à un système nerveux autonome

### a) Un centre régulateur, l'hypothalamus

Le centre thermorégulateur est situé au niveau de la région pré-optique de l'hypothalamus antérieur. Les informations venant des thermorécepteurs périphériques et centraux y sont intégrées sous forme d'une température corporelle moyenne. Cette dernière est ensuite comparée à une température de référence : si le décalage entre ces deux températures est trop important, l'hypothalamus enclenchera les mécanismes de gain ou perte de chaleur correspondants. Cette zone de « température de référence » est très étroite puisque le seuil des réponses au chaud (vasodilatation, sudation…) n'est séparé que de 0,2°C de celui de la première réponse au froid (la vasoconstriction)(1). La sensibilité des récepteurs hypothalamiques est de l'ordre de 0,01°C : ainsi, des changements minimes de température au voisinage de l'hypothalamus stimulent les mécanismes de thermorégulation(8).

Les réponses du centre thermorégulateur sont modulées par de nombreuses substances, entre autres les hormones sexuelles : cela peut expliquer un décalage thermique au cours du cycle menstruel. Ce centre est également sensible à de nombreux autres facteurs : concentration en glucose, pression artérielle … De plus, le niveau d'activité des neurones de la région pré-optique est modulé par le niveau d'éveil, ce qui est à rapprocher de la variation de la température corporelle selon le cycle circadien avec un abaissement durant le sommeil, n'excédant cependant pas 1°C (*De Witte et Sessler*). Enfin, nous noterons qu'une consommation de drogues ou alcool agit sur le cerveau et entre autres sur l'hypothalamus, et aura un impact sur les mécanismes de thermorégulation.

Si la majorité de l'activité thermorégulatrice se déroule au niveau de l'hypothalamus, il est cependant à noter que d'autres structures spinales et supraspinales interviennent aussi dans la thermorégulation. Jouant un rôle minoritaire, nous résumerons désormais le centre intégrateur au seul hypothalamus.

### b) Le système nerveux autonome(9)

Avant de lister les différents effecteurs, il est nécessaire de mentionner le système nerveux autonome (SNA), par lequel l'hypothalamus enclenche les réponses thermorégulatrices. Le SNA est la partie du système nerveux périphérique qui préside aux activités automatiques de l'organisme. Il est composé d'un groupe spécial de neurones qui régissent le muscle cardiaque, les muscles lisses (situés dans les parois des viscères et des vaisseaux sanguins) et les glandes(9). Il est composé des systèmes sympathiques et parasympathiques, qui fonctionnent la plupart du temps de manière antagoniste.

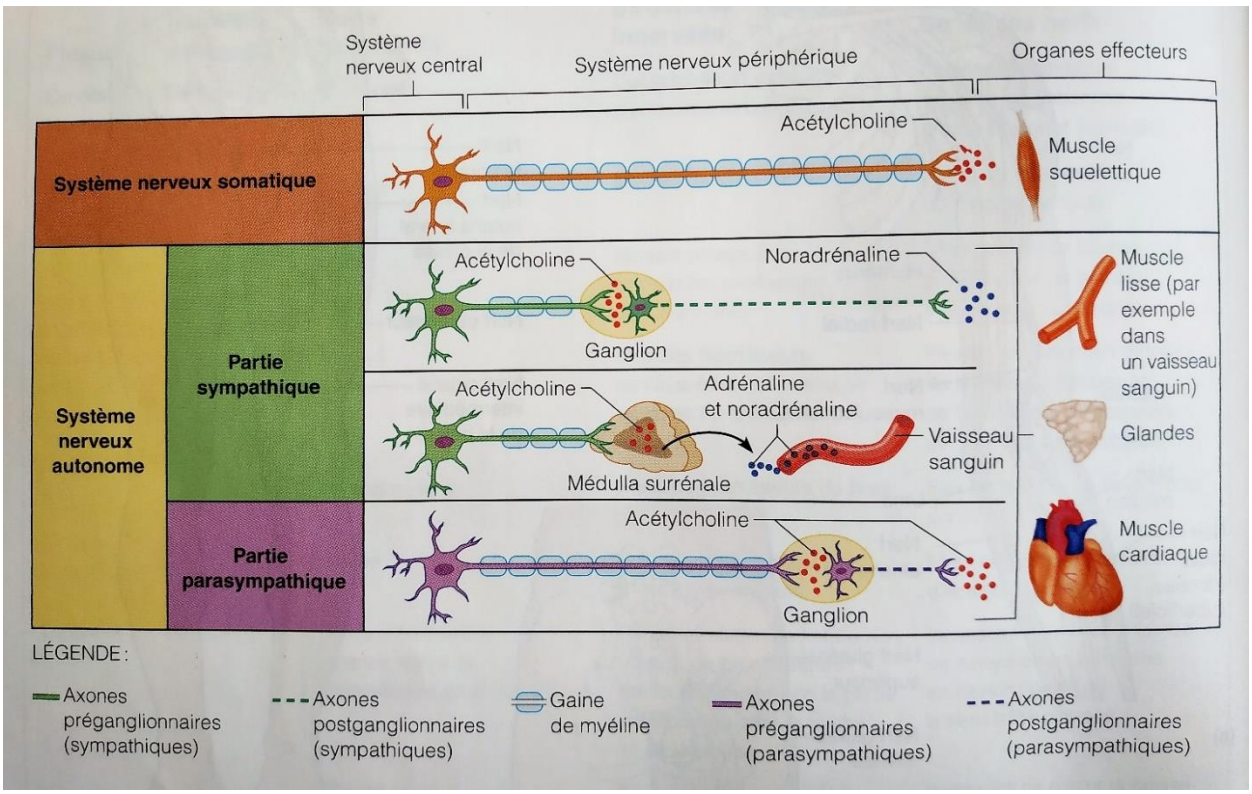



*Figure 5:Systèmes nerveux autonome et somatique*

Le SNA joue un rôle fondamental dans la régulation de la fonction des glandes sudoripares, de la vasomotricité, du flux sanguin (Figure 5), et donc dans la thermorégulation. Comme nous allons le voir ci-après, la majorité des effecteurs est régulée par la partie sympathique du SNA, et donc par les neurotransmetteurs de type adrénaline et noradrénaline.

### 3. Des effecteurs

Les effecteurs peuvent se répartir en deux groupes suivant leur rôle dans la réponse au froid : ceux tentant de diminuer les pertes de chaleur (les mécanismes favorisant une vasoconstriction des vaisseaux cutanés, ainsi que certaines réponses comportementales comme se vêtir plus chaudement), et ceux tentant d'augmenter la production de chaleur (thermogenèse avec ou sans frisson, augmentation de l'activité musculaire volontaire, ainsi qu'une augmentation de l'appétit).

En diminuant les pertes de chaleur, les variations cutanés du débit sanguin peuvent à elles seules réguler la température sur un éventail de températures ambiantes (environ de 25°C à 30°C chez un individu dénudé). A des températures inférieures, même une vasoconstriction maximale ne peut empêcher une perte de chaleur excessive, et le corps doit augmenter sa production de chaleur. Deux réponses physiologiques automatiques peuvent nous permettre d'augmenter la production de chaleur : la thermogenèse sans frisson, et avec frisson. Nous pouvons résumer l'ordre chronologique de déclenchement des systèmes effecteurs en réponse au froid sur une frise (figure 6).

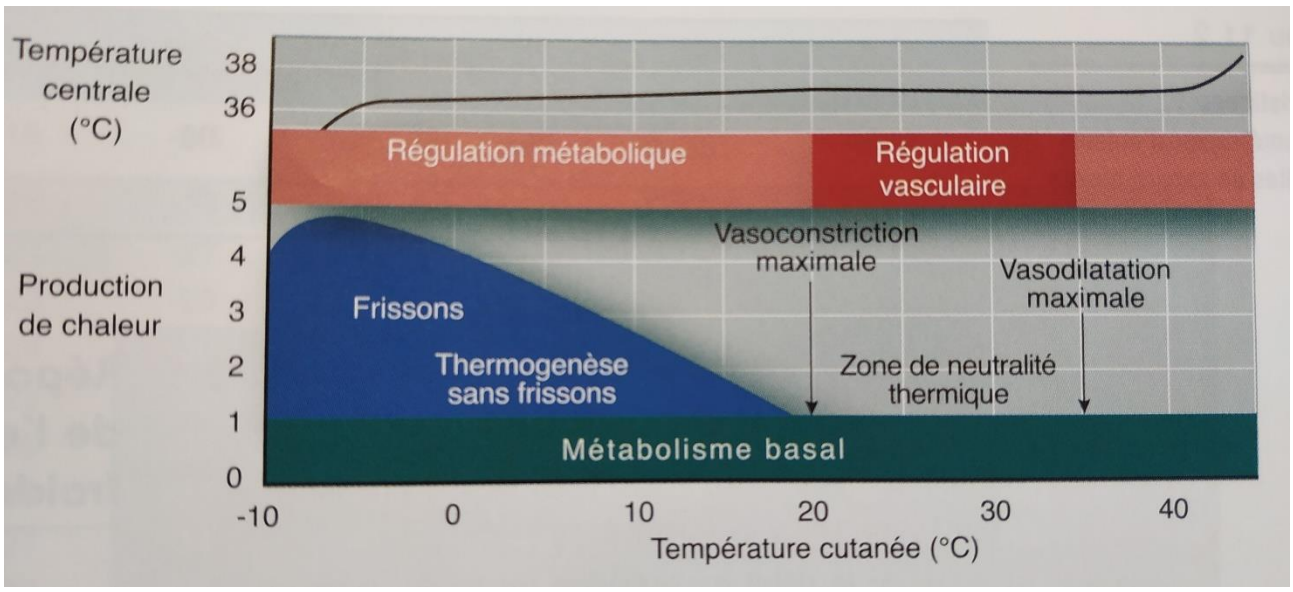



*Figure 6: Déclenchement des mécanismes de lutte au froid en fonction de la température cutanée.*

a) Vasoconstriction

La vasoconstriction est la première réponse mise en place par le corps pour diminuer les pertes de chaleur, et ainsi mieux protéger les organes vitaux. Le but de cette vasoconstriction est d'isoler en quelque sorte la partie externe du corps humain, de sa partie centrale où se situent le cœur, les viscères et le cerveau, entre autres. Ce mécanisme réduit les échanges de chaleur entre la peau et l'environnement extérieur d'une part, mais aussi entre les compartiments central et périphérique(1). Elle prédomine au niveau distal (les doigts et les orteils), réalisant ainsi ce que l'on pourrait résumer à une « amputation physiologique des extrémités ». Elle est aussi bien veineuse qu'artérielle(10).

Le système nerveux autonome joue un rôle majeur dans le contrôle de l'apport sanguin à la peau. La peau « poilue » est innervée à la fois par des nerfs vasoconstricteurs noradrénergiques et vasodilatateurs cholinergiques. En revanche, les régions dépourvues de poils telles que les paumes des mains et les lèvres par exemple, ne sont innervées que par des fibres nerveuses vasoconstrictrices, noradrénergiques (11) (la vasodilatation se produisant ici par « relâchement de la vasoconstriction ».

Ce mécanisme de régulation est accentué dans les zones glabres, non poilues, par la présence d'anastomoses artério-veineuses, détaillées ci-après (voir p. 11). Lorsque la température extérieure diminue et que le corps risque de perdre de la chaleur, le sang contenu dans les artères peut, grâce à ce système d'anastomose, passer directement dans les veines sans subir la résistance importante dans les artérioles et les capillaires sanguins : ainsi, le flux sanguin court-circuite la vascularisation cutanée.

b) Thermogenèses, avec et sans frisson

Exposé à des températures de froid moyennes, le corps humain conservera sa chaleur grâce à des mécanismes peu couteux en énergie lui permettant de limiter les pertes : la vasoconstriction et le système pilo-érecteur (ainsi que des changements volontaires dans le comportement, détaillés ci-après). Quand ces ajustements deviennent insuffisants pour maintenir la température centrale, alors le frisson se met en place. L'apparition du frisson indique d'ailleurs que tous les mécanismes de vasoconstriction sont déjà au maximum de

leur efficacité.

Ce frisson consiste en des contractions musculaires rythmiques alternant avec des relaxations, ce à un rythme rapide(2). Il peut se définir comme une succession de contractions musculaires involontaires qui augmentent de 4 à 5 fois la production de chaleur métabolique au repos(8). Le frisson ne produisant quasiment aucun travail externe, pratiquement toute l'énergie libérée par l'hydrolyse de l'ATP est transformée en chaleur interne : c'est la thermogenèse avec frissons.

La thermogenèse sans frisson est bien moins détaillée dans la littérature, et n'a montré de réel incidence que chez les petits mammifères, ou les nourrissons(1,11). Elle consiste en une augmentation du métabolisme basal en lien avec les adipocytes bruns. Le SNA vient stimuler des glandes telles que la thyroïde par exemple, elle-même à l'origine de la production d'une hormone, la thyroxine. La thyroxine améliore le rendement du métabolisme cellulaire.

c) Effecteur « comportemental »(1,2)

Enfin, il existe trois mécanismes que l'on pourrait qualifier de « comportementaux », modifiant les pertes de chaleur, de loin les plus efficaces parmi les effecteurs.

Tout d'abord, en réponse au froid, nous pouvons observer une modification de la surface corporelle : en effet, des comportements comme le fait de se recroqueviller ou de rentrer les épaules, vont diminuer la surface cutanée exposée à l'environnement. Ce mécanisme est principalement observé en situation de froid extrême (haute montagne ...).

Dans l'espèce humaine, l'habillement est également un facteur de contrôle important de la température, se substituant à l'effet des plumes chez les oiseaux, ou de la fourrure chez d'autres mammifères. La face extérieure des vêtements formera alors la partie externe de la surface corporelle. La peau perd alors de la chaleur directement dans l'espace d'air piégé entre la surface corporelle et le vêtement : la capacité d'isolation du vêtement dépend essentiellement de l'épaisseur de la couche d'air piégée.

Le troisième mécanisme comportemental permettant de modifier les pertes de chaleur est la recherche d'environnements plus chauds, en passant de l'ombre au soleil par exemple, ou bien en réglant le thermostat du chauffage.

Enfin, nous pouvons parler ici de l'alimentation : en effet, la digestion, en dégradant les aliments ingérés pour en faire des nutriments, fournit de la chaleur en quantité importante. De ce mécanisme nous pouvons donc tirer une augmentation de la chaleur interne par dégradation des aliments, mais aussi la mise à disposition de nombreuses molécules nécessaires aux réactions métaboliques de thermorégulation (frisson ...).

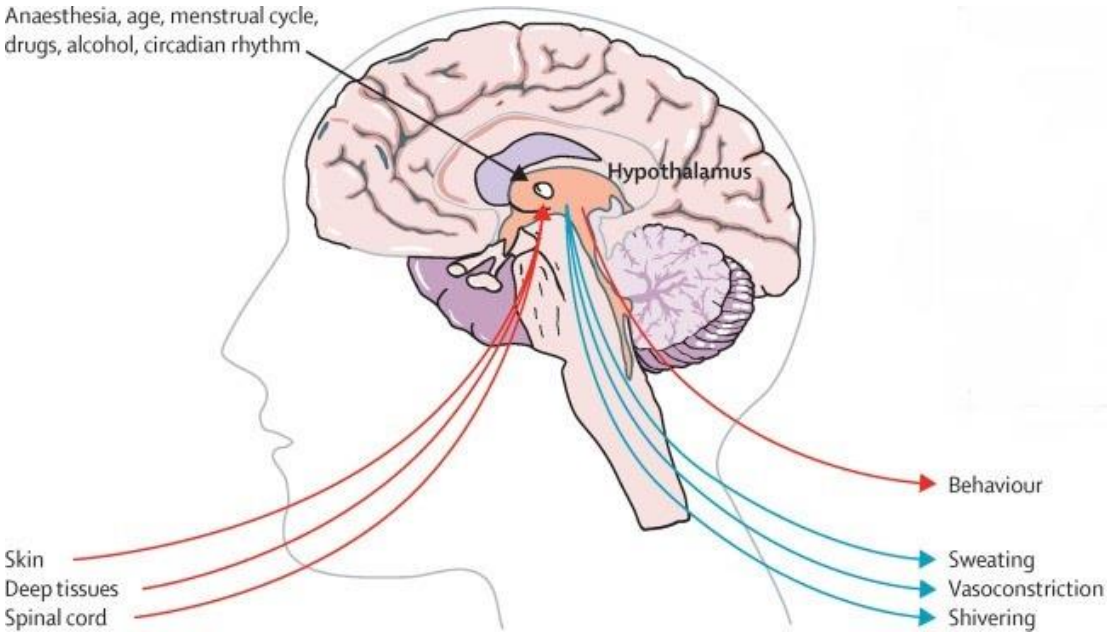



*Figure 7: Résumé de la physiologie de la thermorégulation*

## 4. Organisation de la vascularisation à la main et au membre supérieur(10,12)

### a) Système artériel

La vascularisation de la main est assurée par deux artères, radiale et ulnaire, branches terminales de bifurcation de l'artère humérale. Nous décrirons ici de manière simplifiée la vascularisation artérielle antérieure de la main. Le réseau postérieur est beaucoup moins complexe et étendu. Il est décrit comme très grêle, et notamment au niveau des collatérales digitales, n'atteignant que très rarement la partie moyenne de P2, et exceptionnellement P3. Bien sûr, de nombreuses variations anatomiques existent en fonction des individus.

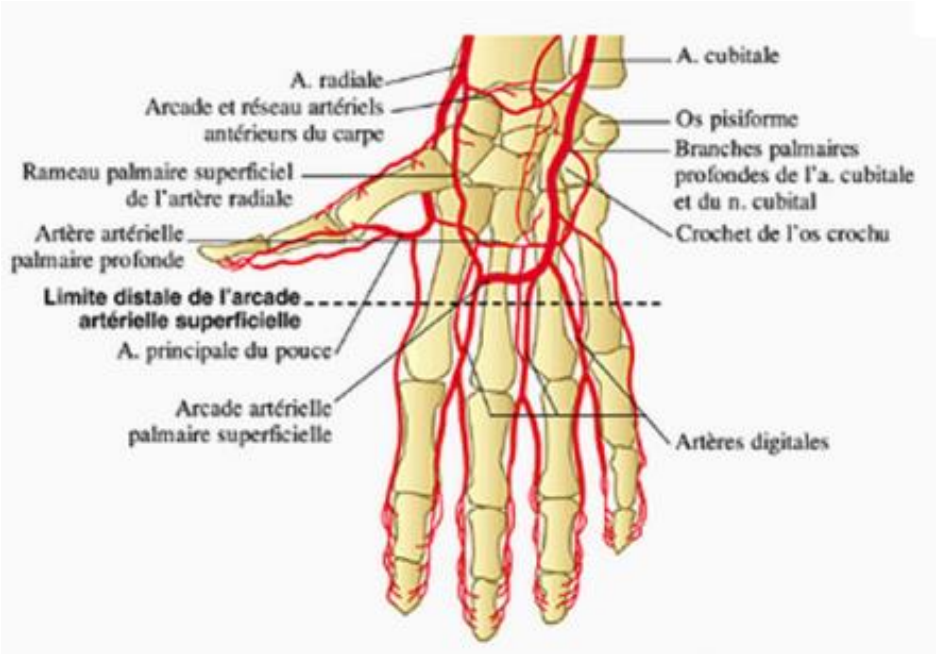



*Figure 8: Réseau artériel palmaire d'une main droite*

Le réseau artériel comporte de nombreuses anastomoses palmaires (Figure 8), permettant un relais dans le cas où l'une d'entre elles subirait une compression par exemple. De la dernière anastomose, située au niveau de la partie moyenne de P3, naissent, irradiées dans la pulpe, les branches terminales des collatérales des doigts. Ce sont des troncules assez volumineux et si nombreux que tout l'espace compris entre la peau et le périoste est rempli par ces ramifications artérielles : on a l'illusion d'un réel plexus.

b) Système veineux

On distingue deux systèmes veineux au niveau de la main : l'un superficiel et l'autre profond. Le système superficiel est sous-cutané, et forme un réseau. Il est constitué dans la région palmaire de nombreuses branches de petits calibres, au contraire de la région dorsale où elles sont moins nombreuses mais de plus gros calibre. Les veines du système profond sont des satellites des artères et prennent le nom de ces dernières.
Il est à noter la présence d'arcades veineuses digitales : la veine médiane (principale veine digitale dorsale), reçoit à la base de P1 une branche anastomotique du réseau palmaire. De même, des anastomoses existent au niveau de la partie métacarpienne de la main, joignant ainsi les réseaux palmaire et dorsal.

c) Le shunt artério-veineux

Le shunt artério-veineux (figure 9), ou encore « anastomose artério-veineuse », est un phénomène vasculaire spécifique, majoritairement situé aux extrémités : mains, pieds, oreilles, lèvres et nez (10), principalement sur les surfaces dépourvues de poils. Les anastomoses les plus complexes et importantes se situent au niveau des paumes de main, et plantes de pied. Sur la face palmaire des phalanges distales des doigts par exemple, nous pouvons trouver jusqu'à 150 anastomoses artério-veineuses par centimètre carré. Grâce à ce phénomène, le débit sanguin peut passer de 1 à 150mL/100g de peau/min en réponse à des stimuli thermorégulateurs.

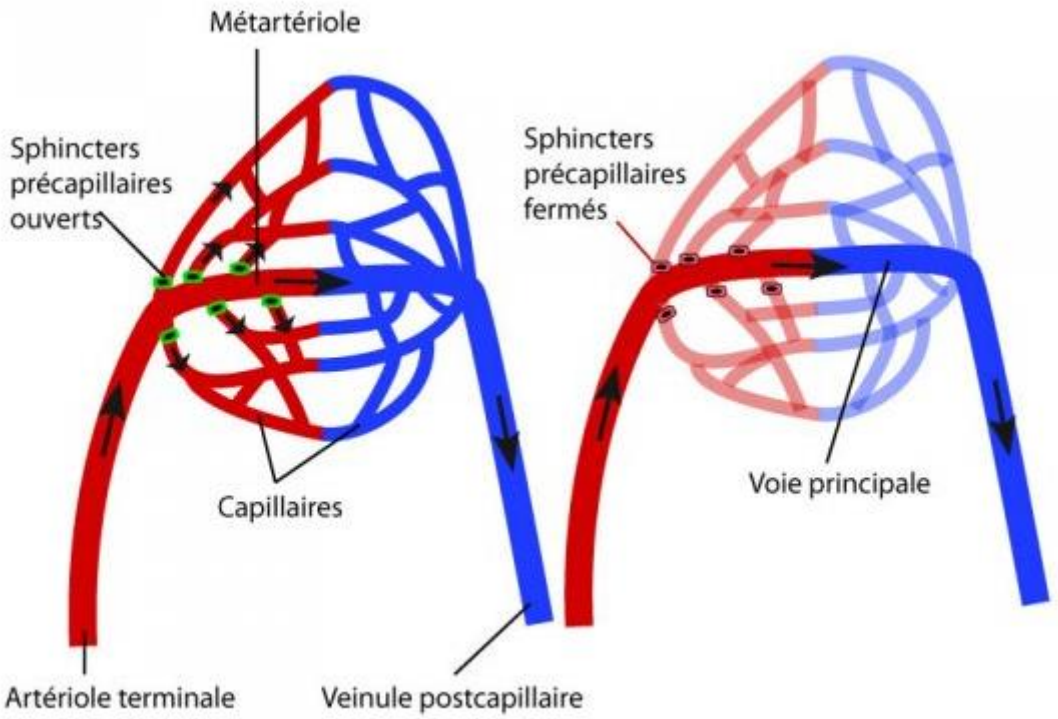



*Figure 9: Représentation d'une anastomose artério-veineuse équipée de sphincters pré-capillaires.*

Ce phénomène permet au sang de circuler de deux manières. Dans le premier cas, les conditions de thermorégulation sont dans la zone dite « de neutralité thermique » : il n'y a pas nécessité de mettre en place les mécanismes de conservation de chaleur. Le sang peut donc circuler librement dans le réseau capillaire, les sphincters sont ouverts et la vascularisation des extrémités est conservée.

Dans le cas d'une diminution de la température extérieure, le système nerveux autonome informé des nouvelles conditions ordonne une fermeture de ces sphincters pré-capillaires, privant alors le réseau capillaire de sang. On parle de shunt, de court-circuit : le sang emprunte un circuit parallèle, pour privilégier les couches plus profondes et diminuer la déperdition de chaleur cutanée.

## 5. Thermorégulation à l'effort

Lors des réactions métaboliques, plus de 70% de l'énergie libérée par les molécules organiques apparaissent immédiatement sous forme de chaleur et le reste est utilisé pour un travail(2,13). La chaleur ne peut pas être transformée directement en énergie, mais elle contribue à maintenir la température corporelle. Nous en déduisons donc qu'un travail musculaire produira directement de la chaleur, et aidera ainsi à élever la température interne. Plus la dépense énergétique augmente, plus la chaleur corporelle augmente.

Tout exercice induit donc une augmentation des besoins énergétiques(8). En effet, si le corps ne dispose pas des nutriments nécessaires aux réactions métaboliques, aucune production de chaleur ne pourra être mise en place. Il est donc très important d'avoir un apport alimentaire correct peu avant l'effort : la digestion en elle-même augmente directement la température interne, mais l'apport de nutriments est aussi nécessaire à la pratique musicale.

Les réponses physiologiques sont aussi modifiées lors de l'exercice en ambiance froide. En effet, le refroidissement des muscles les affaiblit : le système nerveux s'adapte en modifiant le mode de recrutement des fibres musculaires. Ces modifications vont affecter l'efficacité du muscle, à la fois dans sa vitesse de contraction, et dans sa puissance. Si les muscles profonds sont épargnés car rarement confrontés à des températures très basses, ce n'est pas le cas pour les muscles intrinsèques par exemple, relativement exposés.

Lors d'un exercice prolongé, réalisé dans un climat confortable, le corps a recours au métabolisme lipidique (il vient mobiliser et oxyder les acides gras). Ce métabolisme lipidique est stimulé par les catécholamines plasmatiques (adrénaline et noradrénaline). Le même exercice réalisé au froid montre une augmentation flagrante de la concentration des catécholamines, sans augmentation réelle des niveaux d'acides gras (par rapport à des conditions confortables). Ceci s'explique par le fait que la vasoconstriction, en diminuant le flux sanguin, gêne le transport lipidique, de la zone de stockage vers le muscle.

## II) Le froid, gêne à la pratique musicale

Il est important ici de s'arrêter sur la définition exacte du mot froid. « Le froid correspond à une température basse ou très basse de l'atmosphère, de l'air ambiant : c'est la sensation ressentie quand règne une telle température » (14). Nous pouvons donc remarquer que, là où la température et la chaleur sont des données objectives et quantifiables (mesurables en °C, en J), le froid quant à lui correspond à un ressenti subjectif. Il reste une donnée relative : un objet est plus froid qu'un autre. Cette notion est primordiale pour la suite de ce travail : le froid peut être objectivé par des données telles que la température cutanée digitale, mais il sera avant tout résumé à la sensation qu'éprouve le musicien. Pour la suite de ce travail, nous nous placerons dans des conditions non extrêmes : nous ne parlerons pas ici d'hypothermie ou encore de gelures ou lésions cutanées dues au froid.

> *« Dimanche passé, j'ai eu la joie de jouer sous la neige (enfin, à côté de la neige, sur un podium). Il ne faisait même pas exceptionnellement froid, pourtant musculairement l'exercice s'est avéré difficile. J'ai du renoncer à quelques morceaux dans le final, et les substituer parce que j'avais peur que mes doigts ne suivent pas dans les traits rapides. »* D. Lochem, guitariste belge : « Jouer dans le froid, la lutte s'organise ».

A température corporelle physiologique, les conditions sont optimales pour l'activité enzymatique. En cas d'échauffement, la catalyse s'intensifie : pour chaque augmentation de 1°C, les réactions chimiques s'accélèrent d'environ 10% (2). Au-dessus de la limite supérieure normale, l'activité des neurones ralentit et les protéines commencent à se dénaturer. La plupart des adultes sont pris de convulsions lorsque la température atteint 41°C, et toute survie semble impossible au-delà de 43°C. En suivant la logique inverse, le froid ralentit les activités enzymatiques, voire les arrête totalement.

. Le froid, en plus de ralentir physiologiquement les réactions enzymatiques, entraine toute une série de réactions spécifiques aux extrémités et surtout aux mains. Si ces mécanismes n'altèrent pas la fonctionnalité de la plupart des individus, pour le musicien ils peuvent avoir de lourdes conséquences. Lorsque nous parlons d'exposition au froid, nous parlons non seulement des musiciens directement exposés (orchestres répétant dans les églises, musiciens du métro, fanfares de rue), mais aussi de ceux « passant par le froid » (un violoniste étant amené à marcher 20 minutes pour se rendre à une répétition l'hiver, sera-t-il gêné pour jouer ? Si oui combien de temps ?).

### 1. Symptômes dus au froid dans la main du musicien

Il a été décidé ici, en fonction des mécanismes effecteurs décrits dans la première partie, et du retour d'expérience de quelques musiciens professionnels, de résumer les symptômes liés au froid dans la main du musicien à trois grands champs : la douleur, l'engourdissement, et la diminution de dextérité. Une catégorie « autres symptômes » a cependant été proposée dans le questionnaire détaillé ci-après.

### a) Douleur

Des sensations de douleur ont été décrites, lors de l'exposition à des températures froides extrêmes, ou bien lors de la phase de revascularisation post-exposition.

- Exposé à des températures extrêmes, l'organisme prévient de l'hypothermie en activant les nocicepteurs, via entre autres, des canaux ioniques spécifiques situés sur la membrane des thermorécepteurs. Ce cas de figure peut se présenter notamment pour les musiciens dont l'exposition se prolonge : fanfares ambulantes, guitariste de rue.
- La douleur peut aussi apparaître lorsque le corps retourne dans la zone dite de « neutralité thermique ». Les récepteurs, réagissant à la variation positive de température, entraînent entre autres une vasodilatation des vaisseaux sanguins cutanés, ainsi qu'un relâchement du muscle lisse servant de sphincter. Les deux réactions amenant de nouveau le sang aux extrémités distales, peuvent s'accompagner de douleurs.

### b) Engourdissement

Par engourdissement nous entendons ici principalement la diminution de sensibilité tactile, épicritique au niveau de la pulpe des doigts, pouvant être ressentie comme des « fourmis ». Deux paramètres peuvent expliquer cette diminution de sensbilité :

- Le ralentissement des réactions enzymatiques découlant de la diminution même de température : les réactions s'effectuant plus lentement, les mécanorécepteurs deviennent moins efficaces. De même, les neurones conduiront l'information nerveuse plus lentement.
- Le shunt artério-veineux et les réactions de vasoconstriction décrites précédemment. En effet, le sang ne circule plus à la périphérie au profit des vaisseaux plus profonds, les mécanorécepteurs ainsi que le système nerveux afférent n'ont plus les nutriments nécessaires à leur pleine efficacité.

Pour les musiciens, c'est une gêne immédiate :

- Le violon est un instrument à cordes sans frettes, dont a justesse et l'exactitude du son dépendent directement de la position du doigt sur la corde, au millimètre près. Un doigt engourdi placé légèrement trop haut, ou un appui réparti de manière non homogène sur la corde entrainera des faussetés, ou un son inégal.
- Le pianiste n'a quant à lui aucune raison de jouer faux, les notes étant accordées préalablement. En revanche, une diminution de sensibilité pourrait entrainer un défaut d'interprétation, et notamment au niveau des nuances. Pour passer du *pianissimo* au *fortissimo*, le pianiste n'a que la pression de son doigt sur la touche pour outil.
- Le guitariste n'a lui non plus aucune raison de jouer faux en raison de la présence de frettes (il faudrait avoir un défaut de positionnement de plusieurs centimètres pour jouer faux, ce qui semble impossible par le simple fait de l'exposition au froid). Cependant, les cordes ayant chacune un diamètre différent, la pression appliquée l'est aussi. Lorsque la sensibilité est altérée, nous pouvons appuyer trop fort (ceci pouvant occasionner une douleur due à la pression) ou bien pas assez fort (défaut de qualité de son).

### c) Diminution de dextérité

Certains morceaux de jazz ou de musique classique exigent de tenir un tempo frisant les limites du possible. Le corps doit être en pleine possession de ses moyens et notamment de sa coordination motrice et commande musculaire pour y parvenir. La dextérité est le terme choisi ici pour exprimer globalement l'habileté que le musicien aura à utiliser ses mains. Elle est dépendante des préhensions, de la coordination motrice et des habiletés acquises par la pratique d'activités impliquant la manipulation d'objets(15). Nous pouvons dans ce chapitre inclure la notion de fatigue, l'incapacité à maintenir un travail musculaire à une intensité

donnée (8). Le terme fatigue est généralement utilisé lorsque la performance musculaire diminue et que la sensation de lassitude ou d'épuisement augmente. L'effort musical étant souvent prolongé, la diminution de dextérité peut ne pas être ressentie immédiatement. Un premier trait lent pourra, par exemple, être réalisé dans son intégralité ; c'est lors du passage au mouvement rapide que le bras ne tient plus, l'épuisement se fait sentir. Quelles sont les conséquences du froid sur la dextérité ? Quel en est l'impact sur le jeu ?

- Physiologiquement, le recrutement des fibres musculaires n'est pas le même lors d'un effort au froid. Le système nerveux s'adaptant aux conditions climatiques, les petits muscles superficiels (et notamment les muscles intrinsèques de la main) se retrouvent directement impactés (8). De plus, les nerfs conduisent l'influx nerveux plus lentement : le muscle voit sa vitesse de contraction diminuer.

- Dans le cas d'un musicien jouant à l'extérieur, l'exposition au froid peut être prolongée. Si le mécanisme de frisson se met en place, le musicien court vite à la catastrophe. La qualité et l'homogénéité du son dépendent de la stabilité de la prise : si la main gauche du violoniste n'est pas stable, il en arrive à jouer faux. S'il s'agit de sa main droite, le mouvement donné à l'archet sera moins fluide, voire sera effectué avec à-coups.

- Enfin, il est important ici de mentionner l'automatisation du geste. A force de répétitions, la main peut acquérir une « mémoire du geste », qui donne l'impression aux musiciens de court circuiter le cerveau, d'aller plus vite que la commande. Cette fonction, acquise par le travail, peut être très utile. La technique étant automatisée, le musicien peut entièrement se concentrer sur son interprétation (nuances, respirations…). Si la main perd cette automatisation, le geste va de nouveau nécessiter une demande attentionnelle importante. En plus de diminuer instantanément la qualité de jeu, ceci peut entrainer des crispations, compensations voire crampes. Associée à des déséquilibres musculaires, cette sensation peut être source de stress pour le musicien si elle survient peu de temps avant le concert (lors de la répétition générale par exemple). Or, un stress s'ajoutant à des déséquilibres musculaires peut avoir des conséquences désastreuses (over-use syndrom, dystonie…).

#### d) Autres symptômes

Dans le questionnaire distribué et rempli par les musiciens (voir annexes 1 et 2), une catégorie « autres symptômes » était proposée. De cette catégorie, un symptôme majoritaire est ressorti plusieurs fois : le changement de couleur des doigts.

- Elle consiste dans un premier temps à un blanchiment de l'extrémité, voire de la totalité du doigt. Ce blanchiment est du au retrait du sang veineux et capillaire.
- Il peut alors s'en suivre une phase dite « d'hyperhémie réactionnelle », apparaissant lorsque le sang vascularise de nouveau une région après une phase d'occlusion. Quand l'apport sanguin cesse dans une région, les artérioles cutanées se dilatent au-delà de la zone d'occlusion. Lorsque la circulation est rétablie, l'apport sanguin dans les vaisseaux dilatés donne une couleur rouge vif, voire violette, à la peau.

Si ce symptôme semble simplement esthétique au premier abord, il peut être très gênant pour un soliste par exemple. L'intégralité de l'audience a les yeux rivés sur les mains du concertiste, qui peut ressentir une gêne face à l'aspect de sa main, et ainsi être moins à l'aise lors de son interprétation, voire adopter certaines postures pour que ses mains ne soient pas exposées à la vue du public.

## 2. Impact du froid sur le reste du corps et l'instrument

Les mains, le reste du corps et l'instrument ne font qu'un lors de la pratique musicale. Il est donc primordial d'aborder, brièvement, les conséquences du froid sur le reste du corps ainsi que sur l'instrument, ceci pouvant avoir des conséquences indirectes sur les mains.

### a) Les pieds

Les mécanismes effecteurs entrant en jeu dans la thermorégulation au niveau des mains sont quasiment similaires au niveau des pieds et entraineront une perturbation de la sensibilité plantaire, voire une anesthésie temporaire lors du contact prolongé au froid. Plusieurs conséquences peuvent être tirées de cette constatation :

- Les instrumentistes debout (contrebassistes, solistes…) sont obligés de modifiés leur posture générale. Cette modification de l'ancrage et du centre de gravité a un impact sur la position des membres supérieurs : la technique de jeu est altérée.
- Les chefs d'orchestre peuvent eux-aussi observer une diminution globale de leur mobilité, rendant leur gestuelle moins précise.
- Enfin, les pianistes et les organistes peuvent eux-aussi être extrêmement gênés par ce symptôme, la complexité du jeu au pied variant selon les morceaux[1].

### b) Le visage et les lèvres

Pour ce qui est des lèvres, là encore la présence de nombreuses anastomoses artério-veineuses est responsable d'une diminution de la sensibilité. Les instrumentistes à vent sont bien sûr les premiers concernés : le froid entraine non seulement une perte de sensibilité, mais il assèche aussi considérablement les lèvres. Etant dépourvues de glandes sébacées, elles sont incapables de s'hydrater seules.

- La justesse du son à la trompette vient majoritairement d'ajustements permanents réalisés par la bouche. Si la sensibilité diminue au niveau des lèvres, ainsi que le contrôle moteur, le trompettiste va forcer pour contrôler ses muscles et continuer de jouer juste.
- Un cercle vicieux peut s'installer. Ce trompettiste démarre le jeu sur un instrument froid donc potentiellement désaccordé : il tentera dès le départ de compenser cette perte de justesse par un recrutement plus intense des lèvres, elles-mêmes directement impactées par le froid. S'il persiste dans sa performance, il peut aller jusqu'aux gerçures, voire au saignement des lèvres, rendant le jeu totalement impossible.

Le froid modifie également la technique respiratoire :

- Pour un instrumentiste à vent dont le son dépend quasi-totalement de la technique respiratoire, le froid pourrait nécessiter une adaptation et donc une modification de la technique de jeu.
- D'autre part, le « rendement respiratoire » est diminué : la quantité d'O2 dans le sang peut s'en ressentir, ralentissant ainsi les réactions métaboliques, et donc les mouvements.
- Enfin, le froid peut entraîner une inflammation du larynx et des cordes vocales (laryngite, extinction de voix), impactant encore une fois majoritairement les instrumentistes à vent. Une fatigue générale peut aussi être ressentie.

[1] Le piano possède des pédales actionnées avec les pieds pour les nuances. L'orgue dispose quant à lui d'un clavier de notes à actionner avec les pieds, avec sa propre ligne de jeu.

### c) Sensibilité de l'instrument au froid

Il paraissait tout de même réducteur vis-à-vis du musicien d'expliciter les réactions du corps humain au froid, sans mentionner l'instrument, prolongation de lui-même. La majorité des instruments est constituée de bois, matériau extrêmement réactif aux variations de température et d'humidité(16).

- Le corps d'un violon, sa caisse de résonnance, subit de légères modifications de forme, impactant le son, ainsi que l'ergonomie générale de l'instrument.
- Le nylon des cordes est également sensible aux variations climatiques : leur changement de longueur joue directement sur la justesse, qui doit être perpétuellement compensée par la main.
- Le contact entre la main et l'instrument change. L'instrument lui-même est soumis aux lois de la thermodynamique : les touches du piano ou encore les clefs du hautbois seront plus froides. C'est là encore à un cercle vicieux : les doigts déjà froids et insensibles sont maintenus à une faible température par le contact prolongé à l'instrument.

## 3. Analyse d'un questionnaire testant l'impact du froid sur la main du musicien

### a) Méthode(17)

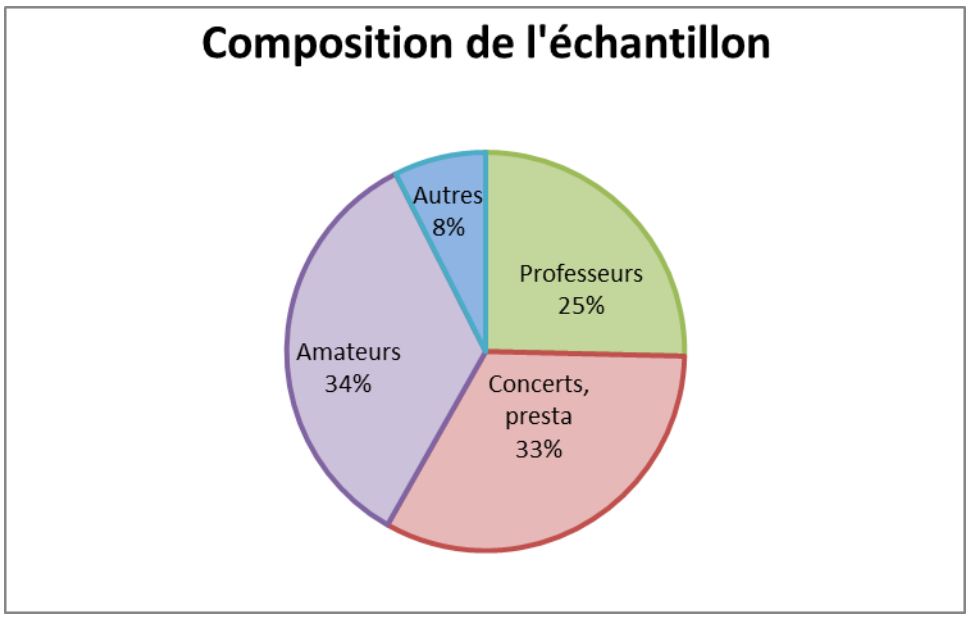
Le moyen d'évaluation choisi pour ce travail est un questionnaire. L'entretien aurait sans doute permis une meilleure compréhension des questions, mais n'aurait pas donné lieu à un échantillon aussi large.

Pour élaborer les questions, il a fallu définir l'objectif précis de l'enquête : savoir si le froid est une gêne pour le musicien, et si oui quelle est la nature de cette gêne et sa durée. La population visée est : « toute personne pratiquant la musique plusieurs heures par semaine ». Plusieurs types de musiciens sont représentés, allant de l'amateur au professionnel concertiste, en passant par le professeur. Tous les styles de musique ainsi que tous les instruments sont concernés, à l'exception du chant qui ne nécessite pas directement l'utilisation des mains.

La structure du questionnaire est stratégique. En effet, dévoiler de but en blanc l'hypothèse testée lors de la première question reviendrait à biaiser le résultat. Il démarre avec des questions filtres, ciblant les répondants. Ensuite viennent les questions plus spécifiques, élaborées à partir de la physiologie décrite dans la première partie. Le biais d'interprétation lié à l'emploi du questionnaire doit être limité : celui-ci a été testé au préalable en entretien sur dix musiciens. Parmi ces dix musiciens nous pouvons compter : trois professeurs de conservatoire, quatre amateurs (4 heures minimum de pratique hebdomadaire), un professeur particulier et deux concertistes. Ceci a permis d'en modifier le contenu, pour adapter au mieux les propositions. Lors de cette étape a été ajouté l'item « changement de coloration des doigts/mains », celui-ci revenant à plusieurs reprises lors des entretiens. Deux modes de diffusion ont été retenus : le questionnaire existe sur papier (annexe 1) ainsi qu'en version électronique (Annexe 2).

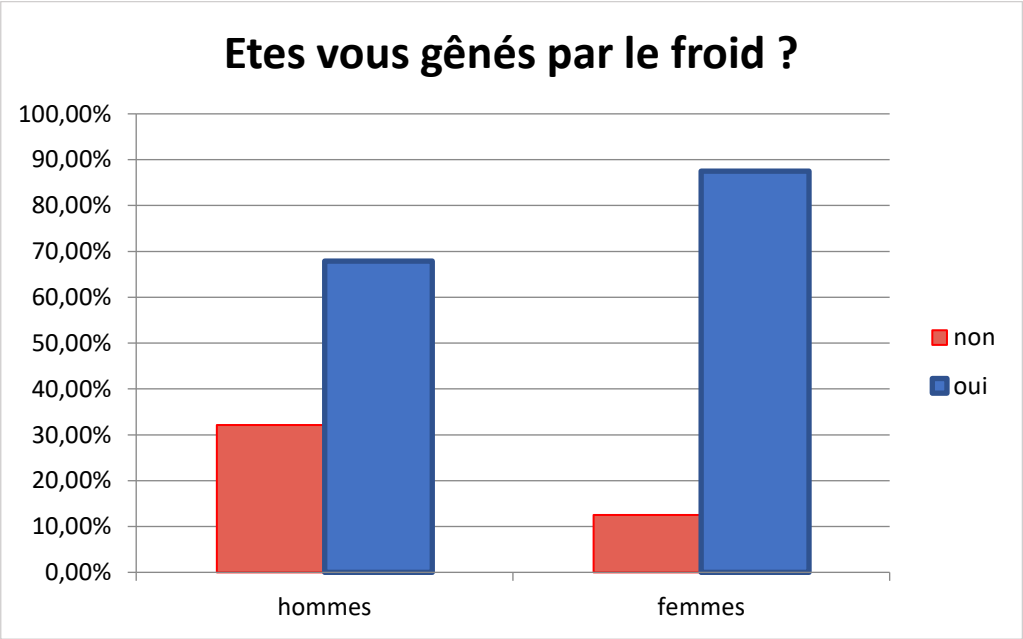
### b) Résultats et interprétations

J'ai comptabilisé 53 répondants : 45 se sont servis du questionnaire électronique et 8 de la version papier. 34 participants sont des hommes, soit 64,1% de l'effectif.




L'échantillon se compose de 34,3% d'amateurs, 32,8% de musiciens dont l'activité principale est le concert ou la prestation, 25,3% de professeurs (particuliers ou de conservatoire), et 7,5% d'effectif « autre » (allant du compositeur au chef d'orchestre).

Le premier résultat à noter est sans doute que 71,7% des répondants expriment une gêne liée au froid lors de leur pratique musicale, toute catégorie confondue. Si l'on croise avec la question 1, le sexe des individus, nous nous apercevons que cette gêne monte à 87,5% pour les femmes, contre 67,9% des hommes.



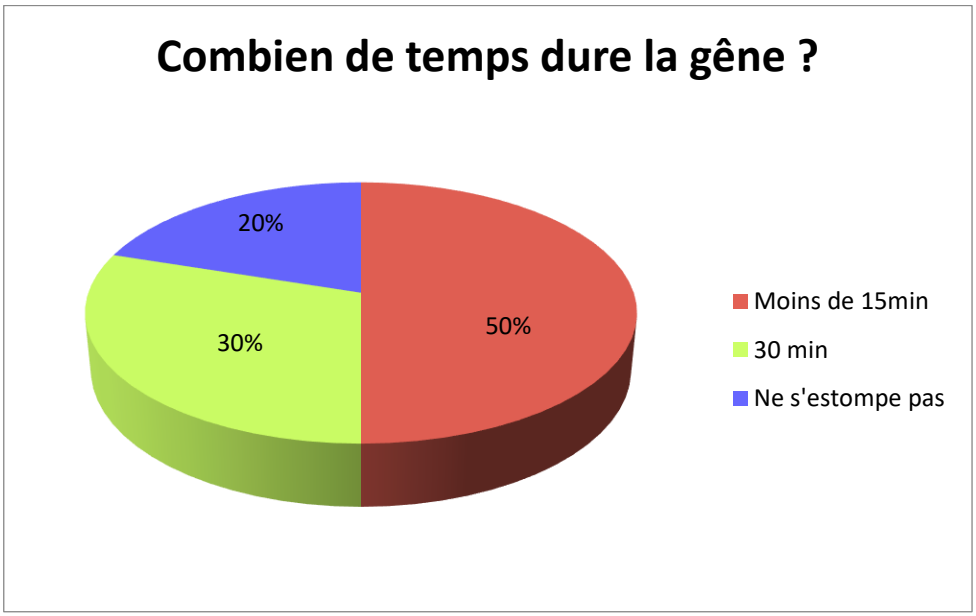

Nous pouvons déduire de ce deuxième graphique que les femmes expriment une plus grande sensibilité au froid que les hommes. L'hypothalamus, centre thermorégulateur, module ses réponses par de nombreuses substances hormonales. Comme nous l'avons vu dans la physiologie, les hormones sexuelles en font partie, expliquant un décalage thermique

au cours du cycle menstruel par exemple(1). Ceci pourrait expliquer pourquoi les femmes expriment une gêne plus importante au froid que les hommes.

Nous pouvons aussi nous questionner ici sur les 29,3% des musiciens n'exprimant aucune gêne liée au froid. Après toute la description des réactions mises en place à la suite d'une exposition au froid, nous pouvons nous questionner : comment ne pas être gêné lorsque l'on est musicien ? Deux hypothèses peuvent être émises :

- La non gêne peut être due à l'instrument. J'ai reçu le témoignage d'un tromboniste, qui disait ne pas se sentir concerné par mon étude. Il ressentait effectivement un engourdissement dans l'extrémité de ses doigts, celui-ci persistant bien souvent toute la durée de la répétition. Le trombone est joué à l'aide d'une coulisse, la prise pouvant être comparée au grasp, et ne nécessite pas une grande agilité dans les doigts. Le tromboniste n'était donc nullement gêné par ces symptômes.
- Le musicien ne se sent pas concerné par l'exposition au froid, ou encore réalise un « échauffement dissimulé ». Dans le cas d'un guitariste jouant dans un studio par exemple, il se déroule souvent un temps relativement important entre l'entrée dans le lieu chauffé et le début de la répétition. Le temps de saluer le groupe, de sortir la guitare, d'effectuer les branchements, le corps a une durée suffisante pour réguler de nouveau sa température interne, et ainsi estomper les symptômes avant même que le musicien ne touche son instrument.

Le deuxième paramètre à analyser est la durée d'expression de cette gêne.

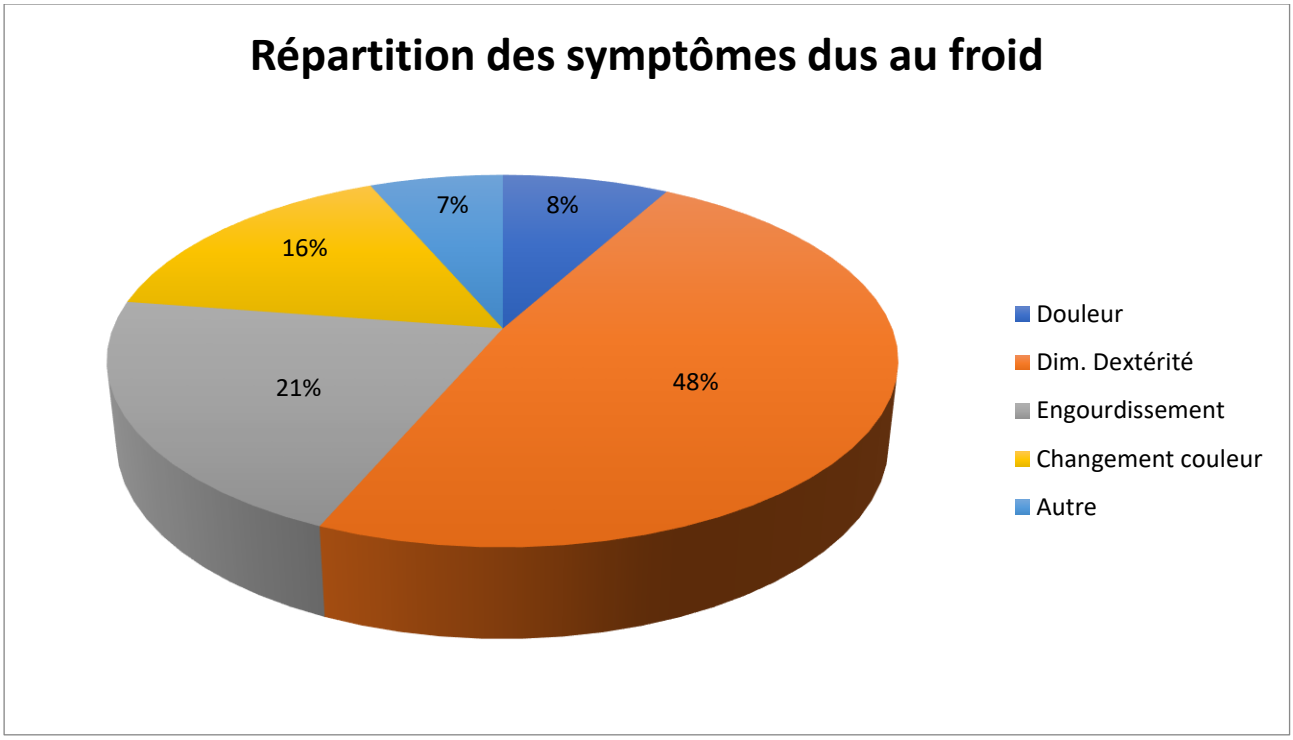



Nous nous apercevons que pour 30% des participants ayant exprimé une gêne, celle-ci persiste 30 minutes après le début de la répétition, allant même jusqu'à l'intégralité de la pratique pour une personne sur cinq. En revanche, pour la moitié de l'échantillon, cette gêne s'estompe dans les quinze premières minutes. Si être gêné durant les quinze premières minutes de jeu semble tolérable pour un instrumentiste, cela l'est beaucoup moins pour la deuxième moitié de l'échantillon, pour laquelle les symptômes persistent. Un échauffement orienté pourrait-il diminuer la durée d'expression de ces symptômes ?

Le tabac est un critère important, ses conséquences sur la vascularisation et particulièrement au niveau des capillaires distaux ne sont plus à prouver. L'échantillon est composé de 20,7% de fumeurs quotidiens, 13,2% de fumeurs occasionnels, 15% de fumeurs

expérimentaux, et 50,9% de non fumeurs[2]. Plusieurs statistiques ont été effectuées, mais les résultats ne sont pas exploitables. La question, pourtant élaborée à partir de la classification de la HAS, ne tenait pas compte du passé tabagique du répondant. De plus, le questionnaire est fondé sur le ressenti subjectif : aucune conclusion n'a pu être tirée.

Les symptômes dus au froid ont été déterminés en fonction de la recherche bibliographique préalable. D'après le graphique suivant, 48% des musiciens ayant exprimé une gêne au froid ressentent une diminution de la dextérité dans la main.




L'engourdissement est ressenti par 21% des musiciens, 16% ont noté un changement de couleur des doigts ou mains, et 8% ressentent une douleur. Parmi les réponses « autres », nous retrouvons bien souvent les lèvres pour la pratique d'instruments à vent. Un corniste a par ailleurs répondu éprouver une gêne respiratoire.

Il m'a par ailleurs semblé intéressant d'évaluer la gêne liée au froid en fonction du lieu d'exercice majoritaire. Jouer dans une église, entouré de marbre, semble à première vue beaucoup plus exposé que dans un bar bondé. Malheureusement cette question est elle aussi inexploitable, étant à choix multiple. La plupart des répondants ont coché plus de deux cases, rendant la question inexploitable.

L'intitulé exact est « quel est votre lieu d'activité majoritaire ? ». Le répondant était censé cocher le lieu dans lequel il passait le plus de temps. J'ai pensé aux professeurs partageant leur activité d'enseignement avec des concerts et représentations. Ceux-ci seraient dans l'obligation de cocher à la fois « salle de cours » et « bâtis anciens » par exemple. Ma question était donc à choix multiple. Je pense que le mot « majoritaire » est par conséquent passé au second plan, et je me suis retrouvée avec parfois l'intégralité des cases cochées. Malheureusement cette question est inexploitable, il aurait fallu un choix simple et unique.

[2] Catégories basées sur la classification officielle de la Haute Autorité de Santé (HAS).

Enfin, 69,8% des musiciens confient ne jamais effectuer d'échauffements hors instrument avant la pratique musicale. Malgré la diffusion d'informations et la considération récente du corps du musicien, trop peu de place est faite aux échauffements pré-jeu. Il est possible que ce chiffre ait été légèrement gonflé du fait de la présence de nombreux amateurs (34%) dans l'échantillon.

Données principales du questionnaire

- Les femmes semblent plus gênées que les hommes.
- Symptôme principal : diminution de la dextérité.
- Durée : 30 minutes au moins pour la moitié de l'échantillon.
- Près de 70% des musiciens ne s'échauffent pas avant de prendre leur instrument.

## 4. Facteurs intrinsèques ou extrinsèques pouvant aggraver les symptômes dus au froid chez les musiciens

De nombreux facteurs sont susceptibles d'aggraver les différents symptômes liés au froid. Bien sûr, ils sont relativement identiques pour tous les êtres humains, mais auront quelques spécificités pour les musiciens, notamment en fonction de leurs habitudes de vie ou de leur posture à l'instrument. Nous séparerons ces facteurs en deux catégories : ceux dits intrinsèques (directement en rapport avec le corps du musicien, du à son hérédité ou son comportement), et les facteurs extrinsèques (en rapport avec son exposition, son environnement).

### a) Facteurs intrinsèques

L'âge, le sexe, les antécédents traumatiques et les pathologies cardio-vasculaires sont autant de facteurs intrinsèques sur lesquels l'individu n'aura malheureusement que peu ou pas d'impact. De même, des pathologies de la glande thyroïde entraineront un dérèglement du métabolisme basal et nécessiteront des traitements, mais là encore les symptômes dus au froid risquent d'être exacerbés. Il faut aussi mentionner toutes les pathologies dont les traitements ont un effet vasoconstricteur.

Cependant, le musicien aura un impact sur ses comportements. Le tabac, les drogues et l'alcool sont largement répandus dans le monde de la musique (A.F Arcier, *Médecine des Arts*).

Le tabac : la nicotine active le système nerveux sympathique, et entraine une augmentation de la fréquence cardiaque et de la tension artérielle(18). Elle semble aussi impliquée dans le dysfonctionnement de l'endothélium vasculaire, dans l'hypertension et dans l'athérosclérose. Le tabac, en plus d'être vasoconstricteur, diminue l'arrivée d'O2 et donc entraine une efficacité moindre du muscle allant parfois jusqu'à un essoufflement.

- Le tabac peut être consommé seul, mais aussi pour couper le cannabis, ce qui semblerait encore accentuer ces symptômes(19).
- Certaines drogues (médicaments, opioïdes, drogues dures), par leur stimulation du système nerveux sympathique, seraient aussi responsables d'un dérèglement de la thermorégulation.
- L'alcool quant à lui, joue un rôle notamment sur l'hypothalamus : la mise en place du système effecteur est ralentie, et l'alcool est un facteur favorisant de gelures (20).

Le stress joue aussi directement sur le système nerveux sympathique en utilisant des neurotransmetteurs comme l'adrénaline. Ce facteur est par ailleurs un paramètre commun

à tous les milieux musicaux. Dès lors que l'on parle de performance, a fortiori en public, nous retrouvons cette notion de stress.

Enfin, il est important de demander au musicien quels sont ses loisirs, sports, voire activité professionnelle s'il s'agit d'un amateur. En effet, le volley-ball par exemple est un sport comprenant de nombreux chocs et impact pouvant avoir un effet direct à force de répétitions sur la vascularisation distale. Le syndrome de la main froide du volleyeur a d'ailleurs été décrit. De même, lors de ses activités de la vie quotidienne, la personne peut souffrir de compressions artérielles étagées, mettant à mal le flux sanguin. Un syndrome de la traversée thoraco-brachiale, en plus des symptômes nerveux qu'il entraine, peut parfois causer des troubles de la circulation.

b) Facteurs extrinsèques

Des facteurs que nous appellerons extrinsèques ou environnementaux peuvent aussi entrer dans l'addition. Ils sont bien souvent dus à l'environnement dans lequel joue le musicien. En effet, un milieu extérieur humide n'aura pas du tout le même effet sur la réponse du corps au froid qu'un environnement sec. De même, le vent entraine une convection forcée (voir p. 27-28) qui déplacera constamment l'air chaud autour du corps pour le remplacer de nouveau par de l'air froid.

Ces facteurs extrinsèques seront plus largement détaillés dans le chapitre suivant, traitant des échanges de chaleur entre le corps et son environnement.

## III) Recherche d'un protocole d'échauffement visant à diminuer ces symptômes dans la main du musicien

Près de 70% des musiciens ne pratiquent aucun échauffement musculaire ou articulaire hors instrument avant de commencer à jouer. Bien que la plupart des musiciens soient entrainés à apprendre mentalement comment analyser et interpréter le répertoire choisi, la préparation physique est souvent synonyme de travail avec instrument(21). Ainsi la plupart des professeurs, pourtant bien souvent à l'écoute de leur corps et faisant preuve d'une grande passion à l'égard de leur art, demanderont à leurs élèves de passer un maximum de temps à pratiquer leur instrument.

Dans d'autres domaines de compétition où le corps doit atteindre un haut niveau de performance, en sport par exemple, l'échauffement et la préparation précédant l'exercice même de la discipline, sont des paramètres bien connus et largement décrits et étudiés dans la littérature. Ils font partie intégrante de la routine d'entrainement : dans la pratique collective ou individuelle, les quinze ou trente premières minutes sont consacrées à un échauffement « sans ballon » ou bien sans grand rapport avec la discipline sportive en elle-même.

Pourquoi la majorité des musiciens amateurs ou professionnels, pourtant si conscients et à l'écoute de leur corps, n'ont pas pour habitude de le préparer à l'exercice physique à venir ? Nous remarquons, toujours dans le questionnaire précédent, que plus de 70% des musiciens interrogés disent ressentir une gêne liée au froid lors de leur pratique musicale (chiffre montant à 87,5% chez les femmes). Dans la suite de ce travail, nous allons rassembler les données existant dans l'échauffement tant musical que sportif, dans le but de créer un protocole d'échauffement spécifique à la main du musicien atteinte par le froid. Puis, nous étudierons les différents mécanismes et phénomènes susceptibles d'aboutir à une élévation de la température corporelle.

Le mot échauffer vient du latin *excalfacere*, directement traduit par chauffer, enflammer. En effet, nous pouvons retrouver cette notion de chaleur dans d'autres langues : dans l'anglais « heating up », « warming up » par exemple. Le but ici sera donc de rassembler les données ci-dessous, pour en faire une courte série d'exercices capables d'élever la température interne, et ainsi diminuer les symptômes liés au froid.

### 1. Habitudes d'échauffement chez les musiciens

#### a) Historique de l'échauffement

Comme dit précédemment, l'échauffement hors instrument chez le musicien amateur comme professionnel n'est pas une pratique courante, contrairement au milieu sportif. Bien souvent, lorsque l'on demande à un musicien professionnel s'il s'échauffe avant de jouer, il répond pratiquer des gammes et des arpèges, lentement, puis en augmentant progressivement la vitesse de jeu, avant de réellement répéter. Peu d'instrumentistes prennent le temps de pratiquer quelques séquences d'exercices d'assouplissement articulaire et musculaire avant le jeu. Nous retrouvons cependant quelques exemples tout au long de l'histoire, d'exercices manuels ou à l'aide de machines spécifiques, destinés à optimiser la souplesse et la dextérité de la main.

C'est lors du XVIIIème siècle notamment que la notion de virtuosité a émergé. A l'époque romantique, le culte de l'artiste conjugué à l'évolution des instruments modifie considérablement les techniques de jeu. Paganini s'illustre au violon, Liszt jette les bases du jeu « naturel » sur lequel repose la technique moderne du piano. Des appareils nommés chiroplaste, dactylion, chirogymnaste, censés assouplir ou muscler la main du musicien, voient le jour (22). Plusieurs de ces instruments sont aujourd'hui exposés au musée de la

Philharmonie de Paris, dont le chirogymnaste (figure 10) cité précédemment, et créé par Casimir Martin, en 1840. Cet instrument propose un programme complet d'exercices de main, censé améliorer l'extension, la souplesse et la musculation des doigts.

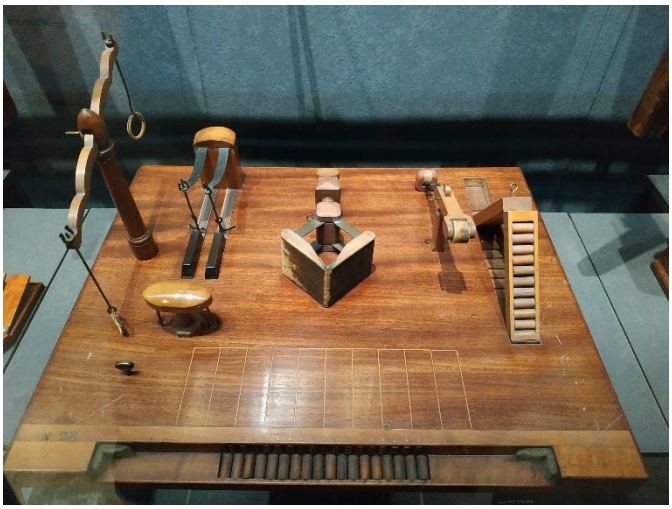


*Figure 10:chirogymnaste, photographie prise au musée de la Philharmonie de Paris*

Le pianiste Robert Schumann a quant à lui créé un outil similaire dans le but d'améliorer spécifiquement la souplesse et la dextérité de ses majeur et index droits, qu'il considérait moins souples et flexibles que les autres(23). Malheureusement, le pianiste n'a pas vu de réelle amélioration, et a au contraire développé une dystonie du majeur droit, mettant fin à sa carrière de pianiste classique. La Toccata, composée en 1830, peut d'ailleurs être intégralement jouée sans ce majeur droit.

Dans le courant du XIXème siècle, certaines machines dites d'assouplissement comme « Epigona », brevetée par l'entreprise Altermann, trouvent même leur place dans les écoles de musique françaises. Le but est d'augmenter la vélocité et la souplesse des articulations des doigts.

Petit à petit, les techniques d'échauffement dites « instrumentales » (à l'aide d'outils) se sont effacées, au profit d'exercices manuels, à l'aide du corps seul.

b) Pratiques d'échauffement actuelles(21,24,25)

Dernièrement, la préparation du musicien est portée sur deux champs majoritaires : le travail musculaire, et les étirements. Les exercices de respiration sont aussi largement abordés dans la littérature, mais ne seront pas développés ici, bien qu'extrêmement importants : toutes les réactions métaboliques ne sont rendues possibles que par la présence d'02.

Le travail musculaire à visée d'échauffement doit être bilatéral et spécifique à l'instrument, ainsi qu'aux muscles et groupes musculaires les plus sollicités lors de sa pratique. Certains exercices sont donc « obligatoires », faisant travailler les zones les plus susceptibles d'accumuler les tensions. D'autres seront facultatifs, à réaliser si le musicien dispose d'un peu plus de temps. Bien sûr, ils diffèrent d'un instrument à l'autre : nous ne ferons pas intervenir les mêmes groupes musculaires si nous jouons du violon ou du cor d'harmonie. Ces exercices sont réalisés par série de 10 lorsqu'il s'agit de contractions concentriques, à vitesse lente. La session d'échauffement actif ne dépasse jamais 10 minutes.

Le stretching ou étirement est quant à lui relativement similaire à ceux décrits dans la pratique sportive, détaillés ci-après. Les muscles ciblés seront principalement ceux sollicités « en raccourcissement » lors de la pratique de l'instrument, ou bien les muscles trop courts en fonction de la morphologie de chacun. Là encore et comme chez les sportifs, les étirements à visée d'échauffement seront préférentiellement actifs, dynamiques ou isométriques. La posologie préconisée est, avant le jeu, d'un temps de maintien ne dépassant pas 4 à 6 secondes par répétition de 3 à 5 mouvements. En tout, 10 minutes environ sont consacrées aux étirements actifs.

## 2. Habitudes d'échauffement chez les sportifs

Dans le sport, l'échauffement est ancré dans la routine d'entrainement depuis de nombreuses années. Il a pour objectif général la préparation musculaire et articulaire, en activant la circulation sanguine et la respiration. Il est effectué en premier lieu pour diminuer le risque de blessure. Il varie d'une durée de 5 à 20 minutes en moyenne, et se doit d'être progressif, tant dans l'intensité que dans le contenu (8,26).

Beaucoup de stratégies d'échauffement existent dans la littérature, parfois même contradictoires. Le point commun semble tout de même être la notion de progression. L'échauffement passe tout d'abord par des exercices dits généraux, pour aller vers une partie spécifique, directement en lien avec l'activité effectuée par la suite.

Les échauffements généraux (27)

- Démarrent bien souvent par une sollicitation aérobie sous forme de course (type footing), ou de pédalage. Elle permet une activation cardio-respiratoire et musculaire.
- Viennent ensuite ce que l'on appelle les « gammes athlétiques » telles que les montées de genoux, les talons-fesses, les pas-chassés… Toujours en gardant cette idée de progression, elles permettent une sollicitation musculaire plus intense que la seule sollicitation aérobie. C'est lors de cette phase surtout que l'on observe une augmentation de la température musculaire.
- Beaucoup de sportifs continuent leur échauffement en incorporant des étirements, dans la majorité des cas, passifs. Mais là encore, il y a plusieurs écoles : le passif, l'actif, le contracté-relâché, le balistique… Il faudra faire un choix, principalement en fonction de l'objectif voulu, et donc du sport pratiqué (Figure 11).

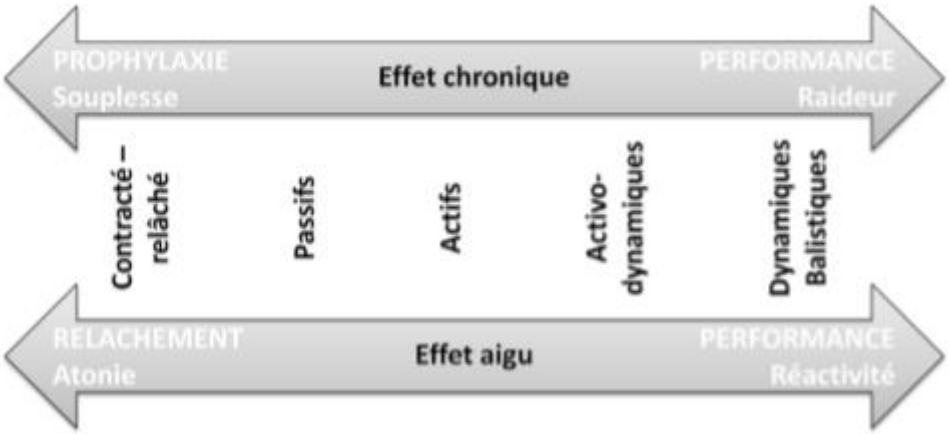



*Figure 11:Effet des différents étirements, réalisés de manière chronique ou aigue (Boudenot A).*

Les échauffements spécifiques

- Doivent correspondre le plus possible à la pratique sportive proprement dite, au geste technique réalisé. Les contractions musculaires effectuées sur les mêmes amplitudes articulaires optimisent le recrutement qualitatif et/ou quantitatif des unités motrices.
- Sont recommandés avant un entrainement, une épreuve.

### 3. Mécanismes physiologiques d'échanges de chaleur(1-3)

Tous les échanges de chaleur entre l'organisme et le milieu extérieur ont lieu à la surface cutanée. Les lois physiques régissant ces échanges de chaleur sont les mêmes que celles qui s'appliquent aux objets inanimés. On peut considérer la température d'un objet comme la « mesure de la concentration de chaleur qu'il contient ». Comme vu précédemment, la chaleur suit toujours son gradient thermique, d'une zone chaude vers une zone plus froide. Les modes de transfert de chaleur utilisés par l'organisme sont au nombre de quatre : la radiation, la conduction, la convection et l'évaporation.

#### a) Effets de la radiation

La radiation est le processus par lequel la surface de tout objet émet en permanence de la chaleur sous forme d'ondes électromagnétiques, qui se déplacent dans l'espace. Quand l'énergie thermique radiante atteint un objet et est absorbée, elle est convertie en chaleur dans l'objet. Le transfert de chaleur a toujours lieu d'un objet chaud vers un objet plus froid. L'organisme gagne donc de la chaleur par radiation à partir d'objets plus chauds que la peau comme le soleil, le radiateur, ou un feu de bois par exemple. A l'inverse, il perd de la chaleur par radiation vers des objets plus froids que la peau comme des cloisons, du mobilier ou encore des arbres. En moyenne, la perte de chaleur par radiation concerne près de la moitié des pertes de chaleur totales de l'organisme(3).

De même pour le musicien, cet effet peut être la cause de nombreuses pertes de chaleur. Prenons l'exemple d'un violoniste jouant dans le métro parisien (Figure 12). Le corps du musicien aura une température bien plus élevée que celle du mur de carrelage situé derrière lui. Les pertes de chaleur seront donc dirigées du musicien (mains, pieds et visage en priorité car bien souvent les plus exposés), vers le mur.

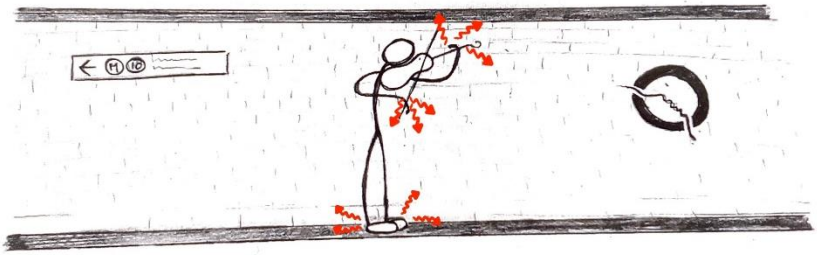
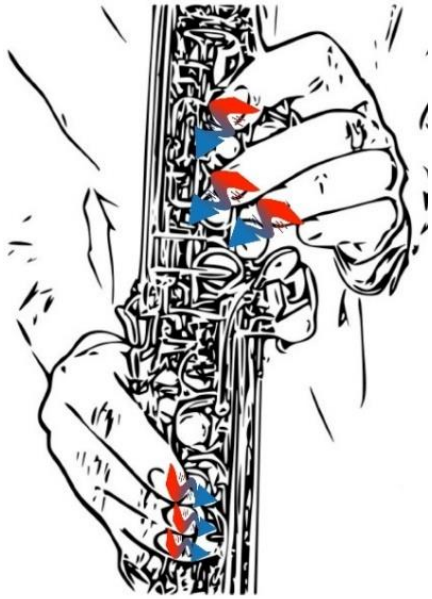


*Figure 12: Perte de chaleur par radiation chez un violoniste parisien devant un mur carrelé.*

b) Effets de la conduction

La conduction est le transfert de chaleur par contact direct entre des objets dont la température est différente. Ce principe est de même valable pour l'air et l'eau : nous pouvons donc perdre ou gagner de la chaleur par conduction avec la couche d'air directement au contact de l'organisme. Cependant, toutes les substances ne conduisent pas la chaleur de façon équivalente. L'eau est un bien meilleur conducteur de chaleur que l'air par exemple.



Le musicien est constamment soumis à ces pertes par conduction. En effet l'instrument lui-même est fait de bois (flûte…), de métal (clefs de saxophone, clarinette…) ou encore de nylon (cordes frottées). Ces matériaux, bien souvent sensiblement plus froids que la pulpe des doigts, entraineront des pertes de chaleur par conduction, du doigt à l'instrument (Figure 13).

*Figure 13: Pertes de chaleur par conduction, de la pulpe des doigts aux clefs du saxophone.*

c) Effets de la convection

Comme vu dans le paragraphe précédent, l'air adjacent au corps est réchauffé par conduction. Comme l'air chaud est moins dense que l'air frais, l'air qui entoure la surface corporelle s'élève et emporte avec lui la chaleur qu'il vient de capter de l'organisme. Cet air qui s'est éloigné est remplacé par un nouvel air plus froid, qui suit à son tour ce même trajet.

Cet effet est majoré par les mouvements forcés d'air (ou d'eau) à la surface de la peau, qu'il s'agisse de courants d'air produits par le vent ou un ventilateur, ou bien par le déplacement de l'organisme (sur un vélo par exemple). La convection forcée chasse donc l'air réchauffé par conduction plus rapidement que ne le fait la convection spontanée. A température extérieure donnée, le vent a donc un effet rafraichissant et aggrave la sensation de froid en hiver.

*Figure 14: Musicien du métro dans un courant d'air : pertes de chaleur par convection forcée.*

Ce phénomène peut être appliqué à de nombreuses situations de pratique musicale. Tout d'abord bien évidemment, les musiciens de rue sont très fréquemment confrontés au courant d'air (Figure 14). Toutefois, nous pouvons penser à des situations moins flagrantes : dans les orchestres classiques, professionnels mais surtout amateurs, la proximité est de rigueur. De violents coups d'archet, ou de brusques mouvements « d'interprétation » sont eux aussi à l'origine d'une convection forcée.

### d) Effets de l'évaporation

L'évaporation est le quatrième mécanisme de perte de chaleur par l'organisme. Pour évaporer de l'eau, la faire passer de l'état liquide à l'état gazeux, il faut lui fournir de la chaleur. Dans le cas du corps humain, c'est la peau qui fournit cette chaleur, et qui donc se refroidit. L'évaporation a lieu continuellement à travers la surface cutanée, celle-ci n'étant pas totalement imperméable aux molécules d'eau qui diffusent au travers. La perte de chaleur par évaporation cause cette sensation de froid que l'on éprouve lorsque l'on a la peau mouillée.

Pour le musicien, ce phénomène n'a pas énormément d'applications directes. Nous pouvons tout de même citer le cas d'un violoniste d'orchestre amateur se rendant à vélo à sa répétition hebdomadaire, au sein d'une église très peu chauffée. Lors de son trajet, il fournira un effort et enclenchera très certainement un phénomène de sudation. Il arrivera à la répétition avec les vêtements imbibés de sueur. Or, à l'intérieur de l'église, il fait frais : le corps va tenter de faire évaporer cette eau collée à la peau, et le violoniste sera rapidement glacé s'il ne se sèche pas et ne change pas de tenue.

## IV) Elaboration du protocole

Dans cette partie, je vais tâcher d'expliquer le déroulement de mon questionnement, en fonction des recherches et des démarches effectuées. C'est la mise en commun de chacun des éléments précédents qui m'a fait aboutir à cette proposition de protocole.

Etant moi-même musicienne d'orchestre et constamment gênée par le froid, j'ai naturellement commencé à m'intéresser au sujet. Dans l'église dans laquelle nous répétons, les mois d'hiver sont souvent difficiles : la salle est très mal chauffée et partiellement recouverte de marbre, chaque membre de l'orchestre y va de son astuce pour tenter de se réchauffer les mains. Lorsque j'ai commencé à en parler dans mon cercle de connaissances, puis de patients musiciens, j'ai bien vite compris que ce problème n'était pas uniquement réservé aux amateurs jouant dans les bâtis anciens. S'il me paraissait évident que mon collègue joueur de bignou subissait les mêmes problèmes que moi à défiler dans le froid et le vent breton, je ne pensais pas aux salles de concert climatisées par exemple, dont on m'a parlé à plusieurs reprises.

À la suite de l'élaboration du questionnaire et de l'analyse des résultats, j'ai pu me rendre compte que mon hypothèse « le froid est une gêne à la pratique musicale » était bien vérifiée, près de 70% des répondants la ressentent.

En étudiant la physiologie de la thermorégulation et les trajets artériels, j'ai retenu deux grands points, desquels ont découlé deux hypothèses.

- Dans la partie sur la physiologie de la thermorégulation, nous avons pu voir que l'hypothalamus intégrait la somme des informations parvenant des thermorécepteurs pour en faire une température moyenne. En fonction, il déclenche les mécanismes de réponse, comme la vasoconstriction et l'activation des shunts artério-veineux, principaux responsables des diminutions de fonction à la main.
    - ✓ Si nous augmentons la température perçue par les thermorécepteurs cutanés en amenant une source de chaleur, l'hypothalamus n'entrainerait-il pas un relâchement de la vasoconstriction et des sphincters pré-capillaires ?
    - ✓ De même, une augmentation de la température interne directement induite par une augmentation du métabolisme et donc de l'activité physique n'induirait elle pas la revascularisation des extrémités ? Et dans ce cas, serait-il judicieux d'utiliser le modèle du frisson comme travail musculaire volontaire ?

- De la partie sur la vascularisation, j'ai surtout retenu les multiples endroits où les vaisseaux pouvaient être comprimés. L'apport en O2 sur place est directement en rapport avec la bonne conduction du sang artériel.
    - ✓ Avant de démarrer le jeu, il serait sans doute judicieux de diminuer les facteurs responsables de syndromes de compression étagée. De même que pour les syndromes canalaires, un étirement répété des muscles antérieurs ainsi qu'un renforcement postérieur pourraient-ils améliorer la perfusion distale ?
    - ✓ Je me suis de même posé la question de l'ajout d'une composante balistique à la partie musculaire de l'échauffement. Si, en plus de la contraction musculaire responsable en elle-même d'une production de chaleur, nous donnions une accélération centrifuge au mouvement, le flux sanguin ne serait-il pas accéléré dans les artères ?

J'ai ensuite étudié tous les mécanismes thermodynamiques à l'origine d'échanges de

chaleur entre deux objets, et leurs applications au corps du musicien. De là est venue une autre idée pour mettre en pratique ma première hypothèse, pourquoi ne pas tenter d'augmenter la température au niveau des thermorécepteurs cutanés par conduction ? La mise en contact prolongé avec un objet plus chaud transférerait de la chaleur vers le corps.

Ensuite, pour mettre en pratique ma deuxième hypothèse (augmenter la température interne directement par une augmentation de l'activité métabolique), je me suis documentée sur la pratique d'échauffements sportifs. Là où le musicien aura parfois tendance à bichonner son instrument plus que lui-même (Figures 15 et 16), le sportif a depuis longtemps placé son corps au centre de sa performance.

*Figure 15 :(21)*

*Figure 16: Maurice Baquet par Robert Doisneau*

Bien sûr, la comparaison ne peut pas être poussée jusqu'au bout : l'échauffement en sport a pour première vocation d'éviter la blessure, puis de maximiser la performance. En sport, l'effort mobilise souvent de grosses masses musculaires, et l'échauffement sera donc progressif dans l'intensité cardio-vasculaire. Les exercices décrits mobilisent la plupart du temps la totalité du corps.

En musique, on n'utilise rarement de telles masses musculaires. Les muscles et les mouvements sont plus fins. Ainsi, l'échauffement doit préparer à trois paramètres : l'intensité de jeu, sa durée, et la vitesse des mouvements. D'autre part, les musiciens se heurtent à des contraintes logistiques que les sportifs n'ont pas :

- Bien souvent, la promiscuité est de rigueur. Dans les orchestres par exemple, le musicien n'aura pas toute la liberté de mouvement souhaitée pour réaliser ses échauffements.
- D'autre part, les échauffements n'étant pas monnaie courante dans la pratique musicale, un jugement peut être émis de la part des pairs. Plusieurs musiciens expriment donc le souhait que les exercices puissent être réalisés le plus discrètement possible.

La notion de progression dans l'intensité de l'effort sera tout de même respectée dans le protocole que je proposerai.

Pour reprendre le fonctionnement de la thermogenèse, je me suis basée sur deux concepts :

- Aider le corps du musicien à conserver au maximum sa chaleur (limiter les pertes),
- Augmenter la température cutanée (produire de la chaleur).

La première partie concernant une limitation des pertes comprend toutes les mesures pouvant être prises préalablement à l'échauffement, en préventif. Enfin, la production de chaleur est la proposition d'échauffement en lui-même.

Une synthèse de toutes les notions vues précédemment a été effectuée, et appliquée à des situations propres au musicien. J'ai donc pu en tirer bon nombre de mesures préventives pouvant être mises en place sur le long terme ou à courte échéance avant le jeu, pour limiter les pertes de chaleur.

- S'il est amené à jouer un certain moment au froid, le musicien est invité, même si cela parait évident, à **se couvrir le corps**. L'ISO (International Organization for Standardization) a mis en place en 2008 des mesures de protection contre le froid des personnels : organisation des tâches, vêtements adaptés à la température de travail en fonction de l'activité physique, gants, isolation des surfaces métalliques accessibles(20)… Une unité d'isolation thermique pour les vêtements et les gants, le « clo » a été mise en place. Si cela parait adapté au milieu du travail, un musicien est soumis à des contraintes esthétiques et de représentation que n'a pas un ouvrier de chantier par exemple. En effet, le compromis est difficile à trouver pour les instrumentistes « exposés » : des conventions vestimentaires doivent être respectées, ne laissant guère de place aux après-skis et autres chaussettes thermiques. De même, l'usage de gants ou de mitaines rend impossible l'utilisation d'un instrument. Plusieurs solutions peuvent tout de même être mises en œuvre :
    - ✓ Couvrir ce qui peut l'être : en protégeant doublement le corps et le thorax, nous conservons la chaleur du noyau central. Sous la robe de concert, des sous-vêtements thermiques seront les bienvenus, ainsi qu'une étole ou veste, si l'instrument le permet.
    - ✓ Les gants doivent être mis pour isoler la peau du milieu extérieur lorsque cela est possible : avant le jeu pendant le trajet, entre les sets.

- Une autre mesure est de **s'éloigner des murs et des surfaces froides**, le plus possible et en fonction des contraintes logistiques, pour lutter contre les pertes de chaleur par radiation.

- **Protéger son instrument**, l'isoler au maximum du milieu ambiant froid est un des moyens de lutter contre les pertes de chaleur par conduction.

- **Eviter** au maximum les **courants d'air et la ventilation** pour lutter contre les pertes par convection forcée. Ceci est valable pour les musiciens jouant dans des salles modernes (air conditionné), dehors (exposition sur un pont ou à un angle de rue), ou encore au sein d'un groupe (avoir une certaine distance, encore une fois dans la mesure du possible, avec ses collègues pour limiter l'effet de leurs mouvements sur l'air adjacent).

- **Apporter des vêtements de rechange** pour éviter les pertes dues à l'évaporation rendant la sueur glaçante, dans le cas où le trajet engendrerait un effort important.

- Evidemment, il sera conseillé au musicien de **diminuer sa consommation tabagique**, ainsi que d'autres produits stupéfiants. Il est observé, très rapidement après l'arrêt de la cigarette, une meilleure perfusion de l'extrémité distale des doigts.

- Il est aussi conseillé de **manger** quelques heures avant la pratique musicale. L'ingestion d'aliments élève rapidement le métabolisme de 10 à 20% pendant quelques heures après le repas. Cet effet est appelé thermogenèse post-prandiale. Il semblerait que l'effet soit plus marqué lorsque les aliments ingérés sont des protéines. L'apport de glucides influe aussi directement sur l'hypothalamus. Attention ici à l'effet du menthol : il accentue la sensation de froid car se fixe sur thermorécepteurs

sensibles au froid(4).

- Si l'ingestion de menthol (chewing gum, pastille) n'a pas d'incidence significative sur la diminution de la température corporelle, il faut néanmoins faire attention à **ne pas se masser avec un gel au menthol** dans le cas d'une douleur musculaire par exemple(28).

- Il est aussi important de **pratiquer une activité physique compensatrice** de l'instrument. En effet, il est primordial d'avoir les muscles postérieurs solides, et d'ouvrir les espaces de compression antérieurs pour pouvoir laisser libre circulation aux nerfs (29). Ceci est aussi applicable aux artères, ces deux structures cheminant bien souvent ensemble, au sein du paquet vasculo-nerveux. Bien sûr, le musicien doit adopter la position la plus physiologique possible à son instrument.

- Des techniques de **diminution du stress** peuvent être mises en place. Plusieurs exercices de respiration existent, alliant l'atténuation du stress à une meilleure distribution de l'O2. De plus, jouer au froid avant une grande échéance peut être une façon de tester les techniques et ainsi dédramatiser. Enfin, la mise en place d'une routine d'échauffement peut elle aussi être un moyen de contrecarrer l'appréhension de se retrouver confronté au froid.

Après avoir détaillé toutes ces mesures préventives permettant de limiter les pertes de chaleur de l'organisme, nous allons détailler la réflexion de mise en place du protocole d'échauffement, susceptible d'augmenter la production de chaleur. Ce protocole se doit d'être applicable par tous les musiciens, dans toutes les situations et dans tous les contextes. C'est pourquoi aucun adjuvant n'a été envisagé : l'accordéoniste de rue ne pourra pas faire chauffer sa bouillotte à chaque inter-set, seul le corps du musicien doit être utilisé. J'ai donc rassemblé les données précédentes pour créer une courte série d'exercices visant à augmenter la température musculaire. En augmentant la température interne, deux conséquences majoritaires sont observées :

- ✓ Une meilleure efficacité musculaire permise grâce à un recrutement différent des fibres lorsque la température augmente.
- ✓ Une augmentation de la température perçue par l'hypothalamus. A la réception de cette information, celui-ci diminue les mécanismes de réponse au froid. Une revascularisation des extrémités pourrait être observée.

Une question s'est posée : que faire de la respiration ? En effet, une ventilation pulmonaire amplifiée augmenterait l'apport d'O2 et maximiserait les réactions enzymatiques. De plus, comme vu précédemment, elle peut être un bon moyen de diminuer le stress. Les instrumentistes à vent sont bien souvent habitués dès leur plus jeune âge à travailler sur leur respiration. Mais les cordistes par exemple, ou encore les musiciens « non classiques » jouent la plupart du temps sans se soucier de leur respiration, voire en apnée. Il a été décidé d'intégrer la respiration aux autres parties de l'échauffement, sans en faire un exercice à part entière. En effet, des exercices respiratoires seuls seraient relativement statiques pour le reste du corps, et diminueraient d'autant plus la température interne. La respiration la plus efficace est la respiration abdominale. Etant parfois difficile à ressentir pour les musiciens non habitués, elle sera intégrée à un exercice n'exigeant pas une grande demande attentionnelle.

Il a été décidé que l'échauffement dans son intégralité durerait environ 5 minutes, pour des raisons pratiques. Bien souvent le musicien n'est pas habitué à s'échauffer, et une durée plus importante aboutirait certainement à une non utilisation du protocole. A l'inverse un temps

plus court diminuerait l'efficacité des exercices. Il doit être réalisé avant la prise même de l'instrument (celui-ci restant bien au chaud dans la housse pendant toute la durée de l'échauffement). Il peut être reproduit plusieurs fois pendant la répétition, des temps de pause pouvant être aménagés à cet effet si le climat l'oblige. L'idée de progression a été retenue des échauffements sportifs : le but est de préparer les muscles, tendons et articulations à l'effort. Démarrer par des sauts, des montées de genoux, et finir par des mobilisations de poignet lors d'un entrainement de basket par exemple n'aurait aucun sens : tous les bénéfices de l'augmentation de chaleur obtenus à l'issue de la première phase seraient réduits à néant.

Le premier exercice à effectuer est le réchauffement des extrémités distales des doigts par conduction. Au contact prolongé avec une région plus chaude, les thermorécepteurs cutanés gagneront de la chaleur. Deux régions ont été envisagées, la région des fessiers, et les creux axillaires. Dans le premier cas, une hyperpression risque de s'ajouter à la vasoconstriction. Le creux axillaire a donc été retenu. Cet exercice étant par définition totalement statique, il a été décidé d'ajouter des mobilisations rapides des muscles des membres inférieurs, calquées sur le modèle du frisson. De plus, la demande attentionnelle n'étant pas extrêmement importante pour cet exercice, c'est ici que nous ajouterons la respiration abdominale. Concrètement, nous résumerons cet exercice en trois composantes, le tout durant **90 secondes** (la conduction n'est efficace que si elle est prolongée).

- ✓ Croiser les avant-bras, pour **disposer chaque main sous le creux axillaire opposé**. (Figure 17) La plus grande surface doit être apposée : le but ici est d'envoyer aux récepteurs cutanés l'information que la température remonte, mais aussi d'apporter un milieu plus physiologique aux muscles intrinsèques. Attention, ici il ne faut surtout pas frotter la pulpe des doigts au tissu du vêtement. Le frottement entraine un échauffement physique, et s'il est trop important (feedback sensitif altéré par le froid) peut entrainer une brûlure par friction. De même, nous pourrions être tentés de mettre nos mains directement sur le radiateur pour les réchauffer par conduction : là encore la diminution de sensibilité pourrait entrainer une brûlure.

- ✓ **Décoller les talons du sol**, rapidement et de manière alternée ou simultanée, selon la facilité d'exécution. Imitant le frisson, cette contraction permettra de fournir un maximum de chaleur pour un minimum de travail externe. Attention, une fatigue musculaire peut apparaître très rapidement, surtout si le muscle est froid. Dès qu'une sensation de lassitude, de tension musculaire ou de courbature, est pressentie, stopper le mouvement durant 6 secondes. Puis reprendre.

- ✓ Respirer en adoptant une **respiration abdominale**. Prendre une inspiration lente et profonde par le nez, en vérifiant que l'abdomen se gonfle en premier, et permet l'entrée de l'air dans les poumons. Une fois l'inspiration maximale atteinte, commencer à souffler par la bouche. Se concentrer sur la fin de l'expiration, et rentrer le ventre pour expulser le reste de l'air. Attention, aucun des mouvements ne doit être forcé. Si un léger vertige apparait, reprendre une respiration normale sur quelques cycles, puis recommencer. La prise de conscience de la respiration abdominale est parfois difficile à obtenir, elle pourra être travaillée en amont, à l'aide notamment d'une main placée en rappel sur l'abdomen.

*Figure 17: Réchauffement par conduction.*

Le deuxième exercice à réaliser en suivant la progression serait logiquement l'étirement. L'étirement a pour but de stimuler les récepteurs kinesthésiques par traction sur les membranes articulaires, et de favoriser le glissement des cartilages par la circulation du liquide synovial. Au niveau musculaire, il permet de préparer le muscle à un effort, de le présenter dans un état tonique approprié à ce que l'on va exiger de lui. Il doit donc bien évidemment avoir lieu avant le travail musculaire spécifique en lui-même. Quel mode d'étirement adopter ? Je me suis posé la question ici de l'ajout de la composante balistique. En effet, il aurait été optimal d'ajouter cette composante d'accélération du flux sanguin à l'étirement du muscle. Or, les étirements balistiques sont souvent brutaux(25) : sources de réactions tissulaires désagréables et souvent mal contrôlés, ils sont même susceptibles de déclencher un stretch reflex allant à l'inverse de l'effet désiré. Ceci combiné au manque de place souvent observé, j'ai abandonné l'idée de l'étirement balistique. Les étirements ne seront pas non plus passifs, cela n'irait pas dans le sens de la production de chaleur. Quel groupe musculaire choisir ? Lors du chapitre sur les étirements musculaires adaptés au musicien, nous avons vu que les groupes ciblés étaient ceux mis en raccourcissement lors de la pratique musicale, ou en fonction de la morphologie de chacun. Le protocole doit être applicable au plus large échantillon possible. J'ai donc choisi de cibler deux groupes musculaires, communs à la majorité des instrumentistes. Le musicien alternera entre ces deux exercices. Chaque position d'étirement est maintenue 5 secondes, chaque série contenant 4 mouvements. Les étirements étant bilatéraux, ils doivent être réalisés deux fois pour chaque groupe musculaire choisi. Il est là aussi possible de coupler les étirements aux exercices de respiration abdominale vus précédemment. Ceci n'est faisable que si le musicien est déjà sensibilisé à la respiration abdominale, qu'elle ne lui demande pas une attention trop importante. Cet exercice durera environ **90 secondes**.

- ✓ Le premier groupe musculaire choisi est celui des **muscles latéraux du cou** : en effet, ils sont mis en raccourcissement dans la plupart des instruments, fermant ainsi la pince costo-claviculaire. Cet étirement permet d'ouvrir la pince costo-claviculaire pour libérer le paquet vasculo-nerveux en proximal. De plus, la contraction permet l'augmentation de température, et la préparation du muscle à son utilisation. (Figure 18).
    - Position initiale : saisir avec une main le poignet du côté à étirer, tracter vers le sol pour fixer l'épaule vers le bas.
    - Mise en tension : incliner la tête du côté opposé, sans la tourner, jusqu'à sentir la tension à la face latérale du cou.

- ✓ Le deuxième groupe choisi est celui des **<u>fléchisseurs extrinsèques des doigts</u>**. Je me suis posé la question d'un étirement bilatéral simultané (Figure 19) Cette option me semblait entrer en contradiction avec la volonté de ne pas mettre en tension le paquet vasculo-nerveux. En effet, cette position possède plusieurs paramètres similaires à la position de mise en tension du plexus brachial. J'ai donc préféré l'étirement d'un membre supérieur après l'autre (Figure 20).
    - ➢ Position initiale : étirement global, la paume est tournée vers l'avant, les doigts orientés vers le bas ; l'autre main vient saisir les doigts.
    - ➢ Mise en tension : pousser le talon de la paume de la main vers l'avant tout en retenant les doigts en arrière. La tension doit être ressentie à la face antérieure de l'avant-bras.

*Figure 18*

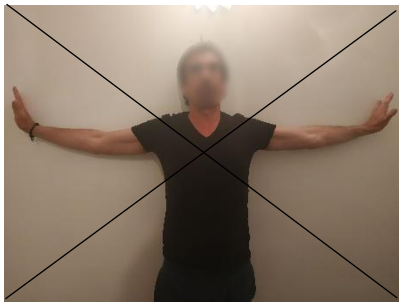


*Figure 19*

*Figure 20*

<u>Le troisième exercice</u> enfin, se doit d'être supérieur en intensité aux précédents, et plus spécifique à la pratique à suivre, si l'on veut poursuivre la notion de progression. Il faudra ici se rapprocher au maximum du mécanisme de frisson (série de cycles contraction/relâchement rapides à l'origine d'une production d'énergie correspondant en quasi-totalité à une production de chaleur, aux dépens du travail externe), sans pour autant occasionner de fatigue ou de surmenage musculaire. Ici, j'ai décidé de faire travailler les muscles extrinsèques et intrinsèques de la main. Ces exercices sont effectués de manière bilatérale. En effet, le seul point commun à tous les instrumentistes est l'utilisation précise et rapide de leurs mains. La personne est en position assise, les mains posées sur les cuisses pour un relâchement optimal. Entre chaque exercice, le musicien observera une pause de six secondes. La série d'exercice sera effectuée deux fois de suite, pour une durée approximative de **90 secondes**.

- ✓ Passer de la **<u>position de repos à poing quasi-fermé</u>**, le plus vite possible, sans jamais serrer le poing totalement. Aucune force ne doit être appliquée, et les doigts doivent effleurer la paume de la main. Il ne sera pas tenu compte du pouce pour cet exercice. Cette séquence doit durer <u>dix secondes</u>. De même que pour le premier exercice, si une forme de fatigue ou de tension anormale se fait sentir, il ne faut pas persévérer et faire une pause.
    - ➢ La position de départ (Figure 21) est la position de repos. En effet, c'est dans cette position que les fléchisseurs des doigts fournissent le moins d'énergie pour se contracter(30).
    - ➢ La position d'arrivée (Figure 22) est atteinte lorsque les doigts effleurent la paume de la main. Ainsi, les fléchisseurs auront travaillé de la course moyenne à la course interne, ceci restant en accord avec le faible travail externe dépensé dans le frisson : plus d'énergie sera convertie en chaleur.

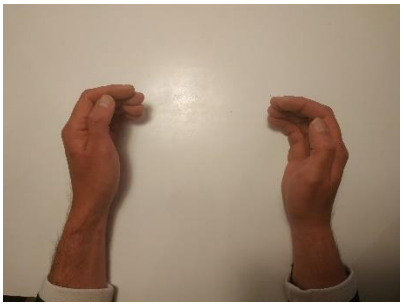


*Figure 21*

*Figure 22*

- ✓ Passer de la position **<u>main ouverte à poing fermé</u>**, lentement, mais en allant au bout du mouvement. Réaliser <u>10 mouvements</u>.
  - ➢ La position de départ (Figure 23) correspond à une main totalement ouverte, toutes les articulations en extension.
  - ➢ La position finale (Figure 24) correspond à un poing totalement fermé, pouce à l'intérieur. Ainsi, tous les muscles impliqués dans l'enroulement global seront mis à contribution, et échauffés.

*Figure 23*

*Figure 24*

- ✓ Passer de la position **<u>doigts serrés à doigts écartés</u>**. Séparer lentement les doigts les uns des autres, autant qu'il est possible, puis les rapprocher. Rester dans des amplitudes tolérées, ne jamais forcer. Réaliser 10 contractions.
  - ➢ La position de départ (Figure 25) correspond à la position de repos, les doigts serrés.
  - ➢ La position finale (Figure 26) est la position d'écart maximal (sans douleur et sans forcer) des doigts. Ainsi, les interosseux pourront être échauffés sur toute leur course.

*Figure 25*

*Figure 26*

# CONCLUSION

L'interprétation musicale implique la contraction et la relaxation de dizaines de muscles, à une vitesse élevée et de manière prolongée. Dans certains styles de jazz, le tempo atteint parfois des sommets à la limite de la réalisation. Quant aux opéras classiques, que dire de *Tristan und Isolde* de Wagner par exemple, pouvant durer plus de quatre heures ? Pour tenir de tels impératifs, le musicien doit être en pleine possession de ses moyens, physiques comme psychologiques. Lors de ce travail, nous avons largement étudié l'impact négatif du froid sur la performance musicale. De nombreuses mesures peuvent être mises en place en amont pour diminuer ces symptômes. Sur le long terme le musicien doit conserver un équilibre musculaire, une bonne hygiène de vie, ainsi qu'adapter ses conditions de jeu dans la mesure du possible. Le protocole d'exercices élaboré dans ce travail peut être mis en place juste avant de jouer, pour tenter d'améliorer la perfusion distale.

Une prochaine étape serait de réaliser une étude statistique pour objectiver l'efficacité ou non d'un tel protocole. Nous pourrions considérer deux groupes au sein du même échantillon : un groupe témoin, ne bénéficiant d'aucun échauffement spécifique, et un groupe test réalisant le protocole. Un thermomètre infrarouge (précis à 0,1°C) pourrait mesurer les variations de température cutanée à plusieurs instants de la répétition, et un questionnaire sur le ressenti du musicien pourrait être complété. La logistique d'une telle étude semble toutefois extrêmement compliquée : les participants doivent être soumis rigoureusement aux mêmes conditions climatiques, avoir le moins de facteurs intrinsèques favorisants possibles, les mesures doivent être prises en un laps de temps minimum. De nombreux biais seraient de même à éliminer. La mise en place de cette étude semble pour l'instant bien ambitieuse, mais mériterait d'être le fruit d'un tout nouveau travail.

## Références bibliographiques


1. Martin C, Riou B, Vallet B. Physiologie humaine appliquée. Arnette. 2017.

2. Widmaier EP, Raff H, Strang KT, Widmaier EP, Vander AJ. Physiologie humaine: les mécanismes du fonctionnement de l'organisme : Vander. 2013.

3. Sherwood L. Physiologie humaine. de boeck. 2015.

4. Ganong WF, Jobin M. Physiologie médicale. Bruxelles: De Boeck; 2012.

5. Jänig W. Peripheral thermoreceptors in innocuous temperature detection. In: Handbook of Clinical Neurology. Elsevier; 2018.

6. Rivolier J. Rappel de quelques éléments de la physiopathologie du froid. Revue Francaise d'apos;Allergie. déc 1965;5(5):286-95.

7. Tabarean I. Central thermoreceptors. In: Handbook of Clinical Neurology [Internet]. Elsevier; 2018

8. Wilmore JH, Costill DL, Kenney LW. Physiologie du sport et de l'exercice. Bruxelles: De Boeck; 2009.

9. Marieb EN, Marieb EN. Biologie humaine: principes d'anatomie et de physiologie. Paris: Pearson Education France; 2008.

10. Taylor NAS, Machado-Moreira CA, van den Heuvel AMJ, Caldwell JN. Hands and feet: physiological insulators, radiators and evaporators. European Journal of Applied Physiology. oct 2014;114(10):2037-60.

11. Tansey EA, Johnson CD. Recent advances in thermoregulation. Advances in Physiology Education. sept 2015;39(3):139-48.

12. Wiel E, Lebuffe G, Vallet B. Physiologie vasculaire et microcirculatoire. In: Physiologie humaine appliquée. Arnette. 2017. p. 73-82.

13. Billat V. Physiologie et méthodologie de l'entraînement: de la théorie à la pratique. Bruxelles: De Boeck; 2012.

14. Dictionnaire de la langue française, Larousse.

15. Gable C, Xenard J, Makiela E, Chau N. Evaluation fonctionnelle de la main. Bilan 400 points et tests chiffrés. Ann Réadaptation Méd Phys. 1997;(40):95-101.

16. Hallé F. Plaidoyer pour l'arbre. Arles: Actes Sud; 2014.

17. Singly F de. L'enquête et ses méthodes: le questionnaire. Paris: Armand Colin; 2012.

18. Dupont P, Benyamina A, Aubin H-J. Sécurité d'emploi de la nicotine au long cours : le débat n'est pas clos. Revue des Maladies Respiratoires. déc 2016;33(10):892-8.

19. Bouccin E, Eloye H, Hantson P. Complications vasculaires périphériques, cardiaques et cérébrales associées à l'utilisation du cannabis. Toxicologie Analytique et Clinique. juin 2016;28(2):115-28.

20. Launay J-C, Bourrilhon C, Savourey G. Travail au froid; 2011.

21. Rosset i Llobet J, Odam G, Oliveres i Gili À, Garrabé H, Arcier H. Le corps du musicien: manuel de prévention pour une pratique optimale. Montauban: Alexitère; 2009.

22. Beau E, Levacher d'Urdé. De l'anatomie de la main considérée dans ses rapports avec l'exécution de la musique; 1846.

23. Altenmüller E. Robert Schumann's Focal Dystonia. In: Bogousslavsky J, Boller F, éditeurs. Frontiers of Neurology and Neuroscience [Internet]. Basel: KARGER; 2005

24. Rosset i Llobet J, Fàbregas Molas S. L'entraînement physique du musicien. Montauban: Alexitère; 2007.

25. Boutan M. Le stretching du musicien, guide pratique des étirements myotendineux. Alexitère. 2007. (Médecine des Arts).

26. Boudenot A, Jaffre C, Portier H. Comparaison de quatre méthodes d'échauffement sur la performance lors du Wingate test. Kinésithérapie, la Revue. févr 2014;14(146):34-8.

27. Boudenot A. Stratégies de l'échauffement sportif à l'entraînement et en compétition. Science & Sports. juin 2018;33(3):137-44.

28. Calvino B. Douleur et canaux ioniques. Douleurs : Evaluation - Diagnostic - Traitement. févr 2006;7(1):23-7.

29. Degez F, Blouin C, Raimbeau G, Saint-Cast Y. Prise en charge des syndromes canalaires classiques du membre supérieur : à propos d'une série continue bi-opérateurs de 65 cas vus en 2006. Chirurgie de la main vol. 30 n°6, Elsevier Masson décembre 2011, 463-464.

30. Savage R. The influence of wrist position on the minimum force required for active movement of the interphalangeal joints. The Journal of Hand Surgery: Journal of the British Society for Surgery of the Hand. août 1988;13(3):262-8.