

# **ÉTUDE THERMOGRAPHIQUE DE PIANISTES LORS D'UNE SÉANCE DE TRAVAIL : ÉVOLUTION DE LA TEMPÉRATURE SUPERFICIELLE DES MUSCLES ET PREMIÈRES INTERPRÉTATIONS**

**Christophe L. Herry, Rafik A. Goubran**

Department of Systems and Computer Engineering, Carleton University

**Monique Frize**

Department of Systems and Computer Engineering, Carleton University  
École d'ingénierie et des technologies de l'information, Université d'Ottawa

**Gilles Comeau**

Département de musique, Université d'Ottawa

---

## **INTRODUCTION**

L'existence et la spécificité des problèmes médicaux des musiciens instrumentistes ont finalement été reconnues par la communauté médicale et scientifique dans les années 1980 et de nombreuses études ont été entreprises depuis sur le sujet. De nombreuses lacunes subsistent néanmoins, en particulier en ce qui concerne la compréhension des mécanismes et de l'évolution des pathologies médicales chez les musiciens. L'activité des muscles lors de la pratique d'un instrument est un paramètre important pour l'identification des premiers signes de troubles musculosquelettiques. Différentes techniques invasives existent pour enregistrer l'activité des muscles, la plus courante étant l'électromyographie. Cependant, il est souhaitable de procurer un environnement naturel au musicien si l'on veut reproduire le comportement habituel des muscles. Une autre méthode moins fréquente est l'analyse de la température des muscles, qui dans le cas des muscles superficiels du bras et de la main, peut être mesurée à distance à l'aide d'une caméra infrarouge. L'évolution des températures au cours de la séance de travail permettrait non seulement d'évaluer l'activité des muscles superficiels, mais également d'identifier les premiers signes d'origine inflammatoire des troubles musculosquelettiques. Un autre sujet encore débattu dans bien des domaines y compris dans le milieu du sport est l'échauffement physique et ses vertus. Il est encore bien souvent négligé dans le domaine musical même si les performances musicales ne sont pas forcément très éloignées des performances sportives. Le suivi des températures des muscles pourrait également nous fournir des renseignements importants dans ce domaine. Ce projet pilote se concentre sur un groupe d'instrumentistes spécifiques : les pianistes. Les premiers résultats sont présentés dans la suite de cet article.

À terme, ce projet se propose de fournir aux enseignants et pédagogues les connaissances nécessaires à l'élaboration de techniques musicales réduisant la fréquence des problèmes médicaux chez les musiciens.

## GÉNÉRALITÉS

### **Troubles musculosquelettiques liés à la pratique du piano**

Les troubles musculosquelettiques liés à la pratique du piano (TMLPP) affecteraient un grand nombre de musiciens. Les chiffres varient parmi les experts selon les critères plus ou moins rigoureux retenus pour qualifier ces troubles. Cependant, même en considérant les études les plus prudentes, les TMLPP toucheraient quelque 43 % des musiciens professionnels et 17 % des jeunes musiciens (Zaza, 1998). Les estimations des experts sur la fréquence des TMLPP dépassent parfois même les 80 % si les maux et douleurs légers sont pris en compte. Toutefois, il n'existe pas de consensus sur la définition des TMLPP, bien que l'on s'accorde généralement sur le caractère chronique, inhabituel et imprévisible des symptômes ainsi que sur l'influence profonde des troubles musculosquelettiques sur la manière de jouer (Tubiana et Amadio, 2000). Ainsi, certains chercheurs considèrent que seul le musicien est à même de définir et de qualifier la sévérité des troubles affectant sa façon de jouer. Les TMLPP recouvrent en effet un ensemble varié de symptômes et de pathologies neuromusculaires (tendinite, paratendonite, dystonie focale, syndrome du canal carpien) qui touchent principalement les tissus musculosquelettiques des extrémités supérieures (mains, bras, épaules, cou, visage, dos) (Bejjani, Kaye et Benham, 1996 ; Bertsch et Maca, 1997 ; Wynn Parry, 2003 ; Tubiana et Amadio, 2000). Ces symptômes sont certainement aggravés, sinon causés, par le travail répétitif et parfois forcé des tissus neuromusculaires lors de la pratique régulière d'un instrument de musique. De plus, une large majorité de ces troubles sont d'ordre inflammatoire et s'accompagnent de douleur chronique pouvant se manifester en dehors des séances de travail. La multiplicité des symptômes, le fait qu'ils ne soient pas nécessairement propres aux TMLPP et le caractère subjectif de la douleur associée à ces symptômes rendent le diagnostic souvent bien difficile à établir, sauf à un stade avancé nécessitant une intervention chirurgicale suivie d'une période plus ou moins longue de rééducation, ou bien l'arrêt temporaire ou définitif de la pratique de l'instrument (Bejjani, Kaye et Benham, 1996 ; Lederman, 2003 ; Nourissat, Chamagne et Dumontier, 2003). Cependant, l'établissement d'un diagnostic est grandement facilité lorsque le médecin spécialiste a en main l'historique du patient, accompagné d'évaluations physiques de l'instrument, des zones de contact entre le musicien et son instrument, et des outils d'imagerie nécessaires. L'observation du musicien dans son environnement est primordiale pour établir le diagnostic (Tubiana et Amadio, 2000 ; Winspur, 2003).

Il est important de constater que ces troubles sont loin d'être l'apanage des musiciens et touchent, sous le nom générique de troubles musculosquelettiques liés au travail, de nombreuses professions (ouvriers de chaîne de montage, dactylographes/saisie de données sur ordinateur, etc.). En réalité, la prise en compte des TMLPP est relativement récente dans le domaine musical (fin des années 80) et les mécanismes, causes et conséquences de ces troubles sont encore bien mal connus (Nourissat, Chamagne et Dumontier, 2003). Par ailleurs, aborder le sujet des TMLPP est délicat chez de nombreux musiciens, car il suggère implicitement une baisse de leur niveau de performance à court ou à long terme (Bejjani, Kaye et Benham, 1996 ; Lederman, 2003).

Comprendre les mécanismes et l'évolution de ces troubles est primordial non seulement pour un diagnostic et un traitement adéquat, mais également pour tenter de limiter la gravité ou d'enrayer la multiplication des TMLPP. En outre, la connaissance des causes de l'apparition des TMLPP pourrait permettre de mettre en place une série de mesures préventives : techniques limitant les positions inconfortables, approches pédagogiques prenant en compte les caractéristiques physiques du musicien, etc.

### **Échauffement physique**

L'échauffement physique avant une période d'activité physique intense (par exemple, un événement sportif) est une pratique largement acceptée dans le milieu du sport. Il consiste en une série d'exercices physiques de durée et d'intensité variées, destinés, entre autres, à élever la température des muscles, augmenter l'afflux de sang vers les muscles, élever la consommation d'oxygène. L'augmentation de la température des muscles permettrait de réduire la résistance des muscles et articulations — réduisant ainsi le risque de blessures — d'augmenter la libération d'oxygène par l'hémoglobine et la myoglobine, d'accélérer les réactions métaboliques, d'augmenter le taux de conduction nerveuse (Bishop, 2003a ; Bishop, 2003b). La majorité des échauffements dans le milieu sportif sont actifs (exercices physiques). Il existe également des techniques passives pour élever la température des muscles de façon externe (douches chaudes, saunas, compresses chauffantes, salle chauffée) mais elles sont peu utilisées pour des raisons pratiques (Bishop, 2003a ; Bishop, 2003b).

L'échauffement physique est souvent considéré comme un élément indispensable pour obtenir de bonnes performances, mais aussi pour se prémunir contre les blessures. Pourtant, il est intéressant de noter que les preuves scientifiques de l'efficacité de telles ou telles techniques d'échauffement sont anecdotiques, que les conséquences physiologiques d'un échauffement sont encore mal connues, tout comme les effets en termes de performances (Bishop, 2003a ; Bishop, 2003b). Le rôle qu'a l'échauffement dans la prévention des blessures est cependant plus clair et il semble être un facteur de réduction importante de la fréquence des blessures sportives.

Il est surprenant de constater que l'échauffement (physique) est beaucoup moins systématique dans le milieu musical, que ce soit chez les musiciens professionnels ou amateurs. Certains musiciens comme les instrumentistes à vent font plusieurs minutes d'exercices spécifiques destinés à augmenter la coordination des muscles de la bouche (Bertsch et Maca, 1997) ; les chanteurs s'adonnent à de nombreux exercices respiratoires. Le manque d'échauffement est particulièrement vrai chez les pianistes où le sujet est encore trop rarement abordé. Un échauffement musical est souvent substitué à un échauffement physique. Des exercices adaptés existent, qui font travailler différents groupes de muscles avant d'attaquer la pratique proprement dite (Grieco et al., 1989). La structure de l'échauffement musical est cependant très variable et dans bien des cas encore, il n'est pas adapté et peut parfois même produire le contraire des effets voulus (par exemple, jouer des gammes rapidement dès le début de la pratique).

Pourtant, il n'est pas exagéré de comparer l'intensité et le stress physique d'un récital, d'un concert ou même d'un travail de plusieurs heures au piano à une performance sportive. Il est légitime de penser que les musiciens pourraient profiter des mêmes conséquences bénéfiques en terme de prévention des blessures, si des techniques d'échauffement appropriées étaient mises en place et pratiquées de façon plus systématique.

L'un des principaux effets d'un échauffement est l'augmentation de la température des muscles, qui aurait pour conséquence une réduction de la résistance visqueuse des muscles et articulations, une augmentation de la quantité d'oxygène dans les muscles, une augmentation du métabolisme anaérobie et une augmentation de la vitesse de conduction des nerfs entre autres (Bishop, 2003a ; Bishop, 2003b). Encore une fois, les études scientifiques sur l'évolution de la température des muscles et autres tissus neuromusculaires sont peu nombreuses, même dans le domaine du sport. Afin de comprendre les effets de l'échauffement sur les performances et la prévention des blessures chez le musicien, il est donc important d'étudier l'évolution de la température des muscles des musiciens.

### **Thermographie infrarouge**

La nature inflammatoire des TMLPP et les effets d'un échauffement physique contribuent tous deux à des variations de température au niveau des muscles et autres tissus neuromusculaires, et par extension à la surface de la peau. Ces subtils changements de température peuvent être détectés à l'aide de la thermographie infrarouge. Il s'agit d'une technique d'imagerie non invasive, non radiative qui enregistre la distribution de températures à la surface d'un objet ou d'un être humain par l'intermédiaire d'une caméra infrarouge (Herry, Frize, Goubran et Comeau, 2005 ; Herry et Frize, 2004). Cette caméra est sensible aux radiations infrarouges émises naturellement par tout corps ayant une température supérieure à -273 degrés Celsius. La quantité de radiations émises (l'émissivité) est directement reliée à la température de l'échantillon mesuré. Si l'on

connaît les caractéristiques de l'échantillon, il est ensuite possible de représenter la distribution des températures sous forme d'une image (ou d'une séquence d'images) dont les variations d'intensité correspondent aux variations de température. Plus l'émissivité de l'objet est élevée et moins les mesures sont sensibles aux interférences dues aux réflexions des radiations. Ces interférences produisent des mesures erronées de la quantité de radiations émanant de l'objet. Afin d'obtenir des mesures cohérentes des radiations, il est nécessaire d'avoir un environnement adéquat : température et humidité contrôlées, pas de matériaux réflecteurs, lumières de types fluorescentes, pas de revêtement brillant ou plastique au sol.

Dans le cas d'un être humain, on obtient donc une image représentant les variations de température à la surface de la peau. La peau étant un excellent émetteur dans le domaine infrarouge (émissivité proche de 98 %), il est alors possible d'en déduire la distribution et l'évolution des températures de diverses structures anatomiques et d'étudier les mécanismes physiologiques sous-jacents<sup>1</sup>.

L'interprétation des images ou séquences thermales n'est pas évidente. En effet, la représentation des températures en niveaux de gris ou en couleur peut être trompeuse pour l'œil humain et entraîner des interprétations erronées. Il est donc nécessaire de traiter les images à l'aide d'algorithmes d'extraction de caractéristiques et de classification pour présenter un résultat objectif au thermographe (Herry et Frize, 2004).

## MÉTHODOLOGIE

### Choix de la population

Dans le cadre de ce projet, nous avons choisi une population de pianistes pour plusieurs raisons. Tout d'abord, une grande majorité d'étudiants qui entreprennent des études musicales s'inscrivent à des cours de piano. Ensuite, l'utilisation du clavier lors du jeu pianistique et le type de blessures qui en résulte peuvent être rapprochés d'autres segments de la population comme les personnes travaillant sur ordinateur par exemple. La dernière raison pour choisir les pianistes est leur facilité d'accès.

---

1 Les sujets d'étude thermographique doivent suivre les consignes suivantes pour éviter de fausser les mesures : aucune poudre de talc, lotion, aucun médicament, ou déodorant le jour de la séance, pas de boissons alcoolisées 24 heures avant la séance, pas de boissons chaudes ou caféine une heure avant la séance, pas de physiothérapie ayant recours à des procédures telles qu'électromyographie, acupuncture, myélographie, stimulation nerveuse électrique transcutanée 24 heures avant la séance, pas d'exposition prolongée au soleil une semaine avant la séance, ne pas fumer de tabac au moins 2 heures avant la séance, pas d'exercices physiques intenses au moins 4 heures avant la séance.

Plusieurs types de population sont considérés. Le premier est une population de jeunes pianistes dont l'âge est compris entre 6 et 18 ans. Cette population est importante pour plusieurs raisons. Tout d'abord, il s'agit d'étudiants musiciens qui n'ont pas nécessairement terminé de développer leur style et leur technique musicale. Ensuite, il est raisonnable de penser que la majorité de ces jeunes pianistes n'ont pas encore de troubles musculosquelettiques perceptibles ; il est donc possible d'étudier les premiers signes d'apparition des TMLPP et de suivre leur évolution vers des troubles plus sérieux comme c'est le cas chez bon nombre de musiciens professionnels.

Le second groupe comprendra des musiciens adultes qui peuvent être divisés en plusieurs catégories : symptômes de TMLPP ou non, professionnels ou amateurs, années d'expérience, etc. Les pianistes non symptomatiques constitueront la population de contrôle à laquelle les autres pianistes seront comparés.

### **Protocole opératoire**

Les pianistes volontaires, portant un T-shirt sans manche, arrivent 15 minutes avant le début de leur séance afin que la température de leur peau s'équilibre avec celle de la salle. Ils remplissent un questionnaire sur leur expérience, leur fréquence et durée de travail, la pratique d'un échauffement (physique ou musical), ainsi que les morceaux joués lors de la séance.

La température de la salle est fixée entre 22 et 24 degrés Celsius. Une première série d'images des mains (vues antérieure et dorsale), avant-bras (vues antérieure et dorsale), bras courbé de l'épaule au poignet (vue latérale), bras entier (vue antérieure et dorsale), cou et visage (vues frontale et latérale) est prise. Plusieurs images sont prises pour chaque vue. Les pianistes commencent alors à jouer. Toutes les dix ou quinze minutes, une nouvelle série d'images est prise, jusqu'à la fin de la séance de travail. Les pianistes cessent alors de jouer et une dernière série d'images est prise quinze minutes après la fin de la séance de travail<sup>2</sup>.

### **Analyse des images**

Les images sont transférées vers un ordinateur en temps réel lors de la séance et conservées pour l'analyse. Celle-ci est faite à l'aide de l'environnement logiciel *Matlab* de Mathworks Inc. De façon générale, l'algorithme d'analyse procède de la manière suivante :

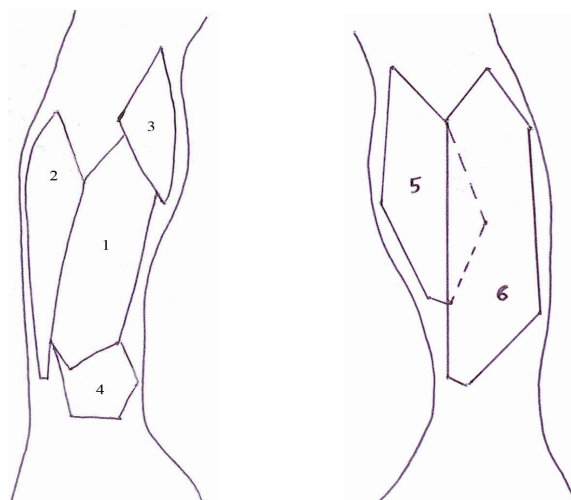
- Détection et extraction des contours ;
- Identification des points remarquables (anatomiques) ;
- Délimitation des régions d'intérêt ;

---

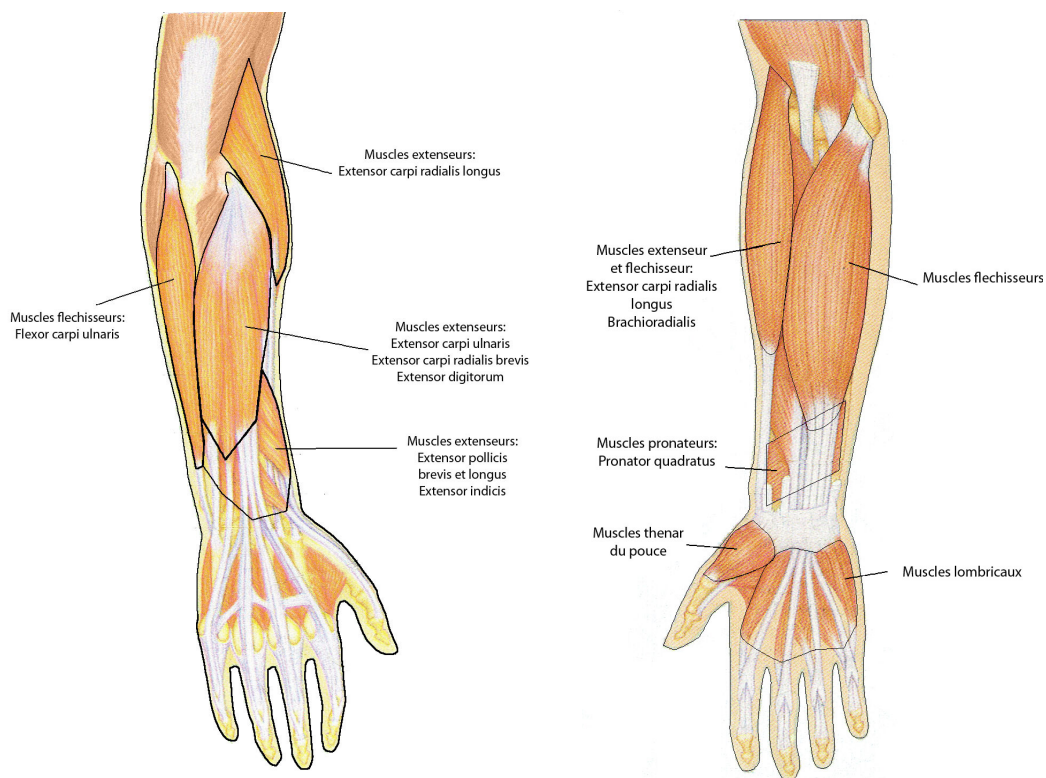
2 Le protocole a été approuvé par le comité d'éthique de l'Université d'Ottawa (approbation H 06-04-18).

- Extraction des données caractéristiques ;
- Classification des régions d'intérêt et des images.

Les blessures les plus fréquentes chez les pianistes se trouvent dans les muscles extenseurs du poignet, les muscles lombricaux des doigts, les muscles interosseux de la main droite, le muscle rond pronateur et dans plusieurs muscles fléchisseurs du bras et de l'avant-bras (Bejjani, Kaye et Benham, 1996 ; Lederman, 2003 ; Nourissat, Chamagne et Dumontier, 2003). Pour les résultats présentés dans la section suivante, les régions d'intérêt sont donc les différentes régions musculaires du bras et de l'avant-bras, et plus particulièrement les régions correspondantes aux muscles mentionnés ci-dessus. Ces régions ont été délimitées à l'aide d'un modèle d'anatomie musculaire en utilisant certains points (d'anatomie) remarquables (Marieb, 1995). Un des modèles anatomiques utilisés est présenté sur la figure 1. Les schémas anatomiques correspondant aux muscles du bras et de la main sont reproduits sur la figure 2.



**FIGURE 1.** Exemples de deux modèles utilisés pour la température moyenne des muscles fléchisseurs (2 et 6) et extenseurs (1, 3, 4 et 5) de l'avant-bras. Le schéma de droite représente la vue dorsale, celui de gauche représente la vue antérieure de l'avant-bras



**FIGURE 2. Schémas anatomiques des muscles de l'avant bras et de la main. Vues postérieure (gauche) et antérieure (droite)**

Seuls les groupes de muscles majeurs superficiels sont représentés, car ils sont très proches de la surface de la peau et leur température est donc facilement déterminée. Nous avons considéré plus particulièrement les variations de température dans les tissus neuromusculaires suivants : biceps, triceps, muscle deltoïde, muscles fléchisseurs et extenseurs de l'avant-bras, l'articulation du coude et du poignet, les muscles des mains. D'autres régions peuvent bien sûr être étudiées et fournir des informations supplémentaires.

### **PREMIERS RÉSULTATS**

Plusieurs centaines d'images infrarouges des mains, bras, cou et visage ont été prises par une caméra infrarouge Thermacam SC500 de FLIR Systems Inc. pendant une séance de travail au piano. Les sujets étaient 6 jeunes pianistes volontaires âgés de 6 à 18 ans (5 filles, 1 garçon), avec entre 2 et 14 ans d'expérience. La durée des séances de travail des pianistes variait de 30 minutes pour les plus jeunes à 2 heures ou plus.

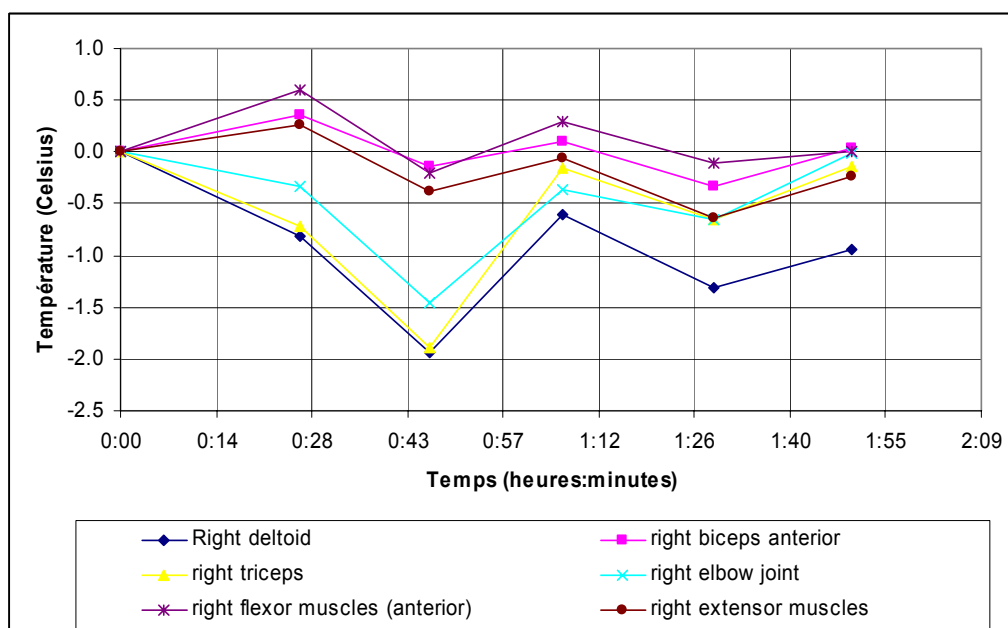


Des images de trois pianistes adultes expérimentés (un enseignant et deux étudiants à la maîtrise) ont également été prises. La constitution de la base de données est toujours en cours selon la disponibilité des volontaires.

Dix images en moyenne ont été prises pour chaque vue et la moyenne des caractéristiques de chaque région est présentée ci-après à différents moments de la séance. Chaque image a une résolution de 320 X 240 pixels et une sensibilité thermique de 0.1 degré Celsius.

Dans une publication précédente, nous avons présenté les courbes de température absolue des muscles lors d'une séance de pratique (Herry, Frize, Goubran et Comeau, 2005). Dans les courbes présentées ci-après, nous nous intéressons plus particulièrement à la variation de la température des muscles au cours d'une séance et nous avons donc soustrait la température initiale des muscles.

Les figures 3, 4 et 5 montrent 3 exemples typiques des variations de température des régions de la peau correspondant au muscle deltoïde, au biceps (vues latérale et antérieure), au triceps, à l'articulation du coude, au groupe de muscles fléchisseurs et extenseurs du bras droit de trois sujets. Chaque point représente la température moyenne de la région pour une série d'images. Le premier point d'une série correspond à la première prise d'images après la période d'équilibration de la température et le dernier point correspond à la prise d'images après la période de repos à la fin de la séance.



**FIGURE 3.** Variation de la température de surface des muscles du bras droit pour le sujet n° 3. La température a été ajustée par rapport à la température de départ pour chaque muscle

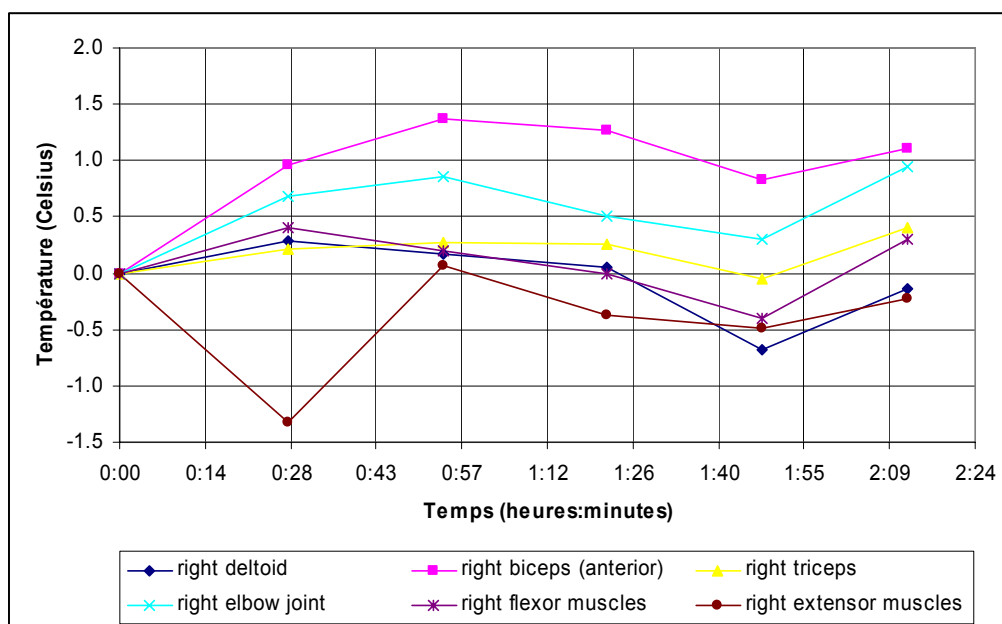


FIGURE 4. Variation de la température de surface des muscles du bras droit pour le sujet n° 1. La température a été ajustée par rapport à la température de départ pour chaque muscle

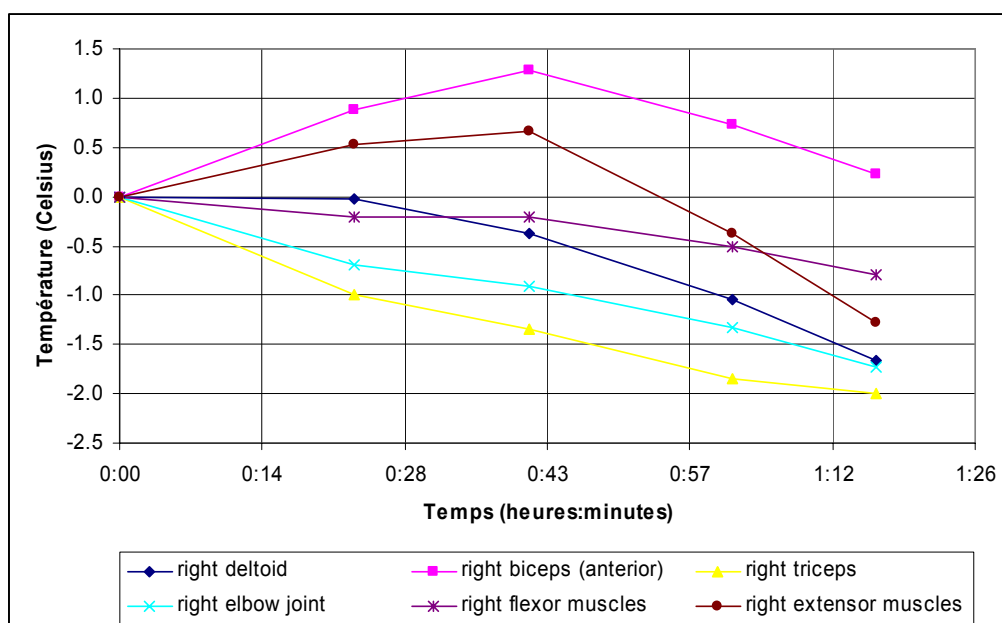
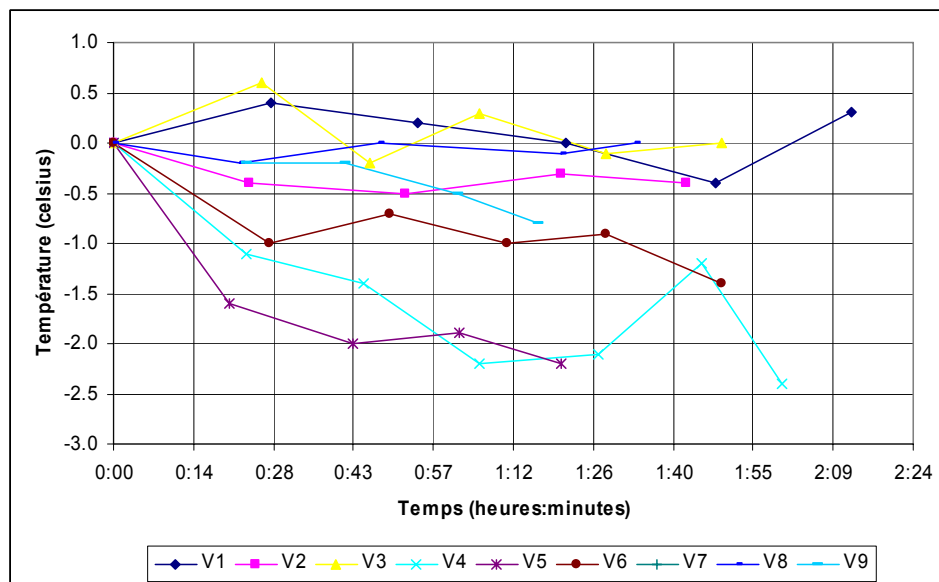
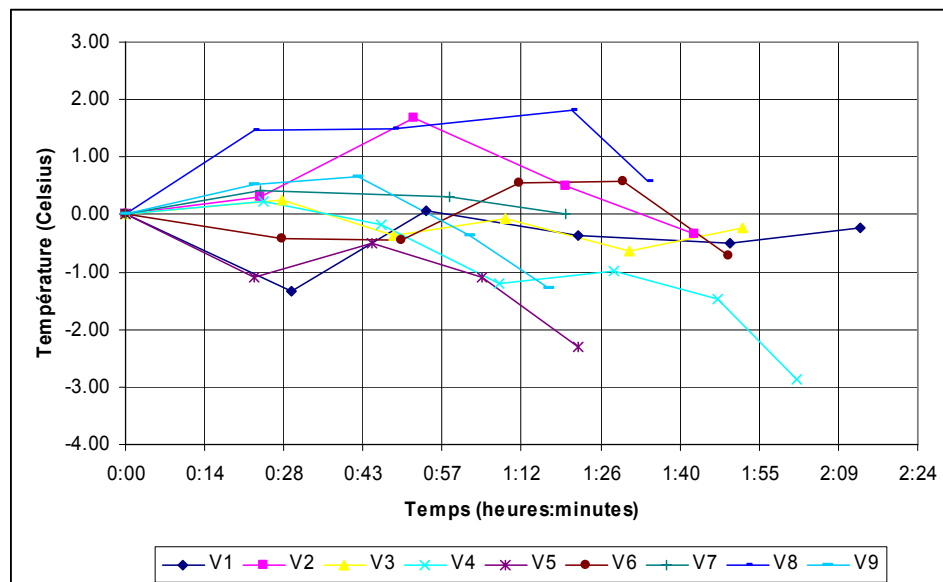


FIGURE 5. Variation de la température de surface des muscles du bras droit pour le sujet n° 9. La température a été ajustée par rapport à la température de départ pour chaque muscle

Les figures 6 et 7 représentent l'évolution de la température des muscles fléchisseurs et extenseurs du bras droit pour les 9 pianistes. La durée de la séance varie selon les pianistes.

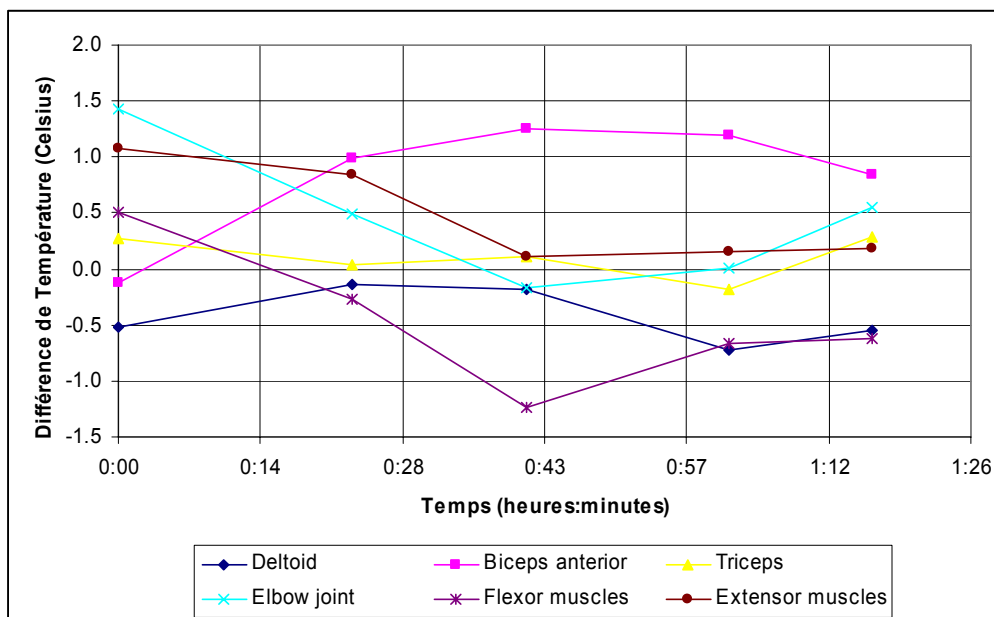


**FIGURE 6.** Variation de la température de surface des muscles fléchisseurs du bras droit pour tous les sujets. La température a été ajustée par rapport à la température de départ pour chaque sujet



**FIGURE 7.** Variation de la température de surface des muscles extenseurs du bras droit pour tous les sujets. La température a été ajustée par rapport à la température de départ pour chaque sujet

La figure 8 présente les différences de températures entre les muscles du bras droit et ceux du bras gauche pour le sujet 9 au cours de la séance.



**FIGURE 8.** Évolution de la différence de température des muscles du bras droit et du bras gauche. Une différence négative (positive) indique une température plus élevée dans le bras gauche (droit)

## DISCUSSION

L'évolution de la température de surface des muscles du bras varie de façon significative entre les sujets et des tendances très différentes émergent sur les courbes. Sur la figure 4 par exemple, les températures des muscles baissent lentement au cours de la séance. Par contre, le sujet de la figure 3 voit la température de ses muscles baisser abruptement après environ 30 minutes de travail. Plusieurs études basées sur l'activité électrique des muscles par électromyographie suggèrent une différence d'activité des muscles chez les musiciens suivant l'expérience et le niveau de formation (voir Bejjani, Kaye et Benham [1996] pour une bonne revue de la littérature sur le sujet). Elles insistent notamment sur la baisse d'activité globale, la relaxation des muscles antagonistes (par exemple, muscles fléchisseurs et extenseurs) et l'absence de contractions excessives des muscles chez les musiciens expérimentés. Nos premiers résultats semblent contredire ces affirmations. En effet, la variation de température des muscles extenseurs et fléchisseurs des sujets 1 et 9, tous deux pianistes expérimentés est presque opposée au milieu de la séance, lorsque les morceaux joués sont typiquement les plus difficiles. D'un autre côté, la réponse des muscles fléchisseurs et extenseurs du sujet 3, qui a moins d'années d'expérience, est très

similaire. Cependant, l'ordre et la difficulté des morceaux joués n'ayant pas été contrôlés de façon systématique pour notre première série de tests pour des raisons pratiques, il ne nous est pas possible à ce stade du projet de tirer de conclusions définitives quant à l'activité des muscles antagonistes chez les pianistes de différents niveaux d'expérience. D'autres explications sont également possibles comme la technique de jeu utilisée, l'intensité du jeu ou le manque d'échauffement.

La variation de température de muscles spécifiques peut également varier de manière significative selon les sujets comme le suggèrent les figures 6 et 7, bien que des tendances générales semblent émerger parmi certains participants. Par exemple, on peut noter une baisse significative de la température des muscles fléchisseurs au cours de la séance chez les sujets 5, 6 et 9 ainsi qu'une augmentation significative de la température des muscles extenseurs chez les sujets 2 et 8. Cela pourrait suggérer une utilisation différente des muscles chez ces sujets au cours de la séance bien qu'il soit encore trop tôt pour pouvoir tirer des conclusions définitives.

Il est intéressant également d'étudier la différence de température des muscles entre le bras droit et le bras gauche au cours de la séance. Le niveau d'activité des deux bras n'est pas le même lorsque l'on joue du piano, car la difficulté technique requise par chaque main n'est souvent pas la même. Il apparaît sur la figure 8 que l'activité des muscles des deux bras évolue différemment au cours de la séance chez le sujet 9. Ainsi, les fléchisseurs du bras gauche ont une température plus élevée que ceux du bras droit ce qui peut se traduire par un travail plus intense des muscles du bras gauche, ces muscles étant moins habitués que ceux du bras droit à ce niveau de difficulté.

Ces premiers résultats démontrent qu'il est possible d'étudier le comportement des muscles mis en jeu lors d'une séance de travail au piano. Le faible nombre de sujets ayant participé jusqu'à présent ainsi que les nombreux facteurs influençant la température des muscles utilisés rendent l'interprétation difficile et peuvent expliquer en partie les différences entre les réponses des pianistes. Seul un nombre restreint de paramètres a été considéré jusqu'à présent bien que la base de données en contienne d'autres. D'autres facteurs devront être pris en compte afin de faciliter l'interprétation des données dans la suite du projet (Lederman, 2003) :

- Caractéristiques physiques du pianiste : âge, sexe, années d'expérience, durée des séances de pratiques quotidiennes ;
- Choix des morceaux, ordre dans lequel ils sont joués, difficulté technique des morceaux, style et technique musicale ;
- Travail technique (gammes et exercices) : moment de la pratique où le travail technique est accompli ;
- Échauffement physique et musical.

## CONCLUSIONS ET FUTURS TRAVAUX

Nous avons présenté dans cet article nos premiers résultats sur les variations de température des muscles de pianistes lors d'une séance de travail. Nous avons démontré que la thermographie infrarouge peut être un outil important dans l'étude du jeu pianistique en fournissant des renseignements sur l'évolution des températures musculaires. L'interprétation de l'évolution de la température des tissus musculaires a un rôle potentiellement important pour comprendre les interactions entre les muscles, les effets de l'échauffement, de la technique sur les muscles. Ce projet a également pour but de mieux comprendre les mécanismes menant aux troubles musculosquelettiques tout en s'intéressant à une population variée de pianistes, y compris de jeunes pianistes.

Il est clair cependant, au vu des résultats préliminaires, que de nombreux facteurs influencent la température des muscles et son évolution. La suite du projet nous permettra de fournir une interprétation plus pointue de l'évolution de la température des muscles grâce à une population plus large et plus variée, et en contrôlant les différents paramètres influençant les variations de température. L'accent sera également mis sur les effets de l'échauffement physique.

### Références

- Bejjani, F. J., G. M. Kaye et M. Benham (1996). « Musculoskeletal and neuromuscular conditions of instrumental musicians ». *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, vol. 77, p. 406-413.
- Bertsch, M. et T. Maca (1997). « Visualization of trumpet players' warm up ». *7th European Congress of Medical Thermology*, Vienne.
- Bishop, D. (2003a). « Warm up I : Potential mechanisms and the effects of passive warm up on exercise performance ». *Sports Medicine*, vol. 33 (6) : 439-454.
- Bishop, D. (2003b). « Warm up II: Performance changes following active warm up and how to structure the warm up ». *Sports Medicine*, vol. 33 (7) : 483-498.
- Brandfonbrener, A. G. (2003). « Musculoskeletal problems of instrumental musicians ». *Hand Clinics*, vol. 19 : 213-239.
- Grieco, A., E. Occhipinti, D. Colombini, O. Menoni, M. Bulgheroni, C. Frigo et S. Boccardi (1989). « Muscular effort and musculo-skeletal disorders in piano students: electromyographic, clinical and preventive aspects ». *Ergonomics*, vol. 32 (7) : 697-716.
- Herry, C. et M. Frize (juin 2004). « Quantitative assessment of pain-related thermal dysfunction through clinical digital infrared thermal imaging ». *Biomedical Engineering Online*, vol. 3 (1) : 19.
- Herry, C. L., M. Frize, R. A. Goubran et G. Comeau (septembre 2005). « Evolution of the surface temperature of pianists' arm muscles using infrared thermography ». *Proceedings of the 27<sup>th</sup> annual international conference of the IEEE EMBS*, Shanghai, China.
- Jones, B. F. (décembre 1998). « A Reappraisal of the use of infrared thermal image analysis in medicine ». *IEEE Transactions on Medical Imaging*, vol. 17, no. 6 : 1019-1027.
- Lederman, R. J. (mai 2003). « Neuromuscular and musculoskeletal problems in instrumental musicians ». *Muscle and Nerve*, vol. 27 : 549-561.
- Marieb, E. N. (1995). *Human Anatomy and Physiology*. 3<sup>e</sup> éd., Benjamin/Cummings Publishing Company, p. 312-322.

- Nourissat, G., P. Chamagne et C. Dumontier (2003). « Motifs de consultation des musiciens en chirurgie de la main ». *Revue de chirurgie orthopédique*, vol 89 : 524-531.
- Tubiana, R. et P. Amadio, éditeurs (2000). *Medical Problems of the Instrumentalist Musician*. Londres : Martin Dunitz.
- Winspur, I. (2003). « Advances in objective assessment of hand function and outcome: assessment of the musician's hand ». *Hand Clinics*, vol 19 : 483-493.
- Wynn Parry, C. B. (2003). « Prevention of musicians' hand problems ». *Hand Clinics*, vol. 19 : 317-324.
- Zaza, C. (1998). « Playing-related musculoskeletal disorders in musicians: a systematic review of incidence and prevalence ». *CMAJ*, vol. 158 (8) : 1019-1025.