

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL

LES LIMITES DE LA STABILITÉ CHEZ LES DANSEURS PROFESSIONNELS

MÉMOIRE

PRÉSENTÉ(E)

MAITRISE EN KINANTHROPOLOGIE

PAR

BLANCHE PELLETIER

OCTOBRE 2022

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL
Service des bibliothèques

Avertissement

La diffusion de ce mémoire se fait dans le respect des droits de son auteur, qui a signé le formulaire *Autorisation de reproduire et de diffuser un travail de recherche de cycles supérieurs* (SDU-522 – Rév.04-2020). Cette autorisation stipule que «conformément à l'article 11 du Règlement no 8 des études de cycles supérieurs, [l'auteur] concède à l'Université du Québec à Montréal une licence non exclusive d'utilisation et de publication de la totalité ou d'une partie importante de [son] travail de recherche pour des fins pédagogiques et non commerciales. Plus précisément, [l'auteur] autorise l'Université du Québec à Montréal à reproduire, diffuser, prêter, distribuer ou vendre des copies de [son] travail de recherche à des fins non commerciales sur quelque support que ce soit, y compris l'Internet. Cette licence et cette autorisation n'entraînent pas une renonciation de [la] part [de l'auteur] à [ses] droits moraux ni à [ses] droits de propriété intellectuelle. Sauf entente contraire, [l'auteur] conserve la liberté de diffuser et de commercialiser ou non ce travail dont [il] possède un exemplaire.»

REMERCIEMENTS

Tout d'abord, je tiens à remercier ma directrice de recherche, Dre Mariève Blanchet, professeure au département de kinésiologie de l'Université du Québec à Montréal, pour tout le temps, l'aide et le support qu'elle m'a apportés dans la réalisation de ma recherche. Merci pour tout le partage de connaissances, celles-ci m'ont, tout simplement, permis d'avancer et de concrétiser ma recherche. Merci d'avoir su toujours être positive et voir les opportunités, malgré les complications normales d'un parcours à la maîtrise, en plus des complications encourues par la pandémie mondiale... Merci d'avoir cru en moi et en mes aspirations. À son tour, je tiens à remercier Nicole Harbonnier, professeure au département de danse de l'Université du Québec à Montréal. Merci à elle pour sa confiance et son support dans tout le processus de collecte de données, dans le cadre de son projet de recherche. Sans elle, l'ensemble des données utilisées dans le cadre de cette recherche n'aurait tout simplement pas vu le jour. Pareillement, je tiens à remercier Félix Chénier, professeur au département de kinésiologie de l'Université du Québec à Montréal, pour toutes les connaissances, tout le temps et toute l'aide consacrée à la collecte et l'analyse des données. De même, je tiens à dire un gros merci à ma mère, Lise Guindon, pour sa précieuse aide et son précieux temps destiné, en grande partie, à la correction de mon français. Finalement, je tiens à remercier mes amis et ma famille pour tous les encouragements, le support moral et l'écoute qui m'ont permis de persévérer et de croire en mon projet.

TABLE DES MATIÈRES

LISTE DES FIGURES.....	V
LISTE DES TABLEAUX.....	VI
LISTE DES ABRÉVIATIONS, DES SIGLES ET DES ACRONYMES.....	VII
RÉSUMÉ.....	VIII
ABSTRACT.....	IX
INTRODUCTION.....	10
CHAPITRE 1 REVUE DE LITTÉRATURE	13
1.1 LES DÉTERMINANTS DE LA PERFORMANCE EN DANSE	13
1.2 LE CONTRÔLE POSTURAL	16
1.2.1 LA TÂCHE DES LIMITES DE LA STABILITÉ (LS)	21
1.2.2 LES COMPOSANTES AFFECTANT LE CONTRÔLE DE L'ÉQUILIBRE ET DES LS	22
1.2.3 LE CONTRÔLE POSTURAL CHEZ LES DANSEURS	28
1.2.3.1 L'ÉQUILIBRE QUASI-STATIQUE CHEZ LES DANSEURS	30
1.2.3.2 L'ÉQUILIBRE DYNAMIQUE CHEZ LES DANSEURS	32
1.2.3.3. LE RÔLE DES INFORMATIONS SENSORIELLES DANS LE CONTRÔLE POSTURAL DES DANSEURS.	34
1.2 OBJECTIFS.....	38
1.3 L'HYPOTHÈSE	39
CHAPITRE 2 MÉTHODOLOGIE	40
2.1 LES PARTICIPANTS	40
2.1.1 CRITÈRES D'EXCLUSION.....	41
2.1.2 LE RECRUTEMENT	41
2.2 PROCÉDURES INITIALES	41
2.3 PROTOCOLE D'ÉVALUATION DES LIMITES DE LA STABILITÉ POSTURALE	42
2.4 APPAREILLAGE	45
2.5 LES VARIABLES	48
2.6 ANALYSE DES DONNÉES	51

2.7	ANALYSE STATISTIQUE.....	51
CHAPITRE 3 RÉSULTATS.....		52
3.1	LA DURÉE DE LA PHASE D'ATTEINTE	53
3.2	L'ÉTENDUE DE LA PHASE 1	53
3.3	LA DIFFÉRENCE ENTRE LE MAXIMUM (CM) ET LA MOYENNE (CM) POUR LA PHASE 2.....	55
CHAPITRE 4 DISCUSSION.....		57
4.1	LE CONTRÔLE POSTURAL CHEZ LES DANSEURS DANS L'AXE ML.....	57
4.2	LE RÔLE DES AFFÉRENCES DANS LE CONTRÔLE POSTURAL DES DANSEURS	59
4.3	LIMITES DE L'ÉTUDE	59
CHAPITRE 5 CONCLUSION.....		63
ANNEXE A DEMANDE DE PARTICIPATION ET FORMULAIRE DE CONSENTEMENT		64
ANNEXE B PROTOCOLE.....		70
RÉFÉRENCES.....		79
BIBLIOGRAPHIE.....		85

LISTE DES FIGURES

Figures	Page
1.1 La représentation du CdG et du polygone de sustentation.....	14
1.2 Les systèmes sensoriels impliqués dans le contrôle de la posture.....	15
1.3 La représentation des CdP pour une tâche des limites de la stabilité.....	16
1.4 La représentation des centres de pression pour une tâche d'équilibre quasi- statique.....	19
1.5 Le contrôle postural.....	22
2.1 La représentation des phases de la tâche des limites de la stabilité.....	44
2.2 La représentation des variables de la tâche des limites de la stabilité.....	46
3.1 Comparaison de la durée de la phase d'atteinte entre les groupes.....	50
3.2 Comparaison de l'étendue de la phase 1 entre les groupes.....	50
3.3 Comparaison du maximum-moyenne du CdP entre les groupes.....	51
4.1 Représentation des études ayant évalué le système visuel et tactile.....	61

LISTE DES TABLEAUX

Tableaux	Page
3.1 Les caractéristiques des participants.....	48

LISTE DES ABRÉVIATIONS, DES SIGLES ET DES ACRONYMES

AP : Antéro-postérieur
ANOVA : *ANalysis Of Variance*
BS : Back Shift
CdG : Centre de Gravité
CdM : Centre de Masse
CdP : Centre de Pression
CM : Centimètre
LS : Limites de la Stabilité
LSF : Limite de la Stabilité Fonctionnelle
LSAYF : Limites de la Stabilité vers l'Avant les Yeux Fermés
LSARYF : Limites de la Stabilité vers l'Arrière les Yeux Fermés
LSDYF : Limites de la Stabilité vers la Droite les Yeux Fermés
LAGYF : Limites de la Stabilité vers la Gauche les Yeux Fermés
LSAYO : Limites de la Stabilité vers l'Avant les Yeux Ouverts
LSARYO : Limites de la Stabilité vers l'Arrière les Yeux Ouverts
LSDYO : Limites de la Stabilité vers la Droite les Yeux Ouverts
LSGYO : Limites de la Stabilité vers la Gauche les Yeux Ouverts
ML : Médio-Latéral
SEC : Secondes
SN : Système Nerveux
SNC : Système Nerveux Central
TF : Terrain Fonctionnel

RÉSUMÉ

L'activité de la danse est une activité physique vigoureuse qui requiert une bonne condition physique, particulièrement lorsqu'elle est pratiquée à des niveaux professionnels ou compétitifs. Le contrôle postural est un déterminant de la performance important en danse puisqu'il est le cadre de référence pour la production des mouvements volontaires comme effectuer un pointé. Les études portant sur le contrôle postural des danseurs ont évalué les composantes de l'équilibre quasi-statique, de l'équilibre dynamique et le rôle des informations sensorielles pour le contrôle de la posture. Parmi l'ensemble des études, il n'y a pas de conclusions claires concernant ces trois composantes qui nous permettraient de définir si les danseurs professionnels ont de meilleures capacités. Certaines études démontrent des différences significatives entre les danseurs professionnels et leur groupe contrôle, tandis que d'autres n'en démontrent pas, d'autant plus que les interprétations concernant l'impact de la pratique de la danse sur l'utilisation ou l'amélioration des différents systèmes sensoriels divergent d'une étude à l'autre. À notre connaissance, seulement trois études ont tenté d'évaluer l'équilibre dynamique avec une tâche des limites de la stabilité chez ce type d'athlète, mais aucune n'a utilisé diverses conditions sensorielles dans leur protocole. L'évaluation de ce paramètre nous paraît particulièrement importante, puisque les danseurs doivent réaliser des gestes techniques complexes lorsque les centres de pression (CdP) oscillent près des limites de la stabilité. Ces connaissances sont essentielles pour l'amélioration des programmes de développement et d'optimisation de la performance chez ces athlètes et elles pourraient être utilisées en réadaptation. Les objectifs de cette recherche sont donc : 1) mesurer les habiletés posturales avec une tâche de limites de la stabilité dans les quatre directions (avant, arrière, droite et gauche) chez une population de danseurs professionnels (classique et contemporain) (n=12) et de les comparer à celles de non-danseurs (n=12). 2) Évaluer et comparer leur performance posturale dans deux conditions sensorielles différentes: les yeux ouverts, debout sur une mousse et les yeux fermés, debout sur surface dure. La tâche des limites de la stabilité a été réalisée sur une plateforme de force qui permet de mesurer différentes variables de déplacements des CdP. Les résultats issus de l'ANOVA démontrent des performances posturales significatives supérieures pour le groupe de danseurs dans l'axe médiolatéral. Notre étude suggère donc que la danse permet d'améliorer le contrôle postural dans cet axe et soutient l'hypothèse que la danse a peu d'impact sur l'amélioration des différentes afférences sensorielles.

Mots clés : Contrôle postural, danseur professionnel, non-danseur, adulte sain, limites de la stabilité, condition sensorielle, intégration information sensorielle, vision, tactile.

ABSTRACT

Dance is a vigorous physical activity that requires good physical condition, especially when performed at professional or competitive levels. Postural control is an important determinant of performance in dance since it is the frame of reference for the production of voluntary movements such as pointing. Studies of dancers' postural control have assessed the components of quasi-static balance, dynamic balance, and the role of sensory information in postural control. Among all the studies, there are no clear conclusions regarding these three components that would allow us to define whether professional dancers have better abilities. Some studies demonstrate significant differences between professional dancers and their control group, while others do not, especially since the interpretations concerning the impact of the practice of dance on the use or improvement of the different sensory systems diverge from one study to another. To our knowledge, only three studies have attempted to assess dynamic balance with a stability boundary task in this type of athlete, but none have used various sensory conditions in their protocol. The evaluation of this parameter seems particularly important to us, since the dancers must perform complex technical gestures when the centers of pressure (CoP) oscillate near the limits of stability. This knowledge is essential for improving development and performance optimization programs in these athletes and could be used in rehabilitation. The objectives of this research are therefore: 1) to measure postural skills with a stability limits task in the four directions (front, back, right and left) in a population of professional dancers (classical and contemporary) (n=12) and compare them to those of non-dancers (n=12). 2) Evaluate and compare their postural performance in two different sensory conditions: eyes open, standing on foam and eyes closed, standing on a hard surface. The stability limits task was performed on a force platform that allows to measure different displacement variables of the COPs. The results from the ANOVA show significantly higher postural performance for the group of dancers in the mediolateral axis. Our study therefore suggests that dance improves postural control in this axis and supports the hypothesis that dance has little impact on the improvement of the various sensory afferents.

Keywords: Postural control, professional dancer, non-dancer, healthy adult, limits of stability, sensory condition, sensory information integration, vision, tactile.

INTRODUCTION

L'engouement pour la danse a pris de l'ampleur dernièrement avec les compétitions télévisées telles que *Révolution*, *Danser pour gagner*, *World of Dance*, *So you think you can dance*, etc. Ces émissions ont mis en valeur l'existence d'une variété infinie de style de danse, qui se distingue par le style artistique de chaque danseur. La danse peut se pratiquer en solo, en duo ou en équipe. Parmi les styles, il y a la danse classique (ex. : ballet), contemporaine, urbaine (ex. : hip-hop, waacking, krump, popping), latine (ex. : salsa, chacha, tango, samba, flamenco), africaine (ex. : copeira), jazz, rock and roll, et plus encore. La danse classique a débuté aux alentours du XV siècle ce qui fait d'elle un des styles de danse les plus vieux. Dans le but de faire une rupture avec les contraintes rigides de cette danse classique, le style de danse contemporaine est apparu au début du XX siècle (Angioi *et al.*, 2009; Koutedakis *et al.*, 2007).

La danse est une forme d'art, tout comme celle de la musique, de la peinture ou de la sculpture. L'outil d'expression dans le cas de la danse est le corps. Ainsi, à travers des mouvements du corps précis et contrôlés, le danseur s'exprime. La performance en danse se caractérise par la répétition des efforts intenses de courtes durées entrecoupées de rythmes plus lents (Cohen *et al.*, 1982; Angioi, 2009; Twitchett *et al.*, 2010). Plusieurs chercheurs affirment que la danse est une activité éprouvante physiquement qui requiert une certaine condition physique pour pouvoir bien performer (Koutedakis et Jamurtas, 2004; Koutedakis et Sharp, 1999; Wyon et Kadel, 2019). Chacun des styles de danse requiert des exigences physiologiques et neurologiques qui leur sont propres

(Chmelar *et al.*, 1988; Koutedakis et Jamurtas, 2004). Cela est expliqué entre autres, par la spécificité des mouvements et des rythmes que requiert chacun de ces styles.

L'exécution de mouvements techniques et précis est en partie possible par les processus du contrôle de la posture puisqu'il constitue le cadre de référence du mouvement (Assaiante, 2012). Ce dernier est responsable de générer des micros-ajustements posturaux continuels avant, pendant et après le mouvement afin de prévenir les pertes d'équilibre qui peuvent mener éventuellement, à une chute. Ces micros-ajustements s'activent dans différentes situations, par exemple lorsque les centres de pression (CdP) sont aux limites de la stabilité posturale ou lors de perturbations externes ou internes. Intuitivement, nous avons donc déduit qu'en danse, le contrôle de l'équilibre est important pour maintenir un haut niveau de performance, tout comme d'autres sports analogues comme la gymnastique, le patinage artistique, le yoga, etc. (Zemková, 2014). La littérature confirme que le contrôle de la posture est un déterminant de la performance chez les danseurs professionnels (Armstrong et Relph, 2018; Kiefer *et al.*, 2011; Da Silveira Costa *et al.*, 2013). Toutefois, lorsque nous avons approfondi nos recherches pour évaluer l'impact de la danse sur les diverses composantes de l'équilibre, nous avons observé qu'une certaine confusion existait à travers les études. Ces connaissances sont pourtant essentielles pour l'amélioration des programmes de développement et d'optimisation de la performance chez ces athlètes. Elles pourraient aussi être utilisées en réadaptation puisque certains professionnels et chercheurs utilisent la danse comme méthode de réhabilitation en clinique.

Ce mémoire présente d'abord, une recension des écrits concernant différents sujets qui concernent l'activité de la danse et ses déterminants de performance, suivi d'un descriptif plus détaillé du contrôle de la posture puis, une présentation de ce même déterminant en relation avec le contexte de danse. Ensuite, la revue de littérature fait l'énumération des différentes méthodes d'évaluation utilisées en science pour mesurer

le contrôle de la posture. L'ensemble de ces sections nous amène à la dernière section de la revue de littérature soit celle de la problématique, des objectifs et des hypothèses de recherche.

CHAPITRE 1

REVUE DE LITTÉRATURE

1.1 Les déterminants de la performance en danse

Les danseurs professionnels sont considérés comme des athlètes. Dans le cadre d'une capsule réalisée par *Radio-Canada*, les chercheurs de l'*Institut national du sport du Québec* ont évalué à l'aide de tests physiques, des danseurs de ballet faisant partie de la troupe de danse professionnelle des *Grands Ballets Canadiens* afin de comparer leurs compétences athlétiques à celles d'athlètes pratiquant d'autres sports. La conclusion de cette capsule est que ces danseurs sont considérés comme des athlètes étant donné la forte ressemblance des résultats obtenus aux tests physiques de ceux-ci comparativement à d'autres athlètes (Radio-Canada Sport, 2019).

Typiquement dans les macrocycles d'entraînement des athlètes, les déterminants tactiques/stratégiques, techniques, psychologiques et physiques sont adressés (Bompa, 2015). Puisque les facteurs tactiques/stratégiques sont peu requis en danse, que la technique est fortement pratiquée dans les studios, il revient au kinésologue d'optimiser notamment les aspects physiques.

Les déterminants physiques regroupent des éléments de la condition physique tels que les capacités cardiovasculaires aérobie et anaérobie, la force musculaire, l'endurance musculaire, la puissance musculaire, la flexibilité musculaire, l'équilibre, la coordination, l'agilité, la vitesse, etc. (Bompa, 2015). Ensemble, ils représentent la condition physique qui se définit par « la capacité d'un individu à répondre aux exigences d'une tâche physique spécifique » (Koutedakis et Jamurtas, 2004). Bien que

l'activité de la danse ait une composante artistique très forte, elle requiert une demande physique non négligeable, qui nécessite comme bien d'autres sports de hauts niveaux, une optimisation des capacités physiques pour atteindre un niveau de performance adéquat et élevé. La littérature démontre que la danse nécessite une condition physique spécifique qui englobe le développement de nombreuses capacités physiques regroupant la force musculaire (Armstrong et Relph, 2018; Bompa et Buzzichelli, 2015; Angioi *et al.*, 2009; Brown *et al.*, 2007; Koutedakis et Jamurtas, 2004; Bennell *et al.*, 2001; Chatfield *et al.*, 1990), la puissance musculaire (Armstrong et Relph, 2018; Angioi, 2019, Angioi *et al.*, 2009, Brown *et al.*, 2007; Chatfiel ; 1990), la flexibilité musculaire (Armstrong et Relph, 2018; Twitchett *et al.*, 2010; Angioi *et al.*, 2009; Koutedakis *et al.*, 2007; Chatfield *et al.*, 1990), les capacités cardiovasculaires (Armstrong et Relph, 2018; Angioi ;2009; Twitchett *et al.*, 2010; Koutedakis *et al.*, 2007; Chatfiel, 1990), la vitesse (Armstrong et Relph, 2018), l'agilité (Armstrong et Relph, 2018), la coordination (Armstrong et Relph, 2018) ainsi que l'équilibre (Armstrong et Relph, 2018; Maheu *et al.*, 2019; Janura *et al.*, 2019; De Mello *et al.*, 2017; Da Silveira Costa *et al.*, 2013; Perrin *et al.*, 2002). Toutefois, les quelques recherches qui ont évalué la condition physique des danseurs professionnels ont démontré que ces derniers avaient une condition physique inférieure aux athlètes provenant d'autres domaines sportifs tels que des gymnastes, des joueurs de soccer, des nageurs et des joueurs de squash pour les paramètres suivants : la force et la puissance musculaire, les capacités aérobies et anaérobies (Koutedakis, *et al.*, 2007; Koutedakis et Jamurtas, 2004; Angioi *et al.*, 2009; Cohen *et al.*, 1982). Deux principales explications ont été identifiées dans la littérature pour interpréter ces résultats :

- 1) Il est plutôt rare que les danseurs professionnels ajoutent des périodes d'entraînement de leur condition physique à leur horaire étant donné qu'ils se

concentrent davantage sur leur technique artistique (Dumont *et al.*, 2016), en plus qu'ils passent 6 à 8 heures par jour à pratiquer (Angioi, 2019).

- 2) La pratique de la danse en elle-même provoque des stimuli limités qui ne permettent pas de surcharger le corps afin de générer des adaptations physiologiques nécessaires pour améliorer les capacités individuelles des danseurs professionnels lorsqu'ils ont atteint un certain niveau de compétences (Twitchett *et al.*, 2009; Koutedakis *et al.*, 2007a; Koutedakis *et al.*, 2007; Cohen *et al.*, 1982; Angioi *et al.*, 2009).

Une revue systématique menée par Ambegaonkar et ses collègues (2020) a démontré que la pratique d'entraînements visant l'amélioration des paramètres de la puissance, de la force et de l'endurance musculaire, des capacités aérobies et des capacités d'équilibres améliore les performances des danseurs professionnels, réduit les douleurs lombaires ainsi que les risques de blessures. Ces données supportent l'importance de la préparation physique qui est encore à ce jour, assez rare dans le milieu de la danse. Ces conclusions s'appliquent auprès de danseurs de niveau professionnel et collégial qui pratique la danse classique, contemporaine et urbaine.

L'activité de la danse requiert donc le développement et l'entraînement de paramètres physiques précis. Parmi ceux-ci, de nombreux chercheurs affirment que l'équilibre est un déterminant clé de la performance en danse (Armstrong et Relph, 2018; Kiefer *et al.*, 2011; Da Silveira Costa *et al.*, 2013), notamment parce que l'équilibre assure la production et l'exécution de mouvements précis et efficaces (Assaïante, 2012; Assaïante *et al.*, 2005). Ainsi, il est primordial d'approfondir notre compréhension concernant cette compétence. Par conséquent, la prochaine section de cette revue de la littérature traitera de façon plus spécifique de ce déterminant de la performance.

1.2 Le contrôle postural

Le contrôle postural est considéré comme une composante fondamentale pour le développement et le contrôle moteur (Wallard *et al.*, 2016). Tel qu'illustré à la figure 1.1, ce paramètre est défini par la capacité de maintenir et de projeter son centre de gravité (CdG) à l'intérieur de sa base de support, nommé le polygone de sustentation ou la base de support, qui est délimité par les bords externes des pieds (Lin *et al.*, 2011; Brachman *et al.*, 2017; Patton *et al.*, 1999). La position et le déplacement du CdG, provoquent des forces de réaction au sol qui sont appliquées sous le pied et représentées par les CdP.

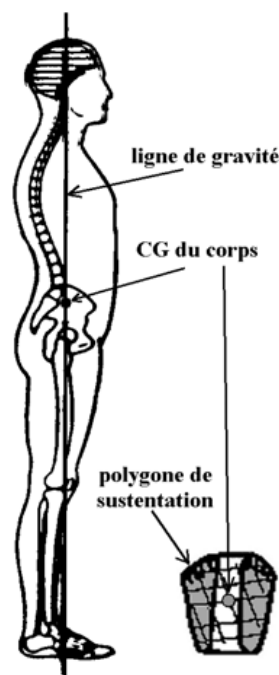


Figure 1.1 Représentation du CdG et du polygone de sustentation (Tiré de Leca, 2019)

Le contrôle postural sollicite des processus complexes qui nécessitent le traitement, l'intégration et l'utilisation rapides et continus d'informations multisensorielles provenant de quatre principaux systèmes : visuel, vestibulaire, tactile et proprioceptif (Viel *et al.*, 2009; Mallau *et al.*, 2010). Les systèmes tactile et proprioceptif sont aussi nommés le système somatosensoriel. Le système nerveux (SN) utilisera différentes stratégies, basées sur les informations sensorielles, pour agir de façon adaptée aux différents contextes et environnements (Assaiante *et al.*, 2005).

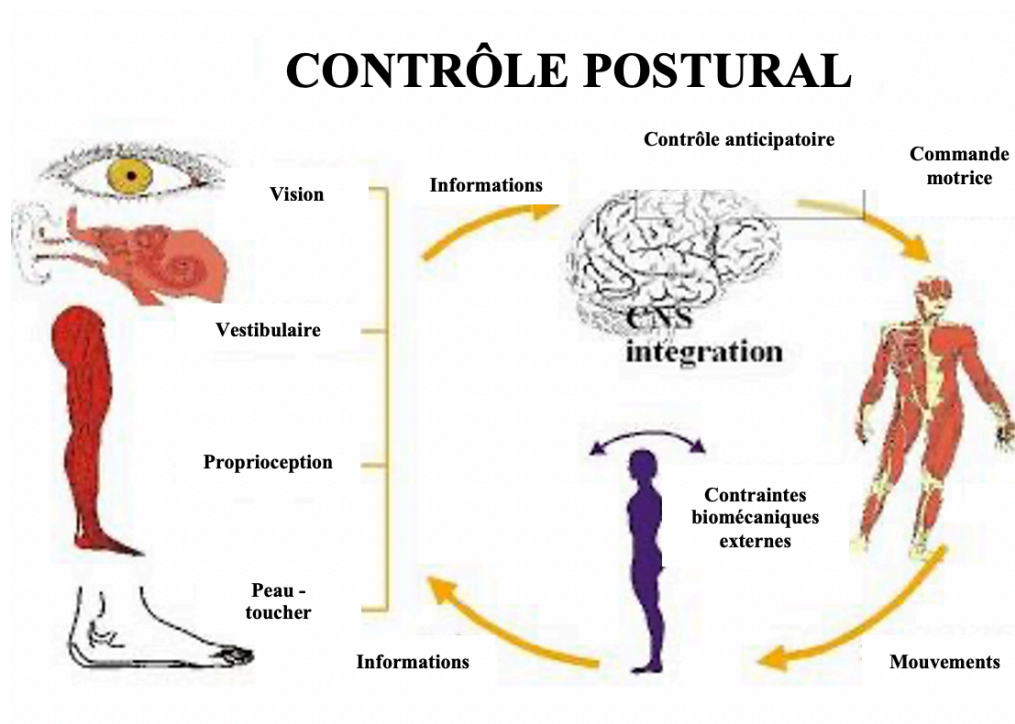


Figure 1.2 Les systèmes sensoriels impliqués dans le contrôle de la posture (Tiré de Wemelle, 2020)

À l'exception de la position couchée, le contrôle postural est toujours en action (Sibley *et al.*, 2017) et participe notamment aux activations musculaires préalables aux mouvements pour compenser des perturbations à venir (Bartlett et Birmingham, 2003), aux réponses musculaires suivant l'instabilité provoquée par une perturbation interne

causée par le mouvement auto-initié (mouvement volontaire) et aux réponses musculaires suivant l'instabilité provoquée par une perturbation externe prévue ou imprévue. Le contrôle postural est donc complexe et regroupe plusieurs composantes (Sibley *et al.*, 2017) :

- 1) L'équilibre quasi-statique qui comprend les capacités à maintenir son CdG à l'intérieur de sa base d'appui pendant que le corps demeure immobile. Le terme quasi-statique est utilisé étant donné que le corps ne peut maintenir une position d'équilibre complètement statique puisqu'il est en ajustements continus face à son environnement (Winter *et al.*, 1997). Les danseurs utilisent cette fonction posturale, par exemple en danse classique où les danseurs doivent maintenir une pose quelques instants sur la demi-pointe ou la pointe.

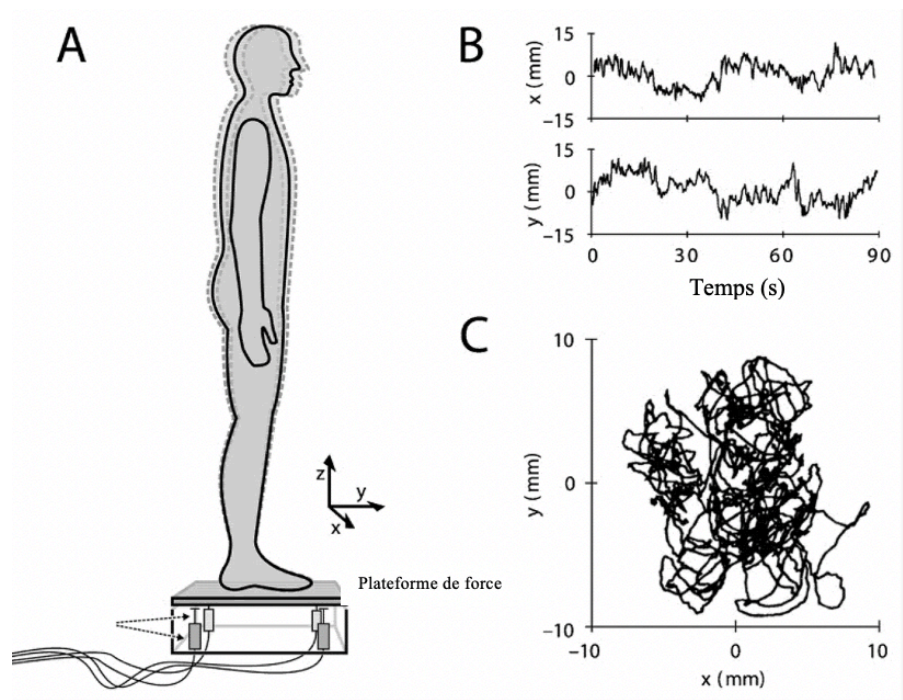


Figure 1.3 La représentation des déplacements des CdP à travers le temps pour une tâche quasi-statique (Tirée de Chen *et al.*, 2021).

- 2) La verticalité est illustrée à la figure 1.1. Pour contrôler l'équilibre, le système nerveux doit avoir la capacité d'anticiper et de réagir à la force de gravité; la verticalité. Cette composante est active à tout moment sur la terre (Sibley *et al.*, 2017). Ainsi, ce paramètre est important chez les danseurs, étant donné qu'ils effectuent majoritairement des mouvements multiarticulés complexes qui dévient régulièrement de la verticalité. Simultanément, les danseurs doivent maintenir leur posture en lien avec cette verticalité (Crotts *et al.*, 1996). Selon le style de danse, la maîtrise de cette composante peut même devenir un critère d'excellence. Nous n'avons qu'à observer des danseurs de ballet par exemple.
- 3) Les ajustements posturaux réactifs qui permettent de se rétablir face à un stimulus imprévu ou à une commande motrice planifiée erronée (Sibley *et al.*, 2017). Chez le danseur, cette composante s'applique par exemple, lorsque ce dernier doit coordonner le rythme de ces mouvements avec des partenaires. Ce type d'ajustements peut aussi être utilisé lorsque le danseur commet une erreur dans l'exécution du mouvement en effectuant une pirouette sur une nouvelle surface plus glissante que celle de son local où il pratique quotidiennement.
- 4) Les ajustements posturaux anticipés qui sont activés avant l'exécution d'un mouvement volontaire ou une perturbation attendue (Bartlett et Birmingham *et al.*, 2003; Sibley *et al.*, 2017). Le danseur utilise cette composante, de façon plutôt inconsciente. En danse par exemple, ce type d'ajustements est utile avant qu'un danseur soulève son partenaire. Si un mouvement requiert un grand déplacement du CdP vers l'arrière, le danseur anticipera ce mouvement en déplaçant son CdP légèrement vers l'avant avant de réaliser son

mouvement vers l'arrière, dans le but d'éviter de chuter et d'optimiser son mouvement.

- 5) L'équilibre dynamique qui correspond à l'équilibre lorsque la base de support change durant la tâche ou lorsque le corps est en mouvement (Sibley *et al.*, 2017). Évidemment, l'activité de la danse sollicite énormément cette composante puisqu'elle requiert entre autres, la production et la réalisation de divers mouvements complexes techniques et artistiques.

- 6) Les limites de la stabilité représentent la capacité à déplacer son centre de masse (CdM) le plus loin possible dans sa base de support, sans changer la configuration de cette dernière (ex. : inclinaison maximale volontaire) (Blanchet *et al.*, 2019). Plus un individu arrive à aller loin dans ses limites de la stabilité, meilleures sont ses capacités d'équilibre et moindres sont ses risques de chutes (Newton, 2001). Les danseurs sont souvent amenés à exécuter des mouvements techniques dans les limites de leur stabilité. De plus, la danse implique de maintenir et de contrôler le CdP dans les limites de la stabilité et d'exécuter des changements de direction rapides dans les limites de la stabilité en direction opposée. Ainsi, les limites de la stabilité et la capacité de contrôler les CdP dans ces dernières pourraient être des déterminants de la performance importants chez les danseurs. Cependant, à notre connaissance, aucune étude n'a évalué précisément ces paramètres.

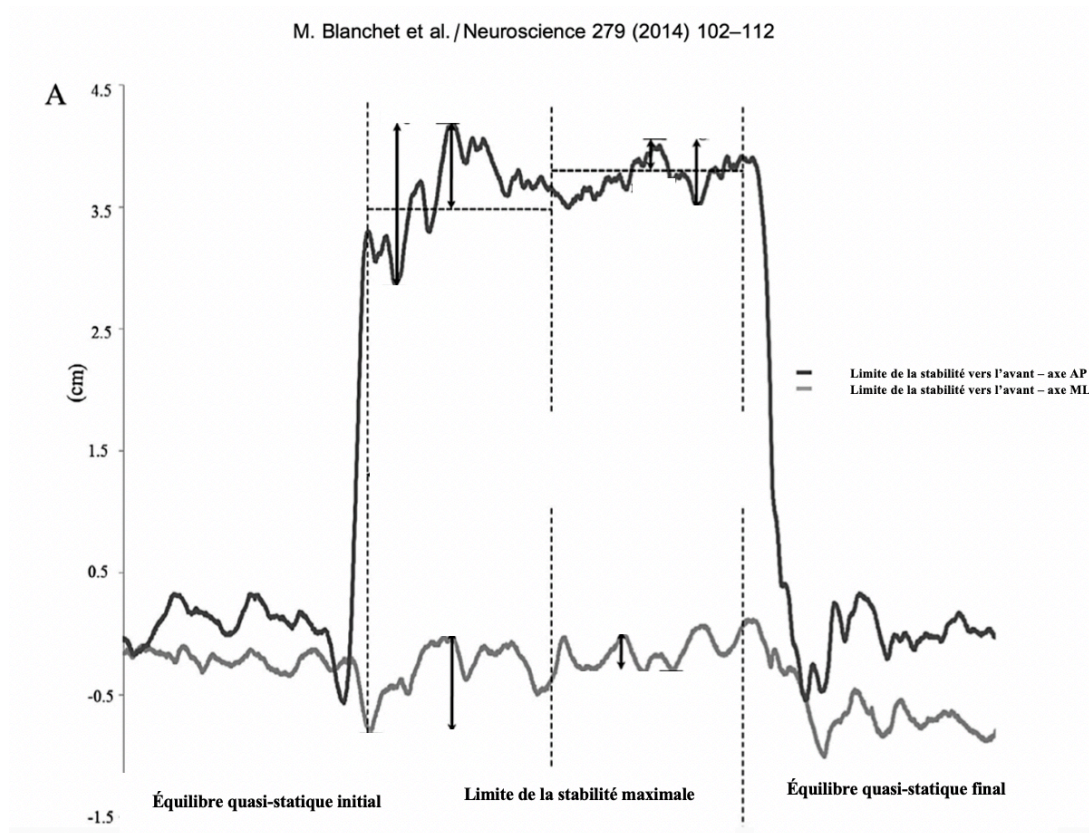


Figure 1.4 La représentation des CdP lors de l'atteinte et du maintien d'une tâche d'inclinaison maximale vers l'avant (limites de la stabilité antérieures) (Tirée de Blanchet, 2014).

1.2.1 La tâche des limites de la stabilité (LS)

Comme décrit antérieurement dans ce mémoire, les limites de la stabilité correspondent au déplacement maximal du CdM dans sa base de support. Plus un individu arrive à aller loin, meilleures sont ses capacités d'équilibres et moindres sont ses risques de chutes. En effet, elles peuvent entre autres, être utilisées comme méthodes d'évaluations pour mesurer les risques de chutes, notamment chez les personnes âgées, pour qui ce risque est plus important ou encore, chez les athlètes pour éviter tout risque de blessures importantes et pour améliorer les performances (Newton, 2001). D'autre part, les limites de la stabilité impliquent de bonnes capacités à recruter l'information

multisensorielle apportée par les systèmes vestibulaire, somatosensoriel et visuel (Blanchet, 2014). Il existe quelques tests permettant de les mesurer. Parmi ceux-ci, le *functional reach test* qui est une méthode d'évaluation grandement utilisée dans le monde de la recherche et de la clinique, étant donné qu'il a été évalué comme un test fiable, avec une variabilité inter examinateur faible, une bonne reproductibilité dans le temps, une sensibilité au changement et finalement, une bonne prédiction des risques de chutes (de Waroquier-Leroy *et al.*, 2014). Ce dernier consiste à « maîtriser son équilibration pendant que le sujet se penche le plus possible en avant tout en gardant le bras tendu à l'horizontale » (Monnin *et al.*, 2019). La distance entre la position initiale et la position d'arrivée est calculée afin de déterminer les capacités du sujet (Monnin *et al.*, 2019). Toutefois, certains chercheurs recommandent pour l'évaluation des limites de la stabilité, de mesurer celles-ci dans quatre directions différentes, soit vers l'avant, l'arrière, la droite et la gauche puisque les évaluateurs ne peuvent prédire les résultats obtenus dans une direction pour chacune des autres directions, étant donné qu'elles sont toutes uniques et que les résultats ne se ressemblent pas d'une direction à l'autre (Newton, 2001). De plus, les limites de la stabilité peuvent être modulées par d'autres facteurs.

1.2.2 Les composantes affectant le contrôle de l'équilibre et des LS

Selon Sibley et ses collaborateurs (2017), appuyé par plusieurs autres auteurs, le contrôle postural est modulé par 3 principales composantes :

- 1) Les influences cognitives qui impliquent les capacités à maintenir son équilibre tout en exécutant des tâches cognitives (Sibley *et al.*, 2017). Cette composante est applicable chez les danseurs, étant donné que leurs mouvements sont pour la plupart, planifiés d'avance (chorégraphiés), exigeant des processus de mémorisation et d'apprentissage moteurs complexes.

- 2) Les systèmes moteurs sous-jacents qui comprennent notamment les qualités musculaires et cardiovasculaires dont la force musculaire, l'endurance musculaire ainsi que la coordination inter et intra musculaire qui participent au processus de stabilisation posturale. Ainsi, un meilleur contrôle postural permet d'améliorer les capacités de force, d'endurance et de coordination musculaire et l'inverse est aussi vrai, de meilleures qualités musculaires améliorent les capacités d'équilibres (Bompa, 2015; IADMS, 2007-2010).
- 3) Le traitement et l'intégration sensorielle qui se résument à la capacité d'un individu à analyser et utiliser les stimuli en provenance des différents systèmes sensoriels (vision, vestibulaire, tactile et proprioceptif) pour ajuster ses réponses ou réagir à une perturbation. Les danseurs utilisent l'ensemble de ces informations sensorielles pour être en mesure de réaliser leurs mouvements avec le plus de contrôle possible.

Voici un schéma qui permet de mieux visualiser l'ensemble des informations apportées concernant le contrôle postural.

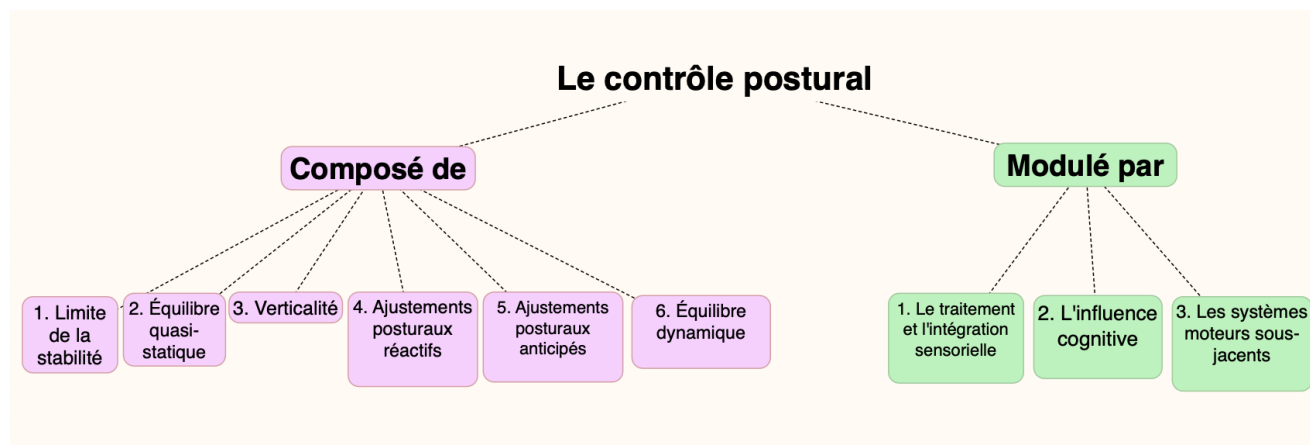


Figure 1.5 Le contrôle postural, une synthèse.

La section suivante développe de façon plus détaillée de l'influence des composantes sensorielles qui ont un impact très important dans le contrôle postural.

1.2.2.1 L'intégration sensorielle

Les informations sensorielles ont différents rôles dans le contrôle de la posture (Viel *et al.*, 2009). Elles participent à la planification, à l'exécution et aux corrections des commandes motrices. Les afférences sensorielles garantissent la mise à jour continue de la position du corps dans l'espace et des forces qui agissent sur lui. Chacun des systèmes détecte des mouvements, qui sont responsables de la déviation de l'orientation du corps par rapport à la position de référence (Peterka, 2002). Une fois les informations traitées par le système nerveux, ces dernières envoient par l'intermédiaire d'influx nerveux des commandes motrices au système musculaire dans le but de créer des réponses adaptées et efficaces face aux différentes situations.

La représentation interne du corps se construit par l'intégration et le traitement de l'information sensorielle en provenance des différents systèmes qui sont distribués à travers le corps (proprioceptif, tactile, visuel et vestibulaire). Plus particulièrement, pour le contrôle de la posture, cette représentation interne est modulée par trois principaux niveaux : la tête, le tronc et les pieds (Massion, 1998). Au niveau de la tête, les informations sensorielles en provenance des systèmes visuel, vestibulaire et proprioceptif (muscles qui se retrouvent au niveau du cou). Quant à lui, le tronc regroupe principalement des muscles responsables de l'activité antigravitaire qui assurent les réflexes posturaux lombaires, situé au bas du dos. Finalement, les pieds comprennent les récepteurs tactiles, responsables de l'information en provenance du système tactile (Roll *et al.*, 2002), tandis que les chevilles, genoux et hanches comprennent les récepteurs proprioceptifs et articulaires, participant majoritairement au contrôle de la posture. Ces signaux sensoriels communiquent de l'information au système nerveux concernant la géométrie corporelle pour connaître l'orientation

spatiale et la configuration des différents segments du corps pour la planification et l'exécution de mouvements (Roll *et al.*, 2002). Ce processus d'intégration des informations sensorielles par le système nerveux est appelé : organisation sensorielle.

Évidemment, chacun de ces systèmes a un seuil d'activation et une sensibilité qui leur est propre. L'utilisation et l'activation d'un système plutôt qu'un autre dépend essentiellement, du choix des signaux sensoriels reçus, et ce choix est grandement influencé par les expériences précédentes (Perrin *et al.*, 2002; Roll *et al.*, 2002; Assaiante, 2012), l'âge, la tâche et le contexte (Assaiante, 2012; Mallau *et al.*, 2010), supportant aussi l'idée qu'il n'existe pas de priorité d'un système sur un autre, mais plutôt une synergie entre ceux-ci (Cherng *et al.*, 2003). Toutefois, il n'est pas tellement clair dans la littérature à savoir s'il existe oui ou non une dominance des systèmes sensoriels dans la contribution du contrôle postural, étant donné que certains discutent de synergie et d'autres de dominance (Bruyneel *et al.*, 2010). Les sections suivantes présentent brièvement les différents systèmes sensoriels impliqués dans le contrôle de la posture. Il existe cependant très peu d'étude ayant évalué la contribution du système vestibulaire chez les danseurs.

1.2.2.2 Le système visuel

Les informations données par la vision sont de grandes importances étant donné qu'elles nous renseignent sur l'environnement, au positionnement et aux distances des objets par rapport à nous (Blanchet, 2014; Peterka, 2002). L'apport du système visuel dans le contrôle postural a bien été démontré dans la littérature, étant donné qu'il est facile d'évaluer et de manipuler cette variable. En effet, il suffit de mesurer des tâches posturales exécutées les yeux fermés et observer une augmentation marquée des oscillations (Mallau *et al.*, 2010, Schmit *et al.*, 2005).

1.2.2.3 Le système somatosensoriel

Le terme somatosensoriel dans le domaine du contrôle de la posture regroupe les informations sensorielles en provenance des systèmes proprioceptif et tactile. En position debout, les informations provenant des chevilles (système proprioceptif) et des pieds (système tactile) sont très impliquées dans le contrôle postural. Depuis les années 2000, les recherches ont reconnu et établi une distinction plutôt nette des différents récepteurs participant à la somatosensation. Malgré leur distinction quant à leur type de récepteur, il existe tout de même une grande synergie entre ceux-ci. Comme mentionné plus haut, la contribution d'un système par rapport à un autre va dépendre essentiellement, de l'exigence de la tâche, de l'environnement et du contexte. La sollicitation d'un des deux systèmes somatosensoriels par rapport à un autre s'ajustera en fonction des besoins immédiats et/ou anticipés (Kavounoudias *et al.*, 2001).

Le système proprioceptif comprend les récepteurs musculaires qui regroupent les fuseaux neuromusculaires et les récepteurs de l'appareil tendineux de Golgi. Les informations en provenance de ce système sont essentielles à la gestion de la posture puisqu'elles impliquent la perception de la position et des déplacements des différents segments superposés du corps, c'est-à-dire des segments de la tête, du tronc et des jambes (Blanchet, 2014). Par exemple, ces récepteurs s'occupent de renseigner le système nerveux de l'orientation des jambes par rapport à la surface de support (Peterka, 2002).

Le rôle du système tactile dans le cadre du contrôle de la posture implique essentiellement les mécanorécepteurs de la peau imberbe de la plante des pieds (Roll *et al.*, 2002). L'importance des récepteurs tactiles dans le contrôle de la posture a bien été démontrée dans la littérature. En effet, une étude menée par Kavounoudias et ses collègues (2001) a démontré le rôle dominant des récepteurs tactiles sous les pieds dans la régulation de mouvement pour des postures d'équilibre quasi-statique. Il existerait

cent quatre différents types de mécanorécepteurs cutanés sur la peau glabre des pieds (Kennedy *et al.*, 2002). Ceux-ci envoient des décharges nerveuses au système nerveux lorsqu'une charge ou qu'un changement de pression apparaît sous le pied, pour informer de la nouvelle position du corps dans l'espace. Dans le domaine clinique et de la recherche, les professionnels perturbent les récepteurs tactiles en changeant la surface de support, par exemple en installant une mousse sous les pieds du participant, dans le but d'évaluer l'apport et la contribution des autres systèmes sensoriels (Wu et Chiang, 1996).

1.2.2.4 Le système vestibulaire

Quant à lui, le système vestibulaire contribue à la modulation du tonus postural du corps et des réflexes antigravitaires. Ce système assure principalement le rôle d'activité antigravitaire, qui est l'une des trois fonctions principales du contrôle postural. Ce dernier réagit aux déviations de l'orientation de la tête en fonction de la gravité (Peterka, 2002). Évidemment, le système vestibulaire n'est pas le seul système qui contribue à l'activité de graviception, puisqu'il est supporté par les autres systèmes sensoriels, notamment celui du système tactile et proprioceptif. L'appareil vestibulaire est situé dans l'oreille interne et comprend deux structures soit les organes otolithiques et les canaux semi-circulaires qui ont pour rôle de renseigner respectivement le système nerveux, quant aux accélérations linéaires, la position quasi-statique de la tête et quant aux accélérations angulaires qui à trait davantage aux rotations de celle-ci.

Somme toute, cette section permet de mieux comprendre les diverses composantes du contrôle postural. Des exemples plus concrets à la situation des danseurs seront présentés dans les prochaines sections.

1.2.3 Le contrôle postural chez les danseurs

Un contrôle postural efficient est essentiel chez le danseur de niveau professionnel, notamment pour optimiser les performances motrices, la précision des mouvements et ainsi prévenir les blessures notamment, en diminuant les risques de chutes (Granacher *et al.*, 2010). Les déplacements très prononcés du poids du corps activent simultanément les muscles et les ligaments des chevilles pour assurer le maintien de l'équilibre quasi-statique et dynamique (Da Silveira Costa *et al.*, 2013; Munzert *et al.*, 2019). Les exigences techniques de la danse impliquent des compétences motrices complexes qui requièrent une très bonne maîtrise des différentes composantes du contrôle de la posture notamment, celles incluses dans le contrôle des limites de la stabilité (De Mello *et al.*, 2017; Lin *et al.*, 2011, Da Silveira Costa *et al.*, 2013). Par exemple, des mouvements de pointe ou la demi-pointe, des transferts de poids dans une base de support réduite, des mouvements d'amplitudes extrêmes et des contrôles des forces externes lors de rotations, de changements de direction ou de transferts de poids rapides (Lin *et al.*, 2011). Malgré la spécificité des mouvements retrouvés en danse, il n'est pas tout à fait clair dans la littérature si la pratique de la danse permet d'améliorer des composantes du contrôle de la posture.

La section suivante présente les différentes études qui ont évalué le contrôle postural chez les danseurs. Évidemment, les objectifs, les hypothèses, les méthodes d'évaluations, les résultats et les conclusions divergent d'une recherche à l'autre. Par conséquent, pour faciliter la compréhension, la présentation des études est répartie selon les études en lien avec 1) l'équilibre quasi-statique (Kiliç et Nalbant, 2022; Marinkovic *et al.*, 2021; Nikolaidou *et al.*, 2021; Maheu *et al.*, 2019; Munzert *et al.*, 2018; Michalska *et al.*, 2018; De Mello *et al.*, 2017; Martin-Sanz *et al.*, 2017; Da Silveira Costa *et al.*, 2013; Lin *et al.*, 2011; Gerbino *et al.*, 2007; Perrin *et al.*, 2002; Hugel *et al.*, 1998) 2) l'équilibre dynamique (Kiliç et Nalbant, 2022; Marinkovic *et al.*, 2021; Nikolaidou *et al.*, 2021; Michalska *et al.*, 2018; Martin-Sanz *et al.*, 2017;

Martinez *et al.*, 2014; Gerbino *et al.*, 2006; Perrin *et al.*, 2002; Golomer et Dupui, 2000; Golomer *et al.*, 1999) incluant la spécificité des mouvements en danse (Janura *et al.*, 2019; Munzert *et al.*, 2019 Lin *et al.*, 2011) et 3) les afférences sensorielles sollicitées pour le contrôle postural (Kiliç et Nalbant, 2022; Marinkovic *et al.*, 2021; Nikolaidou *et al.*, 2021; Maheu *et al.*, 2019; Janura *et al.*, 2019; Munzert *et al.*, 2018; Michalska *et al.*, 2018; De Mello *et al.*, 2017; Martin-Sanz *et al.*, 2017; Da Silveira Costa *et al.*, 2013; Lin *et al.*, 2011; Bruyneel *et al.*, 2010; Gerbino *et al.*, 2006; Perrin *et al.*, 2002; Golomer et Dupui, 2000; Golomer *et al.*, 1999; Hugel *et al.*, 1998; Crofts *et al.*, 1996). Le choix des sections s'est fait en fonction des articles trouvés sur le contrôle postural chez ce type d'athlète.

Avant de présenter l'ensemble des études, une brève présentation des différentes méthodologies utilisées est faite. Concernant les participants, l'ensemble des études incluait un groupe de danseurs qui pratiquait soit la danse classique (Maheu *et al.*, 2019, Janura *et al.*, 2019; Michalska *et al.*, 2018; Munzert *et al.*, 2018; De Mello *et al.*, 2017; Martin-Sanz *et al.*, 2017; Martinez *et al.*, 2014; Lin *et al.*, 2011; Bruyneel *et al.*, 2010; Gerbino *et al.*, 2006; Perrin *et al.*, 2002; Golomer et Dupui, 2000; Golomer *et al.*, 1999; Hugel *et al.*, 1998; Crofts *et al.*, 1996), la danse contemporaine (Marinkovic *et al.*, 2021; Maheu *et al.*, 2019; Martin-Sanz *et al.*, 2017; Gerbino *et al.*, 2006), la danse urbaine (Maheu *et al.*, 2019), la danse latine (Kiliç et Nalbant, 2022; Maheu *et al.*, 2019), et la danse grecque (Nikolaidou *et al.*, 2021). Les groupes de danseurs étaient, pour l'ensemble des études, comparés à un autre groupe qui se composait soit de non-danseurs, groupe contrôle (Kiliç et Nalbant, 2022; Nikolaidou *et al.*, 2021; Maheu *et al.*, 2019; Janura *et al.*, 2019; Michalska *et al.*, 2018; De Mello *et al.*, 2017; Martin-Sanz *et al.*, 2017; Lin *et al.*, 2011; Perrin *et al.*, 2002; Golomer et Dupui, 2000; Golomer *et al.*, 1999; Hugel *et al.*, 1998; Crofts *et al.*, 1996), d'autres sportifs pratiquant le volleyball, le basketball, l'athlétisme, le judo (Marinkovic *et al.*, 2021; Perrin *et al.*, 2002) et le soccer (Gerbino *et al.*, 2006). Enfin, des études ont comparé le

groupe de danseurs professionnels à un autre groupe de danseurs intermédiaires (Munzert *et al.*, 2018) et de danseurs plus jeunes (Bruyneel *et al.*, 2010).

Ensuite, l'outil de mesure utilisé pour quantifier l'équilibre était pour la très grande majorité des études qui utilisait une plateforme de force (Kiliç et Nalbant, 2022; Nikolaidou *et al.*, 2021; Maheu *et al.*, 2019; Janura *et al.*, 2019; Michalska *et al.*, 2018; Munzert *et al.*, 2018; Martin-Sanz *et al.*, 2017; De Mello *et al.*, 2017; Lin *et al.*, 2011; Bruyneel *et al.*, 2010; Gerbino *et al.*, 2006; Perrin *et al.*, 2002; Golomer et Dupui, 2000; Golomer *et al.*, 1999; Hugel *et al.*, 1998). Une étude a utilisé le *Star Excursion Balance Test* (Martinez *et al.*, 2014), tandis que l'étude de Crotts et ses collègues (1996) ont plutôt utilisé le critère de réussite ou non de la tâche dès le premier coup.

1.2.3.1 L'équilibre quasi-statique chez les danseurs

Quelques études ont eu comme objectifs de recherche d'évaluer l'équilibre quasi-statique auprès des danseurs. Nous avons recensé 13 études portant sur cette composante, il reste, à ce jour, une controverse concernant les résultats obtenus pour tenter de définir si les danseurs ont ou n'ont pas de meilleures capacités d'équilibre quasi-statique. Ceci étant dit, parmi l'ensemble des études, quelques-unes ont obtenu des variables significativement différentes entre le groupe de danseurs et le groupe contrôle (Kiliç et Nalbant, 2022; Marinkovic *et al.*, 2021; Nikolaidou *et al.*, 2021; Maheu *et al.*, 2019; Michalska *et al.*, 2018; Bruyneel *et al.*, 2010; Gerbino *et al.*, 2006), tandis que d'autres études n'ont pas obtenu des variables significativement différentes entre les groupes (Kiliç et Nalbant, 2022; Maheu *et al.*, 2019; Janura *et al.*, 2019; Munzert *et al.*, 2018; De Mello *et al.*, 2017; Lin *et al.*, 2011; Perrin *et al.*, 2002; Hugel *et al.*, 1998; Crotts *et al.*, 1996). Ces différences de résultats peuvent entre autres s'expliquer par la grande divergence concernant les méthodes utilisées. Lorsque l'on compile les résultats obtenus pour les études démontrant des variables significativement différentes, la tendance montre que les danseurs sont surtout

meilleurs lorsque les tâches quasi-statiques sont plus complexes (Kiliç et Nalbant, 2022; Maheu *et al.*, 2019; Janura *et al.*, 2019; Munzert *et al.*, 2018; Crotts *et al.*, 1996). L'augmentation de la difficulté des tâches quasi-statiques est notamment possible en modifiant la nature de la tâche (tâches spécifiques à la danse, après 10 tours sur soi-même) ou en modifiant les conditions sensorielles dans lesquelles sont réalisées celles-ci (retire ou altère un système sensoriel). Cependant, cette observation ne s'applique pas à toutes les études, puisqu'il existe quelques-unes qui ont démontré que les danseurs étaient meilleurs, que ce soit pour des tâches bipodales ou unipodales très simples (Marinkovic *et al.*, 2021; Nikolaidou *et al.*, 2021; Michalska *et al.*, 2018; Bruyneel *et al.*, 2010; Gerbino *et al.*, 2006). Contrairement à ces études, d'autres ont plutôt démontré que les danseurs n'étaient pas meilleurs, et ce même pour des tâches bipodales ou unipodales très simples (Kiliç et Nalbant, 2022; Maheu *et al.*, 2019; Janura *et al.*, 2019; Munzert *et al.*, 2018; De Mello *et al.*, 2017; Lin *et al.*, 2011; Perrin *et al.*, 2002; Hugel *et al.*, 1998; Crotts *et al.*, 1996).

Somme toute, cette section permet d'établir l'état des connaissances concernant les études portant sur l'équilibre quasi-statique chez les danseurs professionnels. Il est plutôt difficile d'émettre une conclusion claire étant donné les divergences des résultats observés d'une étude à l'autre qui peuvent s'expliquer, entre autres, par la variété des méthodologies utilisées.

Ainsi, les études qui démontrent que des variables sont ressorties significativement meilleures chez les danseurs, expliquent leurs résultats par le fait que l'entraînement de la danse perfectionne l'équilibre quasi-statique, tandis que celles qui n'ont pas démontré de variables significativement différentes, expliquent plutôt leurs résultats par le fait qu'une tâche quasi-statique, par exemple bipodale, ressemble trop à un contexte naturel, ne permettant pas de mettre en évidence les qualités d'équilibre des danseurs professionnels (Janura *et al.*, 2019; Munzert *et al.*, 2019; Crotts *et al.*, 1996).

En effet, les chercheurs démontrent de meilleures performances chez les danseurs lorsque les tâches sont plus complexes. L'augmentation de la complexité peut-être soit causée par le type de tâche exécuté ou en fonction de la condition sensorielle dans laquelle la tâche est évaluée (Kiliç et Nalbant, 2022; Maheu *et al.*, 2019; Janura *et al.*, 2019; Munzert *et al.*, 2018; Gerbino *et al.*, 2006). La prochaine section abordera divers types de tâches posturales complexes utilisées pour évaluer l'équilibre dynamique.

1.2.3.2 L'équilibre dynamique chez les danseurs

De façon générale les études portant sur l'équilibre dynamique ont indiqué de meilleures performances posturales chez les danseurs professionnels. Au total, 11 études ont été recensées. Parmi celles-ci, plusieurs ont démontré des différences significatives entre les groupes (Kiliç et Nalbant, 2022; Marinkovic *et al.*, 2021; Janura *et al.*, 2019; Munzert *et al.*, 2018; Martin-Sanz *et al.*, 2017; Gerbino *et al.*, 2006; Golomer et Dupui, 2000; Golomer *et al.*, 1999) tandis que d'autres études n'ont pas montré de différences entre les groupes (Martinez *et al.*, 2014; Perrin *et al.*, 2002; Golomer et Dupui, 2000; Golomer *et al.*, 1999). Tout comme les études portant sur l'équilibre quasi-statique, la tendance démontre aussi pour l'équilibre dynamique que plus la tâche se complexifie, plus les probabilités que des variables ressortent significatives entre les groupes augmentent. Déjà, comparativement aux études ayant utilisé un protocole d'équilibre statique, on constate qu'il y a un plus grand nombre d'études publiées qui démontrent que les danseurs ont de meilleures performances lors de tâches dynamiques que les groupes contrôles. Parmi les différents protocoles utilisés, nombreuses études ont évalué cette composante par l'intermédiaire d'une plateforme de force oscillante qui provoque des mouvements de la plateforme de force (Kiliç et Nalbant, 2022; Martin-Sanz *et al.*, 2017; Gerbino *et al.*, 2006; Perrin *et al.*, 2002; Golomer et Dupui, 2002; Golomer *et al.*, 1999). Les résultats de ces études ne font pas l'unanimité à savoir si les danseurs ont de meilleures capacités à se stabiliser. Certaines démontrent que oui (Kiliç et Nalbant, 2022; Martin-Sanz *et al.*, 2017;

Gerbino *et al.*, 2006; Golomer et Dupui, 2002; Golomer *et al.*, 1999), tandis que d'autres démontrent que non (Perrin *et al.*, 2002; Golomer et Dupui, 2002; Golomer *et al.*, 1999). Ensuite, lorsque l'on compare entre elles les études qui ont évalué l'équilibre dynamique par l'intermédiaire de tâches auto-initiées par le participant, les résultats démontrent de meilleures performances des danseurs, et ce pour l'ensemble de ces études. Les chercheurs expliquent leurs résultats la complexité des tâches de leurs protocoles (Marinkovic *et al.*, 2021; Janura *et al.*, 2019; Munzert *et al.*, 2018; Gerbino *et al.*, 2006). Voici le détail des protocoles utilisés de ces recherches : marcher sur une poutre (Marinkovic *et al.*, 2021), rester en équilibre après 10 tours sur soi-même (Janura *et al.*, 2019), rester en équilibre après un transfert de poids, rester en équilibre après la réalisation de gestes techniques en danse comme un relevé et un jeté temps relevé (Munzert *et al.*, 2018). Autrement, trois études ont évalué l'équilibre dynamique par l'intermédiaire d'une tâche mesurant les limites de la stabilité (Kiliç et Nalbant, 2022; Michalska *et al.*, 2018; Martinez *et al.*, 2014). Les résultats de celles-ci divergent d'une étude à l'autre. D'abord, la recherche de Kiliç et Nalbant (2022) a marqué quelques différences significatives des mécanismes du contrôle de la posture entre leurs groupes, et ce spécifiquement pour trois directions précises. Ainsi, ces différences n'ont pas été soulignées pour l'ensemble des directions. Quant à elle, l'étude de Michalska et ses collègues (2018) ont démontré des différences significatives, seulement pour la phase d'équilibre statique initial (qui concerne la composante d'équilibre statique plutôt que dynamique). Pour ce qui est de la phase du maintien des limites de la stabilité dans cette étude, seulement une variable (*range of trembling*) parmi plusieurs est ressortie significativement différente entre les groupes. Pour terminer, l'étude de Martinez et ses collègues ont plutôt conclu, après avoir fait le *Star Excursion Balance Test (SEBT)*, que les danseurs compétitifs étaient même moins bons face au groupe auquel ils étaient comparés, soit des danseurs récréatifs.

Somme toute, cette section permet d'établir l'état des connaissances concernant les études ayant évalué l'équilibre dynamique chez les danseurs professionnels. Il est plutôt difficile d'émettre une conclusion claire concernant les capacités posturales dans des tâches d'équilibre dynamique, étant donné la divergence des résultats de recherche d'une étude à l'autre, expliqué entre autres par la variété des méthodologies utilisées. Toutefois, plusieurs chercheurs soulignent que les danseurs ont de meilleures performances, particulièrement lorsque les tâches sont plus complexes, soit causé par le type de tâche exécutée ou soit en fonction de la condition sensorielle (élaboré dans la section 1.2.3.1.). Parmi les différentes tâches pour mesurer l'équilibre dynamique chez les danseurs professionnels, celle des limites de la stabilité semble être la plus appropriée étant donné que peu d'étude ont évalué celle-ci, en plus que cette dernière se rapproche grandement de la réalité des danseurs et, finalement, parce que ce type de tâche est fortement utilisé dans le domaine de la recherche et de la clinique (Brachman *et al.*, 2017). Toutefois, aucune étude n'a évalué les limites de la stabilité dans diverses conditions sensorielles.

1.2.3.3. Le rôle des informations sensorielles dans le contrôle postural des danseurs.

Cette section regroupe 18 études qui ont évalué l'implication des conditions sensorielles pour le contrôle postural chez les danseurs. Tout comme les deux autres composantes, les conclusions de celles-ci restent tout aussi mitigées. De façon générale, les études ayant évalué le rôle des systèmes sensoriels dans le contrôle de la posture ont procédé à l'aide de protocoles de recherche qui comprend soit des tâches posturales les yeux ouverts, debout sur une surface dure (Kiliç et Nalbant, 2022; Nikolaidou *et al.*, 2021; Maheu *et al.*, 2019; Janura *et al.*, 2019; Michalska *et al.*, 2018; Munzert *et al.*, 2018; Martin-Sanz *et al.*, 2017; De Mello *et al.*, 2017; Martinez *et al.*, 2014; Bruyneel *et al.*, 2010; Gerbino *et al.*, 2006; Perrin *et al.*, 2002; Hugel *et al.*, 1998; Crotts *et al.*, 1996), les yeux fermés, debout sur une surface dure (Kiliç et Nalbant, 2022; Nikolaidou *et al.*, 2021; Maheu *et al.*, 2019; Janura *et al.*, 2019; Michalska *et al.*,

2018; Munzert *et al.*, 2018; Martin-Sanz *et al.*, 2017; De Mello *et al.*, 2017; Lin *et al.*, 2011; Bruyneel *et al.*, 2010; Gerbino *et al.*, 2006; Perrin *et al.*, 2002; Golomer et Dupui, 2000; Golomer *et al.*, 1999; Hugel *et al.*, 1998; Crotts *et al.*, 1996), les yeux ouverts, debout sur une mousse (Maheu *et al.*, 2019; Janura *et al.*, 2019; Munzert *et al.*, 2019; Gerbino *et al.*, 2006; Crotts *et al.*, 1996) et les yeux fermés, debout sur une mousse (Maheu *et al.*, 2019; Crotts *et al.*, 1996).

D'abord, des études indiquent que les danseurs professionnels ont de meilleures capacités posturales malgré le retrait de la vision (Kiliç et Nalbant, 2022; Nikolaidou *et al.*, 2021; Bruyneel *et al.*, 2010; Gerbino *et al.*, 2006; Golomet et Dupui, 2000; Golomer *et al.*, 1999), tandis que d'autres chercheurs indiquent plutôt l'inverse (Maheu *et al.*, 2019; Janura *et al.*, 2019; Michalska *et al.*, 2018; Munzert *et al.*, 2018; Martin-Sanz *et al.*, 2017; De Mello *et al.*, 2017; Lin *et al.*, 2011; Perrin *et al.*, 2002; Crotts *et al.*, 1996). Les chercheurs expliquent les meilleures performances des danseurs par le fait que la pratique de la danse permet de stimuler davantage les autres systèmes sensoriels impliqués dans le contrôle de la posture (Kiliç et Nalbant, 2022; Nikolaidou *et al.*, 2021; Bruyneel *et al.*, 2010; Gerbino *et al.*, 2006; Golomet et Dupui, 2000; Golomer *et al.*, 1999). D'autre part, les études qui ont démontré de moins bonnes performances soulignent la dominance du système visuel chez les danseurs dans la régulation de la posture, expliqué par la spécificité des entraînements retrouvés en danse, soit de danser devant des miroirs et de l'importance de la contribution visuelle lors de rotations (Janura *et al.*, 2019; Da Silveira Costa *et al.*, 2013; Schmit *et al.*, 2005; Perrin *et al.*, 2002; Hugel *et al.*, 1998). Cette dépendance face au système visuel peut être expliquée par une surspécialisation de ce système sensoriel par rapport aux autres en raison de la pratique de la danse.

Concernant le système tactile, quelques études ont évalué sa contribution en insérant une mousse sous les pieds des participants (diminution) ou en réalisant des tests sur

une plateforme de force en mouvement (augmentation de la stimulation). La mousse permet entre autres d'altérer l'information perçue par les récepteurs tactiles qui se retrouvent sous les pieds (diminution de l'implication de la pression) et au même moment, de créer une augmentation de la stimulation proprioceptive en raison l'instabilité apportée par la mousse, notamment celle au niveau de la cheville (Blanchet, 2014). Les études à ce sujet ne font pas toutes l'unanimité non plus à savoir si la danse améliore ou non les capacités sensorielles tactile et/ou proprioceptive. En effet, quelques études ont démontré que les danseurs étaient meilleurs face au groupe auquel ils étaient comparés, expliqué entre autres, par le fait que la danse permet de stimuler les autres systèmes sensoriels qui permettent de compenser de la perte du système tactile (Kiliç et Nalbant, 2022; Maheu *et al.*, 2019; Gerbino *et al.*, 2006; Crotts *et al.*, 1996). Schmit et ses collègues (2005) soutiennent ce postulat et expliquent celui-ci par le fait que la danse requiert des niveaux de forces musculaires et de coordination de mouvements importants pour maintenir une posture droite, le tout avec une attention particulière portée sur l'orientation du corps en relation avec l'environnement extérieur. De même, l'étude de Perrin et ses collègues (2002), mentionne que l'activité de la danse permet d'améliorer la précision de la proprioception, ce qui expliquerait le maintien d'une bonne performance lorsque le système tactile est altéré. En opposition, d'autres recherches ont plutôt montré le contraire et justifient leurs résultats par la dominance du système tactile chez ce type d'athlète, toujours expliqué par la spécificité des entraînements retrouvés en danse (Janura *et al.*, 2019; Munzert *et al.*, 2018; Martin-Sanz *et al.*, 2017).

Certains chercheurs soutiennent aussi l'amélioration de l'utilisation des informations en provenance du système vestibulaire. Une étude affirme que l'activité de la danse permettrait d'entraîner ce système en comparaison avec des non-danseurs (Janura *et al.*, 2019). Cette conclusion est aussi supportée par l'étude de (Schmit *et al.*, 2005) qui conclut que les danseurs s'appuient davantage sur des informations en provenance de

ce système pour contrôler leur posture en comparaison avec des non-danseurs. Toutefois, il existe peu d'études portant sur le rôle spécifique du système vestibulaire chez la population des danseurs.

En conclusion, les études portant sur les capacités des danseurs à utiliser et à traiter les informations en provenance des systèmes sensoriels ne sont pas toutes unanimes. En effet, il est plutôt difficile d'émettre une conclusion claire concernant les capacités à utiliser et traiter les informations sensorielles, étant donné la divergence des résultats de recherche d'une étude à l'autre, expliqué aussi par la variété des méthodologies utilisées. Ainsi, plusieurs questions demeurent. Est-ce que les danseurs ont de meilleures capacités à utiliser et à traiter les informations sensorielles pour le contrôle de la posture? La danse permet-elle de surspécialiser les systèmes visuels et tactiles? Les hypothèses concernant la dépendance face à un des systèmes sensoriels (visuel ou tactile) pourraient être interprétées par le fait que les danseurs ne sont pas nécessairement dépendants d'un système sensoriel, mais sont plutôt flexibles dans le choix des modalités sensorielles sollicitées et de la synergie de l'ensemble des systèmes sensoriels contribuant au contrôle de la posture. En effet, comme nous avons vu plus haut (section 1.2.2.1), le contrôle postural chez l'adulte repose essentiellement sur une forte synergie entre les différents systèmes sensoriels, soulignant qu'il n'existe pas nécessairement un système plus important qu'un autre. C'est plutôt la capacité à modifier la contribution relative de chacun des systèmes sensoriels en fonction du contexte et des exigences de la tâche qui permet d'optimiser le contrôle du mouvement (Cherng *et al.*, 2003). Une autre hypothèse pourrait permettre d'interpréter la variabilité des stratégies sensorielles utilisées par les danseurs; le « terrain fonctionnel » qui se résume par une « organisation psychocorporelle qui [fonde] notre relation particulière à la verticalité » (Godard, 1992). Selon cet auteur, certaines personnes stabiliseraient davantage leur mouvement avec le système somatosensoriel (proprioception et tactile) des membres inférieurs (stratégie sensorielle Terre) et d'autres via le système visuel et

vestibulaire de la tête (stratégie sensorielle Ciel). Bref, d'autres études sont requises pour approfondir ces connaissances.

L'ensemble de cette revue de littérature permet de faire l'état des connaissances actuelles concernant le contrôle de la posture chez les danseurs. De façon globale, il existe des études qui ont évalué les composantes de l'équilibre quasi-statique, l'équilibre dynamique ainsi que celles évaluant les capacités à intégrer et à utiliser les informations des systèmes sensoriels. Cependant, à notre connaissance, seulement trois études ont tenté de comparer les performances posturales de danseurs à un groupe de non-danseurs pour la tâche des limites de la stabilité, une composante importante du contrôle de la posture (Kiliç et Nalbant, 2022; Michalska *et al.*, 2018; Martin-Sanz *et al.*, 2014). Toutefois, aucune de ces études n'a évalué les limites de la stabilité dans différentes conditions sensorielles. Considérant le fait qu'il existe toujours une certaine confusion à savoir si les danseurs ont de meilleures capacités, à recruter les afférences en provenance des différents systèmes sensoriels lors d'une tâche posturale comparativement à des non-danseurs, il est important d'évaluer si les danseurs détiennent réellement une dépendance ou une préférence face à un des systèmes sensoriels lorsqu'ils exécutent une tâche posturale pour optimiser la préparation physique des danseurs.

1.2 Objectifs

Cette présente recherche repose sur deux objectifs. Le premier objectif est de comparer les capacités d'équilibre lors d'une tâche de limites de la stabilité, exécutée dans quatre directions, chez une population de danseurs professionnels à celles de non-danseurs. Le second objectif est de comparer l'effet des conditions sensorielles (yeux ouverts, debout sur une mousse (pour altérer l'information en provenance des récepteurs tactiles) versus yeux fermés, debout sur surface dure (pour retirer l'information

visuelle) sur les performances posturales des danseurs et de non-danseurs. Un sous-objectif est de comparer les performances posturales entre ces conditions sensorielles seulement chez le groupe de danseur, dans le but d'évaluer si ce groupe se trouve à être meilleur dans une condition en particulier.

1.3 L'hypothèse

La première hypothèse de cette recherche est qu'il existera des différences significatives entre les performances posturales des danseurs professionnels en comparaison à celles de non-danseurs pour la tâche des limites de la stabilité. Ceux-ci auront des limites de la stabilité supérieures aux non-danseurs ainsi qu'une stabilité supérieure pendant le maintien des limites de la stabilité maximale, et ce indépendamment des conditions sensorielles.

La seconde hypothèse est que les danseurs professionnels auront de meilleures performances comparativement aux non-danseurs dans les deux conditions sensorielles. Quant au sous-objectif, l'hypothèse est que les danseurs ne démontreront pas une meilleure performance dans les différentes conditions sensorielles. Il est évident que le retrait ou l'altération d'un système sensoriel diminue inévitablement les performances d'équilibre. Toutefois, l'hypothèse est qu'il n'y aura pas de différence significative des performances posturales entre les conditions yeux ouverts, debout sur une mousse et yeux fermés debout sur une surface dure chez le groupe des danseurs. Cette hypothèse est soutenue par le principe de synergie entre les systèmes sensoriels dans le contrôle de la posture. Ainsi, les résultats devraient être plutôt similaires d'une condition à l'autre.

CHAPITRE 2

MÉTHODOLOGIE

Ce chapitre présente la méthodologie pour évaluer les hypothèses de cette recherche. Les grands sujets de ce chapitre concernent les participants de l'étude, les procédures, les variables et l'appareillage requis pour l'évaluation du contrôle postural ainsi que les détails de l'analyse statistique.

2.1 Les participants

Un total de 12 danseurs et de 12 non-danseurs ont participé à la recherche. Douze danseurs professionnels âgés entre 19 et 40 ans (29 ± 8 ans) et douze non-danseurs âgés entre 19 et 44 ans (29 ± 9 ans) sont inclus dans cette étude (11 femmes et 1 homme dans chaque groupe). Pour être éligibles à l'étude, les danseurs devaient avoir un minimum de 5 années de formation ou de pratique professionnelle soit en danse classique ou contemporaine. La majorité des recherches en danse ont été faites chez des danseurs pratiquant ces styles de danse. Il sera donc possible de comparer nos résultats avec ceux d'autres études. Une formation professionnelle est une formation reçue dans un établissement dont le mandat est de former des professionnels en danse, dont les formations académiques suivantes : le baccalauréat en danse de l'UQAM, le baccalauréat en danse de l'Université Concordia, le diplôme d'études collégiales de l'École de danse contemporaine de Montréal ou encore le diplôme d'études collégiales de l'École supérieure de ballet du Québec, etc. Les sujets qui ont suivi une formation académique dispensée par l'une de ces institutions ont été acceptés dans le cadre de cette recherche. En ce qui a trait aux pratiques professionnelles, elles correspondent à des prestations de danse pour lesquelles les danseurs ont reçu une certaine rétribution

à la suite de projets de création diffusés auprès d'un public. Quant à eux, les non-danseurs devaient n'avoir aucune expérience en danse et leur niveau d'activité physique par semaine était représentatif de la population générale.

2.1.1 Critères d'exclusion

Les personnes présentant un trouble neurologique ou pathologique, une déficience physique et/ou mentale, une blessure, une condition qui pourrait nuire aux performances d'équilibres ne pouvaient pas participer à l'étude. De plus, les danseurs inscrits comme étudiants au moment de la recherche étaient aussi exclus.

2.1.2 Le recrutement

Un appel à la participation sous forme d'affiche a été diffusé sur le site de l'UQAM et le réseau des chercheurs. Pour diversifier le recrutement des danseurs, une invitation à participer a été envoyée par courriel aux interprètes de la compagnie Le Carré des Lombes et aux enseignants de danse en milieu scolaire, collégial et universitaire. L'affiche a été aussi diffusée sur le site du Regroupement québécois de la danse (RQD) ainsi que sur le site de l'Association québécoise de l'enseignement de la danse à l'école (AQEDE).

2.2 Procédures initiales

Avant de procéder à la collecte de données, une demande de participation à l'étude et un formulaire de consentement ont été envoyés aux participants pour leur préciser les détails de la recherche. La demande de participation ainsi que le formulaire de consentement se retrouvent à l'annexe A.

Cette étude s'inscrivait dans un projet de recherche financé par le CRSH - Développement savoir (360 000\$). Elle a été approuvée par le comité d'éthique du CIEREH et a été élaborée en collaboration avec des chercheurs du département de

danse de l'UQAM. L'étude comporte deux principaux volets qui sont étudiés sur un total d'environ 4 ans. Dans le cadre de ce mémoire, seul le premier volet est adressé. Ce volet consiste à évaluer quatre tâches expérimentales à l'aide d'un système de capture de mouvements *Xsens*, d'une plateforme de force *AMTI* et de trois observateurs experts l'analyse dynamique des mouvements dansés: 1) Test de la tâche des limites de la stabilité, 2) Test des oscillations antéropostérieurs (AP) et médiolatéraux (ML), 3) Test de marche et 4) Test de mouvement de danse. Ces tâches ont été effectuées dans des conditions sensorielles différentes a) yeux fermés, debout sur une surface dure et b) yeux ouverts, debout sur une surface mousse. Dans le cadre de ce mémoire, seule la tâche des limites de la stabilité dans les deux conditions sensorielles est étudiée.

2.3 Protocole d'évaluation des limites de la stabilité posturale

Il existe quelques tests permettant de mesurer les limites de la stabilité. Parmi ceux-ci, il existe le *functional reach test* qui est une méthode d'évaluation grandement utilisée en recherche et en clinique puisque les études démontrent qu'il est un test fiable, avec une variabilité interexamineur faible et une bonne reproductibilité dans le temps, qu'il a une sensibilité au changement et finalement, qu'il a une bonne prédiction des risques de chutes (de Waroquier-Leroy *et al.*, 2014). Ce test consiste à « maîtriser son équilibration pendant que le sujet se penche le plus possible en avant tout en gardant le bras tendu à l'horizontale » (Monnin *et al.*, 2019). La distance entre la position initiale et la position d'arrivée est calculée afin de déterminer les capacités du sujet (Monnin *et al.*, 2019). Typiquement, le *functional reach test* est un mouvement d'inclinaison antérieur. Cependant, les chercheurs recommandent d'évaluer les limites de la stabilité dans quatre directions différentes (avant, arrière, droite et gauche) puisque l'on ne peut pas prédire les résultats obtenus dans une direction pour chacune des autres directions étant donné qu'elles sont toutes uniques et que les résultats ne se ressemblent pas d'une direction à l'autre (Newton, 2001). De plus, en danse les limites de la stabilité sont sollicitées dans plusieurs directions. Ainsi, chaque participant a réalisé la tâche des

limites de la stabilité dans quatre directions différentes, soit: 1) vers l'avant, 2) vers l'arrière, 3) vers la droite et 4) vers la gauche. Les participants étaient debout et devaient aller le plus loin possible sans fléchir le tronc ni les genoux et sans soulever les pieds. Ils devaient réaliser l'ensemble des tâches les bras croisés sur la poitrine, les pieds collés au sol et ce, tout le long de l'enregistrement. Ils devront tenir la posture inclinée dans les limites de la stabilité pendant 10 secondes avant de revenir au point de départ. Une représentation de la tâche des limites de la stabilité est présentée plus bas (figure 2.1).

Dans le but de comparer la contribution relative des informations tactiles et visuelles, la tâche des limites de la stabilité a été réalisée dans deux conditions sensorielles différentes : a) yeux ouverts, debout sur une mousse; b) yeux fermés, debout sur une surface dure. La condition sensorielle a) permet d'altérer les informations sensorielles en provenance des récepteurs tactiles sous les pieds puisque la mousse réduit significativement la perception des déplacements de pressions sous les pieds (agis de façon similaire à une anesthésie plantaire) (Cherng *et al.*, 2003). De plus, la mousse provoque une augmentation de l'instabilité posturale, notamment au niveau des chevilles, ce qui augmente par ailleurs, la stimulation du système proprioceptif (Blanchet, 2014). Quant à elle, la condition sensorielle b) permet de mesurer les performances posturales des participants sans la contribution du système visuel.

Le local où ont eu lieu les tests était aménagé avec des chaises pour que les participants puissent se reposer entre les tâches. De l'eau était à la disposition des participants. Étant donné que les tâches posturales ont été réalisées sans la vision, il existe un léger risque de chutes. À tout moment, le participant pouvait déroger à la consigne de maintenir les pieds au sol afin d'effectuer un pas de rattrapage pour récupérer son équilibre ou en ouvrant les yeux, si nécessaire. Dans ce cas, l'essai était repris et noté. De plus, une personne était positionnée près du participant pour le retenir si une chute devait

survenir. À tout moment, le participant pouvait prendre une pause s'il ressentait de la fatigue. Des pauses de 5 minutes étaient également prévues entre chacune des conditions expérimentales.

Avant l'enregistrement de la tâche posturale :

- 1) Une explication détaillée des différentes étapes de la tâche posturale a été présentée aux participants. Les participants se sont placés debout sur la plateforme de force, pieds nus dans les empreintes de leurs pieds qui ont été dessinées au sol préalablement (tracés des pieds à la largeur des épaules). Les tracés des pieds sont essentiels pour s'assurer que les participants placent leurs pieds au même endroit sur la plateforme de force à travers les essais et pour normaliser les données pendant l'étape de l'analyse des données (longueur et largeur des pieds). Les consignes suivantes étaient données à chaque participant et avant chaque essai : "lorsque vous entendez le signal, aller le plus loin possible dans la direction donnée, sans décoller les pieds du sol et/ou fléchir les genoux et les hanches".
- 2) Une démonstration de ce que devaient réaliser les participants était faite.
- 3) Un essai de pratique était réalisé par les participants
- 4) Lorsque les participants avaient reçu les consignes et qu'ils étaient prêts en position neutre, l'enregistrement était lancé.

Pendant l'enregistrement de la tâche posturale :

- 1) Les participants devaient attendre en position quasi-statique initiale (10 sec.).

- 2) Après les dix premières secondes, un signal sonore retentissait et indiquait le « go » pour que les participants atteignent leur position d'inclinaison maximale dans la direction donnée, toujours sans bouger les pieds ou décroiser les bras. Cette inclinaison maximale était être maintenue pour un total de dix secondes (10 sec.).
- 3) Ensuite, un deuxième signal sonore retentissait, qui indiquait aux participants de revenir en position quasi-statique finale. Ils devaient rester dans cette posture, un total de cinq secondes (5 sec.) avant la fin du test.

Pendant l'exécution des tâches, aucune rétroaction n'a été donnée aux participants. Toutefois, entre les tâches, un rappel de l'atteinte du maximum a été fait et des encouragements ont été donnés aux participants. Dans le but d'éviter que les résultats s'expliquent par un processus d'apprentissage moteur, l'ordre de passage de la condition sensorielle n'a pas été le même d'un participant à l'autre. Ainsi, la moitié des sujets ont exécuté le protocole 1 dans lequel les participants débutent les tâches les yeux ouverts, debout sur une mousse et ensuite les yeux fermés, debout sur une surface dure. L'autre moitié ont exécuté le protocole 2 dans lequel l'ordre de passage des conditions était inversé. L'assignation du protocole a été faite de façon aléatoire. Les détails des protocoles 1 et 2 sont déposés à l'annexe B.

2.4 Appareillage

Selon plusieurs chercheurs provenant de divers domaines, la plateforme de force est une méthode fiable, précise et fidèle pour mesurer l'équilibre (Brachman *et al.*, 2017). Parmi les études ayant évalué le contrôle de la posture chez les danseurs professionnels, une très grande majorité de celles-ci ont utilisé cet outil pour mesurer l'équilibre (Kiliç et Nalbant, 2022; Nikolaidou et al., 2021; Maheu *et al.*, 2019; Janura *et al.*, 2019;

Munzert *et al.*, 2019; Michalska *et al.*, 2018; De Mello *et al.*, 2017; Martin-Sanz *et al.*, 2017; Lin *et al.*, 2011; Bruyneel *et al.*, 2010; Gerbino *et al.*, 2006; Simmons, 2005; Perrin *et al.*, 2002; Golomer *et Dupui*, 2000; Hugel *et al.*, 1998; Crotts *et al.*, 1996). Ainsi, une plateforme de force portative multiaxiale AMTI, AccuSway Optimized a été utilisé pour mesurer les déplacements des CdP à une fréquence de 200 Hz. La plateforme de force est connectée à un ordinateur, par un fil USB, dans lequel est téléchargé le logiciel *Balance Clinic*, qui est logiciel en lien avec la plateforme de force. Ce dernier permet d'enregistrer les essais. La plateforme de force permet, entre autres, d'acquérir les déplacements du CdP, et ce dans trois axes différents, soit :

- 1) Antéro-postérieur (AP) : les déplacements du CdP vers l'avant et l'arrière
- 2) Médio-latéral (ML) : les déplacements du CdP vers la gauche et la droite
- 3) Vertical : les déplacements du CdP vers le haut et le bas (poids de corps)

Le logiciel *Balance Clinic* calcul les déplacements nets des CdP ce qui permet d'obtenir les déplacements dans l'axe AP et ML du CdP à travers le temps pour chaque essai à partir desquels, les variables posturales ont été quantifiées. Pour une même tâche d'inclinaison volontaire, par exemple vers l'avant, jusqu'aux limites de la stabilité, la plateforme de force collecte les déplacements du CdP dans l'axe du mouvement, c'est-à-dire dans l'axe AP et collecte aussi les déplacements dans l'axe opposé du mouvement, c'est-à-dire dans l'axe ML. L'analyse dans l'axe opposé du mouvement illustre les ajustements posturaux latéraux ou les asymétries des déplacements du CdP qui sont importants à interpréter. Finalement, avant de présenter les diverses variables de l'analyse du CdP, il est important de noter que l'analyse de la tâche des limites de la stabilité se fera, d'abord, en divisant cette dernière, selon quatre grandes phases soit (voir Figure 2.1) :

- 1) La phase du backshift (BS) : fin de la phase initiale pendant que le participant maintient son équilibre quasi-statique (7 premières secondes). Cette phase permet de mesurer les mouvements anticipatoires du CdP. De façon inconsciente, le participant enverra son CdP dans le sens opposé de la direction où l'inclinaison maximale volontaire doit être exécutée avant l'exécution de celle-ci. Le peak du BS correspond à la position maximale du mouvement anticipatoire.
- 2) La phase d'atteinte des limites de la stabilité maximales : cette phase correspond à la distance entre le peak du BS jusqu'au début de la phase 1.
- 3) La phase 1 : le début de cette phase correspond au premier moment où le CdP se déplace dans la direction opposée du mouvement d'inclinaison volontaire. Ainsi la phase 1 comprend le début de cette phase jusqu'à la cinquième seconde de l'inclinaison volontaire.
- 4) La phase 2 : phase du maintien des limites de la stabilité pendant les 5 dernières secondes de l'inclinaison volontaire maximale.

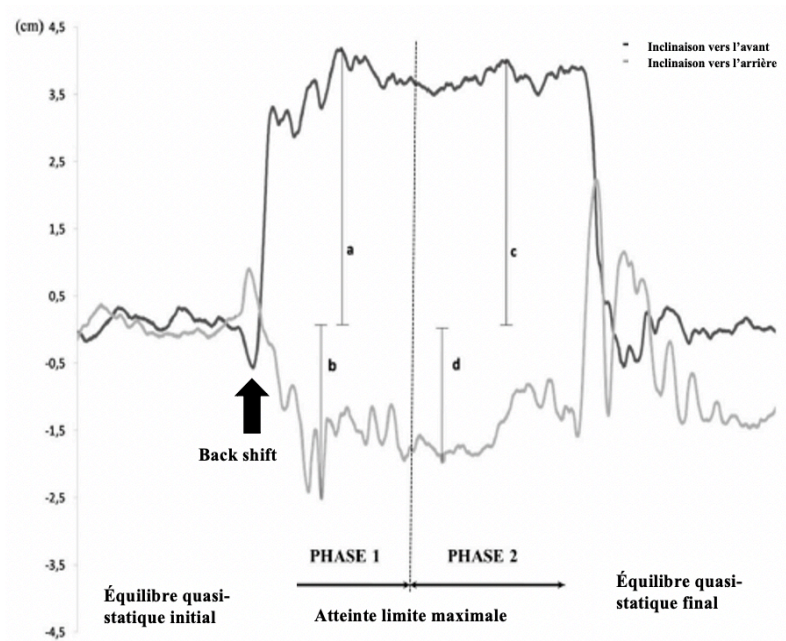


Figure 2.1 Représentation des différentes phases de la tâche des limites de la stabilité

2.5 Les variables

Cette section énumère l'ensemble des variables qui ont été analysées. La présentation de celles-ci est faite en fonction des différentes phases de la tâche des limites de la stabilité et des axes (voir la figure 2.2):

La phase du BS, dans l'axe du mouvement :

- 1) La durée (sec) : la différence de temps entre le début et le pic du BS.
- 2) L'amplitude du BS (cm) : la différence entre le peak du BS et le début du BS.

La phase du BS, dans l'axe opposé du mouvement :

- 1) L'étendue (cm) : la différence de la position maximale de l'amplitude du BS (cm) et la position minimale de l'amplitude pendant le BS (cm) (par exemple, pendant que le sujet déplace volontairement son CdP dans l'axe AP pour effectuer un mouvement d'inclinaison vers l'avant, l'étendue des déplacements dans l'axe ML, opposé au mouvement volontaire, sera analysée).

La phase de l'atteinte, dans l'axe du mouvement :

- 1) La durée de l'atteinte (sec) : la différence entre le moment du peak du BS et la fin de l'atteinte.
- 2) L'amplitude de l'atteinte (cm) : la différence de la position entre le peak du BS et la fin de l'atteinte.

La phase de l'atteinte, dans l'axe opposé du mouvement :

- 1) L'étendue de l'atteinte (cm) : distance mesurée entre la valeur maximale et la valeur minimale pendant la phase d'atteinte.

La phase 1, dans l'axe du mouvement :

- 1) L'étendue (cm) : la différence de la position maximale et minimale atteinte.
- 2) Le maximum normalisé (cm) : la position maximale atteinte (valeur en AP divisée par la longueur du pied et valeur en ML divisée par la largeur du pied du participant).

- 3) Le maximum - moyenne (cm) : la différence de la position entre le maximum atteint (cm) et la moyenne du CdP. Plus la valeur de cette variable est petite, meilleure est la performance posturale.

La phase 1, dans l'axe opposé du mouvement :

- 1) L'étendue (cm) : la différence de la position maximale et minimale atteinte.

Les mêmes variables de la phase 1 sont calculées pour la phase 2.

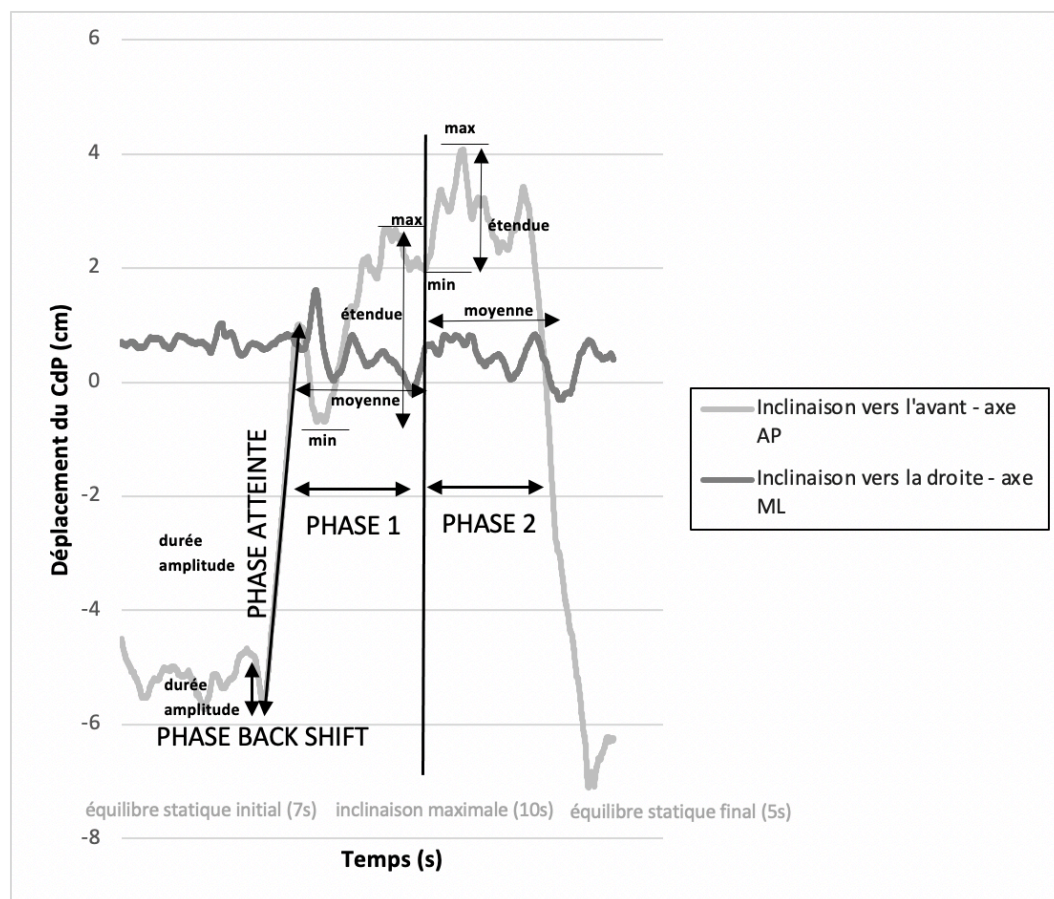


Figure 2.2 Représentation des différentes variables de la tâche des limites de la stabilité

2.6 Analyse des données

Pour l'analyse des données, l'ensemble des données enregistrées dans le logiciel de la plateforme de force (CdP net dans l'axe AP et ML) a été exporté en données brutes dans un document Excel. Cette exportation a été faite pour chacune des tâches et pour chacun des participants. Ainsi, pour chaque participant un total de huit tâches a été exportées en données brutes sur Excel. Une fois que les variables ont été calculées, l'ensemble des résultats a été transféré dans le logiciel SPSS qui a permis d'effectuer les analyses statistiques.

2.7 Analyse statistique

À l'aide du programme statistique SPSS version 27.0, il a été possible de valider ou non les hypothèses de cette recherche. Une vérification de la normalité de la distribution des données a été effectuée pour l'ensemble des données pour confirmer l'utilisation de tests paramétriques. Ensuite, l'exécution d'un test T pour déterminer s'il existe ou pas des différences significatives entre les moyennes des deux groupes concernant les variables de l'âge, la grandeur, le sexe et le nombre d'années d'expérience en danse a été fait. Par après, l'analyse de variance (*Analysis Of Variance*) (ANOVA) à mesures répétées a été utilisée pour comparer les groupes (2) les directions (4) et les conditions sensorielles (2) a été faite pour comparer les performances posturales des deux groupes (les danseurs professionnels et les non-danseurs) avec la correction de Huynh-Feldt (Test de sphéricité de Mauchly $> .75$). Le rôle primaire de l'ANOVA est de comparer les moyennes de deux groupes et faire ressortir, s'il y a lieu, des différences significatives. Dans tels cas, la correction de Bonferroni a été utilisée pour réaliser les tests Post Hoc afin d'identifier quelles sont les différences significatives.

CHAPITRE 3

RÉSULTATS

D'abord, cette section présente les caractéristiques des participants (voir Tableau 3.1). Aucune différence significative n'existe entre les deux groupes concernant les variables de l'âge, de la grandeur et du genre ($p > 0,05$). Toutefois, nos analyses indiquent qu'il existe des différences significatives entre les groupes concernant le nombre d'années de pratique en danse ($p = 0,000$).

	Danseurs	Non-danseurs	Valeur P
Âge (années)	29,1 $\pm$ 7.5	29.4 $\pm$ 8.83	0.941
Grandeur (cm)	165.42 $\pm$ 11.86	166.71 $\pm$ 8.31	0,760
Nombre d'années de pratique en danse	17,42 $\pm$ 7.70	0	0,000*

Tableau 3.1 Les caractéristiques des participants

L'ANOVA à mesures répétée a été réalisée dans le but de pouvoir valider ou d'infirmier les différentes hypothèses de cette étude. Parmi les différentes variables analysées, aucun effet de groupe n'a été observé dans notre étude. Toutefois, des effets d'interactions entre les directions et les groupes ainsi que d'interactions entre les conditions, les directions et les groupes ont été observés. Il semblerait que le facteur de directions soit assez sensible dans notre protocole de recherche pour différencier la performance posturale de nos groupes. Voici la liste des variables ressorties significatives concernant ces interactions :

3.1 La durée de la phase d'atteinte

L'ANOVA démontre une interaction significative entre les directions et les groupes pour la variable de la durée de la phase d'atteinte ($p = 0,030$). Le post hoc indique que cette variable est différente entre les groupes seulement pour la tâche réalisée vers la gauche ($p = 0,004$) (voir Figure 3.1). Cette analyse souligne des valeurs plus grandes chez le groupe de danseurs comparativement au groupe de non-danseurs. Les danseurs sembleraient donc prendre plus de temps avant d'aller dans leurs limites de la stabilité pour la tâche vers la gauche.

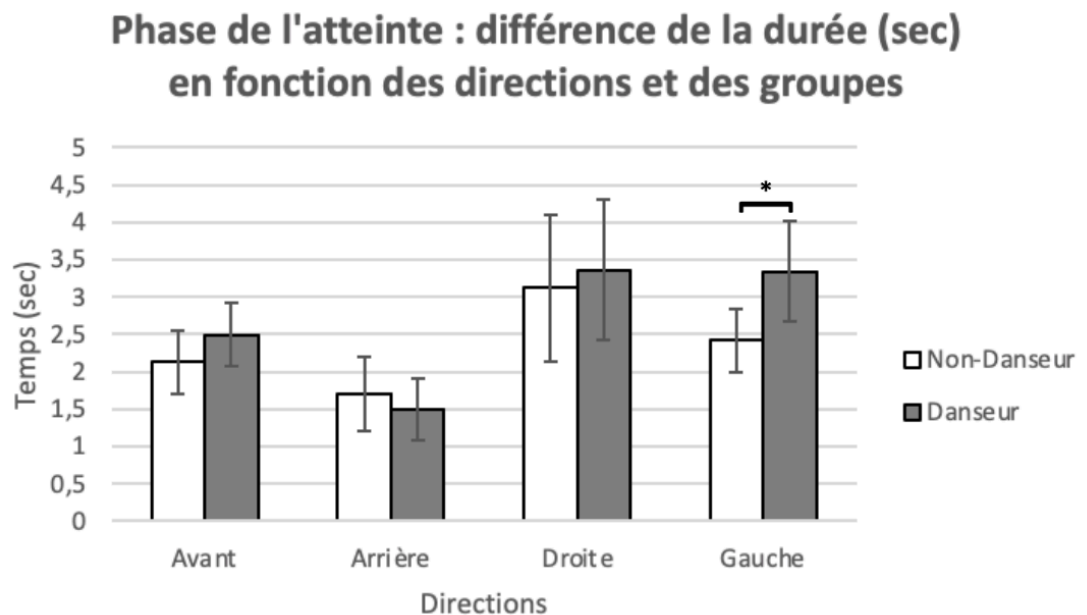


Figure 3.1 Comparaison des moyennes entre le groupe des danseurs et des non-danseurs pour la variable de la durée pendant la phase de l'atteinte de l'inclinaison volontaire maximale dans quatre directions : avant, arrière, droite, gauche (direction AP (l'axe AP) et en direction ML (l'axe ML)). *démontre l'effet significatif entre les groupes concernant l'inclinaison maximale vers la gauche. * $p < 0,030$.

3.2 L'étendue de la phase 1

L'ANOVA démontre une interaction significative entre les directions et les groupes pour la variable de l'étendue (cm) de la phase 1 du maintien des limites

de la stabilité ($p = 0,005$). Le post hoc indique que l'étendue est différente entre les groupes seulement pour la tâche réalisée vers la gauche ($p=0,023$) (voir Figure 3.2). Cette analyse souligne des valeurs plus petites chez les danseurs comparativement au groupe de non-danseurs signifiant que ceux-ci ont moins de grandes oscillations dans la phase 1.

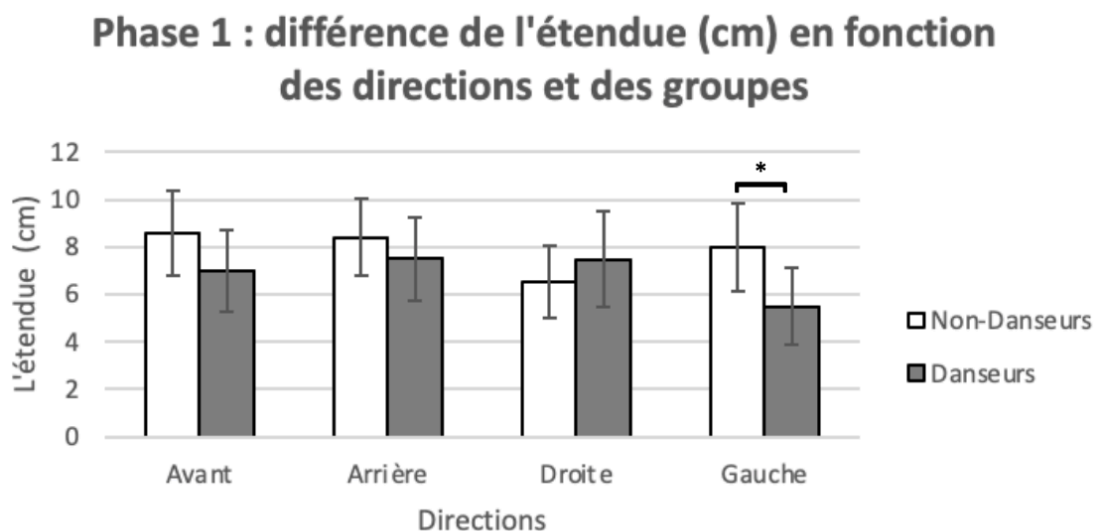


Figure 3.2 Comparaison des moyennes pour la variable de l'étendue en direction AP (l'axe AP) et en direction ML (l'axe ML) dans quatre directions : avant, arrière, droite, gauche pour la tâche d'inclinaison volontaire maximale, et ce entre le groupe des danseurs et des non-danseurs pour la phase 1. * démontre l'effet significatif entre les groupes concernant l'inclinaison maximale vers la gauche. * $p < 0,005$.

La variable de l'étendue dans la phase 1 démontre également des interactions significatives entre les groupes, les directions et les conditions ($p = 0,039$). Le post hoc indique que cette valeur est différente entre nos deux groupes pour la tâche réalisée vers la droite, dans la condition les yeux ouverts debout sur une mousse et vers la droite, dans la condition yeux fermés (donc dans nos deux conditions sensorielles) ($p = 0,017$) (voir figure 3.3). De même, le post hoc indique que l'étendu est différent entre les deux groupes pour la tâche réalisée vers la gauche, dans la condition yeux ouverts,

debout sur une mousse et vers la gauche, dans la condition yeux fermés, debout sur surface dure ($p = 0,019$) (voir figure 3.3).

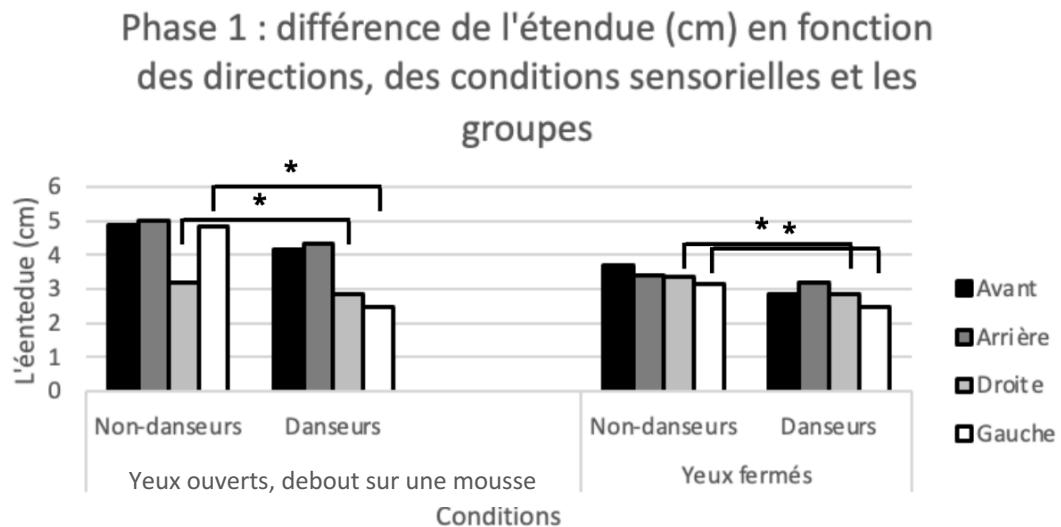


Figure 3.3 Comparaison des moyennes pour la variable de l'étendue en direction AP (l'axe AP) et en direction ML (l'axe ML) dans quatre directions : avant, arrière, droite, gauche, dans deux conditions sensorielles : yeux ouverts, debout sur mousse et yeux fermés entre le groupe des danseurs et des non-danseurs pour la phase 1. * démontre l'effet significatif entre les groupes concernant l'inclinaison maximale vers la droite et la gauche. * $p < 0,005$.

3.3 La différence entre le maximum (cm) et la moyenne (cm) pour la phase 2

L'ANOVA démontre une interaction significative entre les directions et les groupes pour la variable de la différence entre le maximum (cm) et la moyenne (cm) de la phase 2 du maintien des limites de la stabilité ($p = 0,050$). Le post hoc indique que cette valeur est différente entre les groupes seulement pour la tâche réalisée vers la droite ($p=0,029$) (voir Figure 3.4). Cette analyse souligne des valeurs plus petites chez le groupe de danseurs comparativement au groupe de non-danseurs. Ceci étant dit, il semblerait que la moyenne des déplacements du CdP soit plus près de la valeur maximale du CdP pour la phase 2, chez les danseurs. Ce qui indique que les danseurs arrivent davantage à maintenir leur CdG près de leur valeur maximale signifiant de meilleures capacités d'équilibre.

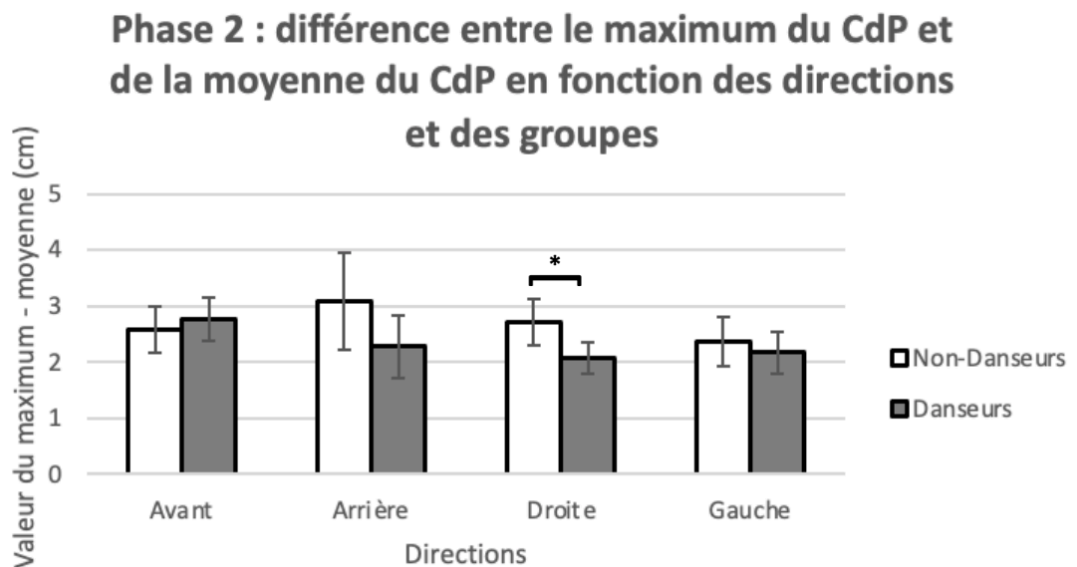


Figure 3.4 Comparaison des moyennes pour la variable entre le maximum et la moyenne des CdP en direction AP (l'axe AP) et en direction ML (l'axe ML) dans quatre directions : avant, arrière, droite, gauche pour la tâche d'inclinaison volontaire maximale, et ce entre le groupe des danseurs et des non-danseurs pour la phase 2. * démontre l'effet significatif entre les groupes concernant l'inclinaison maximale vers la droite. * $p < 0,050$.

L'ANOVA ne démontre aucune différence ni d'interaction significative pour les autres variables posturales de notre étude soit celle de l'amplitude et de l'étendue du back shift, de la durée, de l'amplitude et de l'étendue de la phase d'atteinte, du maximum normalisé et du maximum-moyenne de la phase 1 et finalement, de l'étendue et du maximum normalisé de la phase 2.

CHAPITRE 4

DISCUSSION

Dans cette étude, l'objectif principal était de comparer les performances d'équilibre entre les danseurs professionnels et les non-danseurs, pendant l'exécution de tâches dans les limites de la stabilité dans 4 directions et dans 2 différentes conditions sensorielles. Nous l'interpréterons nos données obtenues à la lumière des diverses études publiées sur le sujet.

4.1 Le contrôle postural chez les danseurs dans l'axe ML

Notre première hypothèse prévoyait que le groupe de danseurs allait obtenir de meilleures capacités d'équilibre pour l'ensemble des tâches des limites de la stabilité. Toutefois, les résultats nous démontrent qu'on ne peut valider ou infirmer notre première hypothèse, puisque certaines variables sont ressorties significatives et que d'autres non. En effet, cinq variables sont ressorties significatives sur l'ensemble des variables analysées. Celles-ci démontrent que les danseurs ont de meilleures habiletés mais spécifiquement dans les directions vers la droite et la gauche, et ce indépendamment des conditions sensorielles. Ainsi, il semblerait que notre protocole démontre que les danseurs sont plus stables dans l'axe ML. Ce constat peut s'expliquer, entre autres, par la spécificité des mouvements retrouvés en danse, notamment les transferts de poids et les changements de directions rapides (Lin *et al.*, 2011). Lorsque l'on analyse les mouvements de danse, et ce peu importe le style, on comprend rapidement pourquoi des différences sont notés dans l'axe ML comparativement à l'axe AP. En effet, les mouvements sont très variables et réalisés dans plusieurs axes (AP, longitudinal et transversal). Contrairement aux danseurs, lorsque l'on analyse la nature

des activités quotidiennes des sujets contrôles (se nourrir, se laver, aller aux toilettes, s'habiller et se mobiliser), on note principalement des déplacements du CdP dans l'axe AP. Cette observation sous-tend que les sujets contrôles sont très à l'aise dans l'axe AP et moins à l'aise dans l'axe ML. Ce qui expliquerait aussi les différences significatives entre les danseurs et non-danseurs dans cet axe. Nos résultats concordent avec ceux obtenus de la recherche de Blanchet et Prince (2019) qui ont observé de meilleures habiletés posturales seulement pour les tâches d'inclinaisons maximales en ML chez un groupe d'athlètes de sport de combat âgés entre 8 et 15 ans en comparaison à un groupe contrôle. Ces résultats peuvent, entre autres, s'expliquer par la nature des mouvements retrouvés en danse et dans les sports de combat, qui dans les deux cas, améliore leur stabilité pendant le maintien des limites de la stabilité dans l'axe ML spécifiquement. Il est possible que les danseurs qui pratiquent ce sport depuis leurs jeunes âges, aient pu bénéficier de ce type d'entraînement, tout comme les adolescents pratiquant des sports de combat.

Nos résultats appuient aussi ceux de l'étude de Michalska et ses collègues (2018) qui a évalué les limites de la stabilité vers l'avant et l'arrière et seulement dans la condition sensorielle « naturelle » : yeux ouverts, debout sur une surface dure. Leurs analyses démontrent que les danseurs n'ont pas de meilleures capacités d'équilibre pour ce qui est de la phase du maintien des limites de la stabilité vers l'avant et vers l'arrière. En effet, seulement qu'une variable est ressortie significative entre les groupes, parmi plusieurs autres variables. Tout comme notre étude, celle-ci ne démontre pas que les danseurs ont de meilleurs mécanismes de contrôle posturaux dans l'axe AP. Cette étude n'a pas évalué les limites de la stabilité dans l'axe ML.

L'étude de Kiliç et Nalbant pour sa part, a comparé les limites de la stabilité dans huit différentes directions (1. avant. 2. avant-droite. 3. droite. 4. arrière-droite. 5. arrière. 6. arrière-gauche. 7. gauche et 8. avant-gauche) entre un groupe de danseurs et un groupe

de non-danseurs. Celles-ci ont été réalisées seulement dans la condition sensorielle « naturelle » : yeux ouverts, debout sur surface dure. Cette dernière rapporte seulement que quelques variables ressorties significatives entre les deux groupes soient : le temps de réaction, la vitesse de mouvement, l'excursion du point final et l'excursion maximale. Ces résultats soulignent de meilleures performances chez les danseurs. Cependant, ces résultats ne s'appliquent pas pour l'ensemble des directions. Tout comme nos résultats, ceux-ci sont ressortis significatifs seulement dans quelques directions précises : vers l'avant, la diagonale droite-arrière et la diagonale gauche-arrière. Selon ces chercheurs, ses directions semblent plus sensibles que les autres. Bien que les directions droite et gauche ne soient pas ressorties significatives, il existe tout de même une composante dans l'axe ML dans les directions droite-arrière et gauche-arrière. Ceci étant dit, ces résultats soutiennent aussi que la pratique de la danse permet d'améliorer les limites de la stabilité, et ce dans certaines directions. Ainsi, d'autres études avec de plus grands groupes seraient nécessaires pour mieux appuyer nos hypothèses concernant nos résultats.

4.2 Le rôle des afférences dans le contrôle postural des danseurs

La seconde hypothèse était que les danseurs professionnels auraient de meilleures performances comparativement aux non-danseurs dans les deux conditions sensorielles. Quant au sous-objectif, l'hypothèse était qu'il n'y aurait pas de différence significative des performances posturales entre les conditions yeux ouverts, debout sur une mousse et yeux fermés debout sur une surface dure chez le groupe des danseurs. Seule la deuxième hypothèse est soutenue par nos résultats. En effet, aucun que nos résultats ne démontrent de différence significative entre les groupes et entre les conditions sensorielles chez notre groupe de danseurs.

Toutefois, comme présentées dans la section des résultats (section 3.2), des interactions significatives entre les groupes, les directions et les conditions ont été observées.

Celles-ci suggèrent que les danseurs ont démontré de meilleures performances en comparaison avec les non-danseurs dans les deux conditions sensorielles seulement dans les directions droite et gauche. Une fois de plus, des différences ressortent seulement dans l'axe ML et non dans l'axe AP. Une seule variable, soit celle de l'étendue de la phase 1, nous permet d'observer ces différences de performances. En effet, aucune autre interaction n'est ressortie significative entre les conditions sensorielles. Étant donné la faible tendance, cette interaction permet plutôt d'appuyer le fait que la danse améliore ont des mécanismes sensorimoteurs pour le contrôle postural dans l'axe ML. Globalement, nous pouvons donc conclure que la pratique de la danse classique et contemporaine ne permet pas d'améliorer la capture et la consolidation des informations sensorielles par le système nerveux sauf dans la phase 1 du maintien des limites de la stabilité dans l'axe ML. Lorsque l'on compare nos résultats avec ceux de la littérature, nous pouvons observer que les résultats obtenus concordent avec la majorité des études dans la littérature. En effet, pour ce qui est de la condition yeux fermés, la majorité des études indiquent que non, les danseurs ne sont pas meilleurs dans cette condition (Kiliç et Nalbant, 2022; Maheu *et al.*, 2019; Janura *et al.*, 2019; Munzert *et al.*, 2018; Martin-Sanz *et al.*, 2017; De Mello *et al.*, 2017; Lin *et al.*, 2011; Perrin *et al.*, 2002; Hugel *et al.*, 1998; Crofts *et al.*, 1996). Quant aux études ayant évalué l'équilibre dans la condition yeux ouverts, debout sur une mousse, celles-ci démontrent une plus grande divergence entre les résultats des différentes études. Notre étude s'inscrit dans le groupe d'études appuyant que les danseurs ne soient pas meilleurs que le groupe contrôle (Kiliç et Nalbant, 2022; Maheu *et al.*, 2019; Janura *et al.*, 2019; Munzert *et al.*, 2018; Martin-Sanz *et al.*, 2017; De Mello *et al.*, 2017; Lin *et al.*, 2011; Perrin *et al.*, 2002; Hugel *et al.*, 1998; Crofts *et al.*, 1996). La figure synthèse 4.1 permet de visualiser en fonction de la condition sensorielle, combien d'études dans la littérature scientifique soulignent que les danseurs sont meilleurs versus pas meilleurs. Ainsi, notre étude suggère que les mécanismes

sensorimoteurs responsables du contrôle de la posture ne sont une source primaire de meilleures performances chez les danseurs dans la régulation de la posture.

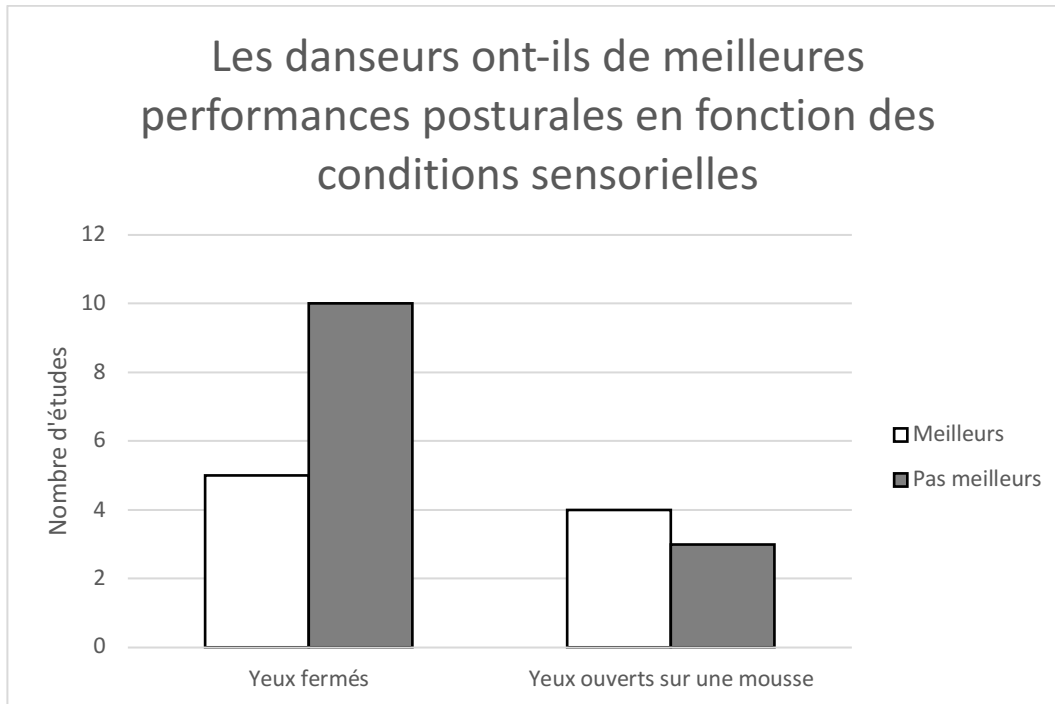


Figure 4.1 Représentation synthétisée des études ayant évalué les conditions sensorielles similaires à la nôtre.

Ces derniers résultats soutiennent l'hypothèse de notre sous-objectif qui ne démontre aucune différence significative entre les conditions sensorielles chez les danseurs. L'interaction observée dans la phase 1 permet aussi d'appuyer que les danseurs n'étaient pas meilleurs dans une condition sensorielle particulière. Ainsi, comme prévu, les deux systèmes sensoriels étaient performants et contribuaient de façon similaire au contrôle de la posture, soutenue par le principe de synergie entre les systèmes sensoriels, notamment expliqué dans la section 1.2.2.1. Ceci étant dit, quelques études supportent nos résultats (Janura *et al.*, 2019; Munzert *et al.*, 2018; Martin-Sanz *et al.*, 2017; Gerbino *et al.*, 2006), tandis que d'autres ont plutôt démontré des différences entre ces deux conditions sensorielles (Kiliç & Nalbant, 2022; Maheu *et al.*, 2019;

Crotts *et al.*, 1996). Ces distinctions ont été observées que pour la condition yeux ouverts, debout sur une mousse. Ainsi, notre étude permet de spécifier que la pratique de la danse ne permet pas de développer davantage soit, le système visuel ou tactile.

4.3 Limites de l'étude

Bien évidemment, un plus grand nombre de participants aurait permis d'obtenir une plus grande puissance au niveau des données statistiques et l'augmentation du nombre d'hommes aurait été préférable. Les hommes sont toutefois minoritaires dans cette activité. Plusieurs variables auraient pu être analysées dans notre étude dont la variable de la vitesse des oscillations qui auraient permis d'obtenir des données supplémentaires fortes intéressantes concernant la régulation de la posture chez les deux groupes. La qualité du signal des données aurait pu être augmentée à l'aide d'un filtrage des données qui permet de retirer le bruit sans les affecter (10 Hz). De plus, nous avons sélectionné un protocole à vitesse naturelle (Kiliç et Nalbant, 2022). Il aurait été intéressant toutefois de contrôler la vitesse d'exécution de la tâche des limites de la stabilité.

Étant donné, les résultats mitigés existant dans la littérature concernant les capacités d'équilibres chez les danseurs professionnels, d'autres études sont requises avec une meilleure standardisation des protocoles. Ainsi, il serait plus facile de pouvoir comparer les études entre elles, et d'avoir une meilleure compréhension globale des capacités d'équilibre des danseurs professionnels.

CHAPITRE 5

CONCLUSION

Les données obtenues dans cette étude démontrent quelques différences entre les deux groupes qui exécutaient une tâche de limites de la stabilité posturale dans 2 conditions sensorielles. On observe de meilleurs mécanismes du contrôle de la posture pour l'équilibre dynamique pendant l'atteinte des limites de la stabilité et de l'équilibre quasi-statique pendant la phase de maintien des limites de la stabilité, dans l'axe médiolatéral chez les danseurs. Aucune différence n'a été identifiée dans l'axe antéropostérieur. On explique ces résultats en partie par la spécificité des mouvements retrouvés en danse qui permettent de stimuler et développer les mécanismes du contrôle postural dans l'axe ML. Les danseurs n'ont pas une performance supérieure dans l'une ou l'autre de nos conditions sensorielles. Finalement, avec les résultats obtenus de cette étude, je recommande la pratique de l'activité de la danse auprès de population symptomatique et asymptomatique qui nécessite l'entraînement et/ou l'amélioration de l'équilibre. Il est vrai que les résultats ne nous permettent pas de dire que l'activité de la danse améliore les limites de la stabilité en AP. Toutefois, nos résultats permettent de conclure que la danse peut stimuler et améliorer, jusqu'à un certain point les limites de la stabilité en ML. Ceci étant dit, il est possible à travers les mouvements réalisés en danse classique et contemporaine d'optimiser une composante de l'équilibre dynamique.

ANNEXE A
DEMANDE DE PARTICIPATION ET FORMULAIRE DE
CONSENTEMENT



FORMULAIRE D'INFORMATION ET DE CONSENTEMENT
(Participant majeur)

Titre du projet de recherche : L'ANALYSE DU MOUVEMENT AU SERVICE DE
L'ÉTUDE DE LA CORPORÉITÉ EN ARTS VIVANTS

Chercheur responsable : Nicole Harbonnier, Ph.D., Université du Québec à Montréal harbonnier.nicole@uqam.ca

Membres de l'équipe : Danièle Desnoyers, professeur, Département de danse, UQAM
 Mariève Blanchet, professeur, Département Sciences de l'activité physique, UQAM.
 Felix Chénier, professeur, Département Sciences de l'activité physique, UQAM.
 Francine Alepin, professeur, École Supérieure de Théâtre UQAM
 Geneviève Dussault, agente de recherche, chargée de cours, UQAM
 Blanche Pelletier, assistante de recherche, Département Sciences de l'activité physique, UQAM

Coordonnatrice: Citlali Jimenez, oam.infos@gmail.com

Organisme de financement : Conseil de recherches en sciences humaines du Canada.

Préambule

Vous êtes cordialement invité.e à prendre part au volet 1 de ce projet visant à :

Étudier votre habitude de stabilisation posturale, paramètre central de la nouvelle proposition conceptuelle d'analyse qualitative du mouvement.

Avant d'accepter de participer à ce projet et de signer ce formulaire, il est important de prendre le temps de lire et de bien comprendre les renseignements ci-dessous. S'il y a des mots ou des sections que vous ne comprenez pas ou qui ne semblent pas clairs, n'hésitez pas à nous à poser des questions ou à communiquer avec le responsable du projet ou la coordonnatrice de recherche.

Objectifs du projet

Ce projet vise à valider notre nouvelle proposition conceptuelle sur l'analyse qualitative du mouvement – l'« observation-analyse du mouvement (OAM) » – élaborée lors d'une précédente recherche, en l'appliquant à l'analyse du mouvement des interprètes de trois arts vivants (danse, théâtre, musique). Cette proposition réalise une fusion et une synthèse des deux approches d'analyse du mouvement à partir desquelles elle a été élaborée – l'analyse du mouvement selon Laban (LMA) et l'analyse fonctionnelle du corps dans le mouvement dansé (AFCMD). Elle permet une meilleure intégration des dimensions fonctionnelles et expressives du mouvement au bénéfice d'une meilleure compréhension du fonctionnement de toute personne en mouvement. Notre conceptualisation, tout en prenant en compte les apports majeurs des deux approches qui l'ont inspirée, constitue une proposition tout à fait originale qui intègre les connaissances et les technologies les plus récentes relatives à l'analyse du mouvement.

Nature de la participation

Votre présence sera requise pour une seule séance d'une durée d'environ une heure et demie, pendant laquelle vous allez réaliser deux tests moteurs basés sur des mouvements simples (ex. : la marche). Cette séance aura lieu au Laboratoire en Arts Vivants Interdisciplinaires (LAVI) du Département de danse de l'UQAM (840 rue Cherrier, local K-2340, Metro Sherbrooke) selon votre convenance, en fonction de vos disponibilités.

- a) Vous serez filmé de face et de profil.
- b) Vous serez équipé d'un costume (combinaison intégrale) pour réaliser la capture de vos mouvements
- c) Un des tests aura lieu sur une plateforme de force.
- d) Les tests seront effectués sur surface molle (tapis), yeux ouverts et sur surface dure (plancher) yeux fermés.
- e) Les tests requièrent des vêtements confortables (vêtement de sport) et se font pieds nus.

Avantages

Votre participation vous permettra de prendre connaissance de vos habitudes posturales, de la manière dont vous vous stabilisez, et ainsi de mieux comprendre vos patterns de coordination dans la marche, en particulier, mais aussi dans vos mouvements en général.

Votre participation contribuera également à l'avancement des connaissances scientifiques dans le champ de la biomécanique et de l'analyse du mouvement en arts vivants.

Risques et inconvénients

Il y a très peu de risque à participer à cette étude. Toutefois, étant donné que les tâches posturales seront effectuées avec et sans vision, il existe un léger risque de chutes. À tout moment, vous pourrez déroger à la consigne de maintenir les pieds au sol afin d'effectuer un pas de rattrapage pour récupérer votre équilibre. De plus, une personne sera positionnée près de vous pour vous retenir si une chute devait survenir. Il se pourrait que vous ressentiez de la fatigue pendant et/ou après la participation à l'étude. À tout moment, vous pouvez prendre une pause si vous ressentez de la fatigue. Des pauses sont également prévues entre chacun des essais et entre chacune des conditions expérimentales.

Avant d'accepter veuillez prendre note que la séance se déroulera dans les installations du Département de danse de l'UQAM. Vous aurez à planifier votre déplacement de façon à pouvoir arriver à l'heure (la participation étant faite sur rendez-vous).

Compensation

Il est entendu que vous recevrez une somme de 20\$ à titre de compensation pour les frais encourus par votre contribution au projet, laquelle vous sera versée le jour de votre participation.

Confidentialité

Il est entendu que les renseignements recueillis lors de l'étude sont confidentiels et que seuls les membres de l'équipe de recherche auront accès à votre enregistrement vidéo sauf si vous consentez à ce que votre image (document vidéo) puisse être utilisé pour diffuser les résultats de la recherche dans des communications scientifiques, des cours universitaires, des conférences ou encore sur le site internet de l'équipe. Le matériel de recherche (enregistrements vidéo ainsi que votre formulaire de consentement seront conservés sur l'ordinateur de la chercheuse, sécurisé par un mot de passe, ainsi que sur le site sécurisé Owncloud de l'UQAM pour la durée totale du projet et jusqu'à 5 ans après la dernière publication.

Anonymat

Afin de protéger votre identité et la confidentialité de vos données, vous serez toujours identifié par un code alphanumérique. Ce code associé à votre nom ne sera connu que du responsable du projet et de l'assistant de recherche chargé de la codification.

Aucune publication ou communication sur la recherche (incluant les mémoires et thèses des étudiants membres de l'équipe) ne contiendra de renseignements permettant de vous identifier à moins d'un consentement explicite de votre part. Tout le matériel qui ne sera plus nécessaire pour la conduite d'autres projets sera détruit de façon sécuritaire. Les données de recherche seront détruites après 5 ans après la dernière publication.

Participation volontaire et droit de retrait

Votre participation à ce projet est volontaire. Cela signifie que vous acceptez de participer au projet sans aucune contrainte ou pression extérieure. Cela signifie également que vous êtes libre de mettre fin à votre participation en tout temps au cours de cette recherche, sans préjudice de quelque nature que ce soit, et sans avoir à vous justifier. Dans ce cas, et à moins d'une directive verbale ou écrite contraire de votre part, les documents, renseignements et données vous concernant seront détruits.

Le responsable du projet peut mettre fin à votre participation, sans votre consentement, s'il estime que votre bien-être ou celui des autres participants est compromis ou bien si vous ne respectez pas les consignes du projet.

Recherches ultérieures

Vos données de recherche seront rendues anonymes et conservées pendant 5 ans au terme du projet. Nous souhaitons les utiliser dans d'autres projets de recherche similaires. Vous êtes libre de refuser cette utilisation secondaire.

- ☐ J'accepte que ses données puissent être utilisées dans d'autres projets de recherche
- ☐ Je refuse que ses données puissent être utilisées dans d'autres projets de recherche

Acceptez-vous que le responsable du projet ou son délégué vous sollicite ultérieurement dans le cadre d'autres projets de recherche ?

Oui ☐ **Non** ☐

Responsabilité

En acceptant de participer à ce projet, vous ne renoncez à aucun de vos droits ni ne libérez les chercheurs, le(s) commanditaire(s) ou l'institution impliquée (ou les institutions impliquées) de leurs obligations civiles et professionnelles.

Personnes-ressources :

Vous pouvez contacter la chercheuse principale Nicole Harbonnier ou la coordonnatrice du projet au numéro (514) 987-3000 poste #2455 pour des questions additionnelles sur le projet ou sur votre participation.

Le Comité institutionnel d'éthique de la recherche avec des êtres humains (CIEREH) a approuvé ce projet et en assure le suivi. Pour toute information vous pouvez communiquer avec le coordonnateur du Comité au numéro (514) 987-3000 poste 7753 ou par courriel à l'adresse : ciereh@uqam.ca.

Pour toute question concernant vos droits en tant que participant à ce projet de recherche ou si vous avez des plaintes à formuler, vous pouvez communiquer avec le bureau de l'ombudsman de l'UQAM, Courriel: ombudsman@uqam.ca; Téléphone: (514) 987-3151.

Remerciements : Votre collaboration est importante à la réalisation de notre projet et l'équipe de recherche tient à vous en remercier. Si vous souhaitez obtenir un résumé écrit des principaux résultats de cette recherche, veuillez ajouter vos coordonnées ci-dessous.

Consentement du participant : Par la présente, je reconnais avoir lu le présent formulaire d'information et de consentement. Je comprends les objectifs du projet et ce que ma participation implique. Je confirme avoir disposé du temps nécessaire pour réfléchir à ma décision de participer. Je reconnais avoir eu la possibilité de contacter le responsable du projet (ou son délégué) afin de poser toutes les questions concernant ma participation et que l'on m'a répondu de manière satisfaisante. Je comprends que je peux me retirer du projet en tout temps, sans pénalité d'aucune forme, ni justification à donner. Je consens volontairement à participer à ce projet de recherche.

Je désire recevoir un résumé des résultats du projet : ☐ Oui ☐ Non

☐ J'accepte que les extraits vidéos dans lesquels j'apparais puissent être utilisés dans des événements scientifiques à venir

☐ Je refuse que les extraits vidéos dans lesquels j'apparais puissent être utilisés dans des événements scientifiques à venir

Signature :

Date :

Nom (lettres moulées) : coordonnées adresse courriel :

Déclaration du chercheur principal (ou de son délégué) :

Je, soussigné, déclare avoir expliqué les objectifs, la nature, les avantages, les risques du projet et autres dispositions du formulaire d'information et de consentement et avoir répondu au meilleur de ma connaissance aux questions posées.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Harbonnier', with a large, stylized initial 'H'.

Signature :

Date :

Nom (lettres moulées) et coordonnées : Nicole HARBONNIER,
harbonnier.nicole@ugam.ca

Un exemplaire de ce document signé doit être remis au participant

ANNEXE B
PROTOCOLE

Protocole 1

Code tâche	Tâche	Cond. Visuelle	Cond. Somato	# Essais plateforme	# Essais X sens	Notes
	Calibration complète du XSens + Mise à zéro de la plateforme de force (sujet doit débarquer de la plateforme)					

LSAN	LS Avant naturel	YO	dure			
	Section : Yeux ouverts sur mousse					
UYO	Unipodal 30 s	YO	mousse			
LSAYO	LS Avant	YO	mousse			
LSARYO	LS Arrière	YO	mousse			
LSDYO	LS Droite	YO	mousse			
LSDYO	LS Gauche	YO	mousse			
	Calibration complète du XSens + Mise à zéro de la plateforme de force (sujet doit débarquer de la plateforme)					
	Section : Yeux fermés sur surface dure					
UYF	Unipodal 30 s	YF	dure			
LSAYF	LS Avant	YF	dure			
LSFARYF	LS Arrière	YF	dure			
LSDYF	LS Droite	YF	dure			
LSGYF	LS Gauche	YF	dure			

	PAUSE 5 min assis					
	Calibration complète du XSens + Mise à zéro de la plateforme de force (sujet doit débarquer de la plateforme)					
	Section : Yeux ouverts sur foam					
OAPYO	Oscillation AP max	YO	mousse			
OMLYO	Oscillation ML max	YO	mousse			
OGDYO	Oscillation (G-D) max	YO	mousse			
ODGYO	Oscillation (D-G) max	YO	mousse			
	Section : Yeux fermés sur surface dure					
OAPYF	Oscillation AP max	YF	dure			
OMLYF	Oscillation ML max	YF	dure			
OGDYF	Oscillation (G-D) max	YF	dure			
ODGYF	Oscillation (D-G) max	YF	dure			

	Calibration complète du XSens + Mise à zéro de la plateforme de force (sujet doit débarquer de la plateforme)					
	Section : Marche					
	Essais des 3 marches					
MMYOD	Marcher à vitesse naturelle PD	YO	mousse			
MYOD	Marcher à vitesse naturelle PD	YO	dure			
MYFD	Marcher à vitesse naturelle PD	YF	dure			
MMYOD	Marcher à vitesse naturelle PG	YO	mousse			
MYOG	Marcher à vitesse naturelle PG	YO	dure			
MYOFG	Marcher à vitesse naturelle PG	YF	dure			
	Calibration complète du XSens + Mise à zéro de la plateforme de force (sujet doit débarquer de la plateforme)					
	Section : Mouvement de danse (plier-relever)					

	Essais mvt danse					
MDMY O	Mvt danse 3 fois	YO	mousse			
MDYO	Mvt danse 3 fois	YO	dure			
MDYF	Mvt danse 3 fois	YF	dure			
	FIN					

Protocole 2

Code tâche	Tâche	Cond. Visuelle	Cond. Somato	# Essais platefo rme	# Essais X sens	Notes
	Calibration complète du XSens + Mise à zéro de la plateforme de force (sujet doit débarquer de la plateforme)					
LSAN	LS Avant naturel	YO	dure			

	Section : Yeux fermés sur surface dure					
UYF	Unipodal 30 s	YF	dure			
LSAYF	LS Avant	YF	dure			
LSARYF	LS Arrière	YF	dure			
LSDYF	LS Droite	YF	dure			
LSGYF	LS Gauche	YF	dure			
	Calibration complète du XSens + Mise à zéro de la plateforme de force (sujet doit débarquer de la plateforme)					
	Section : Yeux ouverts sur mousse					
UYO	Unipodal 30 s	YO	mousse			
LSAYO	LS Avant	YO	mousse			
LSARYO	LS Arrière	YO	mousse			
LSDYO	LS Droite	YO	mousse			
LSGYO	LS Gauche	YO	mousse			
	PAUSE 5 min assis					

	Calibration complète du XSens + Mise à zéro de la plateforme de force (sujet doit débarquer de la plateforme)					
	Section : Yeux fermés sur surface dure					
OAPYF	Oscillation AP max	YF	dure			
OMLYF	Oscillation ML max	YF	dure			
OGDYF	Oscillation (G-D) max	YF	dure			
ODGYF	Oscillation (D-G) max	YF	dure			
	Section : Yeux ouverts sur mousse					
OAPYO	Oscillation AP max	YO	mousse			
AMLYO	Oscillation ML max	YO	mousse			
OGDYO	Oscillation (G-D) max	YO	mousse			
ODGYO	Oscillation (D-G) max	YO	mousse			
	Calibration complète du XSens + Mise à zéro de la plateforme de force (sujet doit débarquer de la plateforme)					
	Section : Marche					
	Essais des 3 marches					

MYFG	Marcher à vitesse naturelle PG	YF	dure			
MYOG	Marcher à vitesse naturelle PG	YO	dure			
MMYOG	Marcher à vitesse naturelle PG	YO	mousse			
MYFD	Marcher à vitesse naturelle PD	YF	dure			
MYOD	Marcher à vitesse naturelle PD	YO	dure			
MYOD	Marcher à vitesse naturelle PD	YO	mousse			
	Calibration complète du XSens + Mise à zéro de la plateforme de force (sujet doit débarquer de la plateforme)					
	Section : Mouvement de danse (plier-relever)					
	Essais mvt danse					
MDYF	Mvt danse 3 fois	YF	dure			
MDYO	Mvt danse 3 fois	YO	dure			

MDMYO	Mvt danse 3 fois	YO	mousse		
	FIN				

RÉFÉRENCES

Ambegaonkar, J. P., Chong, L., et Joshi, P. (2020). Supplemental Training in. *Dance Medicine, an Issue of Physical Medicine and Rehabilitation Clinics of North America, EBook*, 32(2021), 117-135.

Angioi, M. (2019). Do Fitter Dancers Dance “Better”? The Effects of Supplementary Fitness Training in Contemporary Dance. *The IADMS bulletin for dancers and teachers, an Issue of Centre for Sports and Exercise Medicine, Queen Mary University of London, UK*.

Angioi, M., Metsios, G.S., Koutedakis, Y. et Wyon, M.A. (2009). Fitness in Contemporary Dance: a Systematic Review. *Int J Sports Med*. 2009;30(7):475-484, Article DoI:10.1055/s-0029-1202821.

Assaiante, C., Mallau, S., Viel, S., Jover, M., et Schmitz, C. (2005). Development of Postural Control in Healthy Children: a Functional Approach. *Neural plasticity*, 12.

Assaiante, C. (2012). Action and Representation of Action During Childhood and Adolescence: a Functional Approach. *Neurophysiologie Clinique/Clinical Neurophysiology*, 42(1-2), 43-51.

Armstrong, R. et Relph, N. (2018). Screening tools as a predictor of injury in dance: systematic literature review and meta-analysis. *Sports medicine-open*, 4(1), 1-28.

Bennell, K.L., Khan, K.M., Matthews, B.L., et Singleton, C. (2001). Changes in hip and ankle range of motion and hip muscle strength in 8–11 year old novice female ballet dancers and controls: a 12 month follow up study. *British journal of sports medicine*, 35(1), 54-59.

Blanchet, M. (2014). Contrôle postural et intégration sensorielle chez l’enfant en santé, chez l’adolescent atteint du syndrome Gilles de la Tourette ainsi que chez l’adulte atteint de la maladie de Huntington.

- Blanchet, M., Prince, F., et Messier, J. (2019). Development of postural stability limits: Anteroposterior and mediolateral postural adjustment mechanisms do not follow the same maturation process. *Human Movement Science*, 63, 164-171.
- Brachman, A., Kamieniarz, A., Michalska, J., Pawłowski, M., Słomka, K. J., et Juras, G. (2017). Balance training programs in athletes—a systematic review. *Journal of human kinetics*, 58(1), 45-64.
- Brown, A. C., Wells, T. J., Schade, M. L., Smith, D. L. et Fehling, P. C. (2007). Effects of plyometric training versus traditional weight training on strength, power, and aesthetic jumping ability in female collegiate dancers. *Journal of dance medicine & science*, 11(2), 38-44.
- Bruyneel, A.V., Mesure, S., Paré, J.C. et Bertrand, M. (2010). Organization of postural equilibrium in several planes in ballet dancers. *Neuroscience letters*, 485(3), 228-232.
- Chatfield, S.J., Byrnes, W.C., Lally, D.A. et Rowe, S.E. (1990). Cross-sectional physiologic profiling of modern dancers. *Dance Research Journal*, 22(1), 13-20.
- Chen, B., Liu, P., Xiao, F., Liu, Z. et Wang, Y. (2021). Review of the Upright Balance Assessment Based on the Force Plate. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(5), 2696.
- Cherng, R.J., Lee, H.Y. et Su, F.C. (2003). Frequency spectral characteristics of standing balance in children and young adults. *Medical engineering & physics*, 25(6), 509-515.
- Chmelar, R.D., Schultz, B.B., Ruhling, R.O., Shepherd, T.A., Zupan, M.F. et Fitt, S.S. (1988). A physiologic profile comparing levels and styles of female dancers. *The Physician and Sportsmedicine*, 16(7), 87-96.
- Cohen, J.L., Segal, K.R., Witriol, I, McArdle, W.D. (1982). Cardiorespiratory responses to ballet exercise and the VO2max of elite ballet dancers. *Med Sci Sports Exerc* 1982;14:212-7.
- Crotts, D., Thompson, B., Nahom, M., Ryan, S. et Newton, R.A. (1996). Balance abilities of professional dancers on select balance tests. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 23(1), 12-17.
- Da Silveira Costa, M.S., De Sá Ferreira, A. et Felicio, L.R. (2013). Static and dynamic balance in ballet dancers: a literature review. *Fisioter. Pesqui*, 20, 299-305.

De Mello, M.C., De Sá Ferreira, A. et Ramiro Felicio, L. (2017). Postural control during different unipodal positions in professional ballet dancers. *Journal of Dance Medicine & Science*, 21(4), 151-155.

De Waroquier-Leroy, L., Bleuse, S., Serafi, R., Watelain, E., Pardessus, V., Tiffreau, A. V. et Thevenon, A. (2014). The Functional Reach Test: strategies, performance and the influence of age. *Annals of physical and rehabilitation medicine*, 57(6-7), 452-464.

Dumont, A., Kadel, N., Brunet, N., Colombié, J.B., Brain, P.L. et Couillandre, A. (2016). Danse et santé. *Science & Sports*, 31(4), 236-244.

Gerbino, P.G., Griffin, E.D. et Zurakowski, D. (2006). Comparison of standing balance between female collegiate dancers and soccer players. *Gait & posture*, 26(4), 501-507.

Golomer, E., Crémieux, J., Dupui, P., Isableu, B. et Ohlmann, T. (1999). Visual contribution to self-induced body sway frequencies and visual perception of male professional dancers. *Neuroscience letters*, 267(3), 189-192.

Golomer, E. et Dupui, P. (2000). Spectral analysis of adult dancers' sways: sex and interaction vision-proprioception. *International Journal of Neuroscience*, 105(1-4), 15-26.

Granacher, U., Gollhofer, A. et Kriemler, S. (2010). Effects of Balance Training on Postural Sway, Leg Extensor Strength, and Jumping Height in Adolescents. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 81(3), 245–251.

Hugel, F., Cadopi, M., Kohler, F. et Perrin, P.H. (1998). Postural control of ballet dancers: a specific use of visual input for artistic purposes. *International journal of sports medicine*, 20(02), 86-92.

Janura, M., Procházková, M., Svoboda, Z., Bizovská, L., Jandová, S. et Konečný, P. (2019). Standing balance of professional ballet dancers and non-dancers under different conditions. *Plos one*, 14(10), e0224145.

Kavounoudias, A., Roll, R. et Roll, J. P. (2001). Foot sole and ankle muscle inputs contribute jointly to human erect posture regulation. *The Journal of physiology*, 532(3), 869-878.

Kennedy, P.M. et Inglis, J.T. (2002). Distribution and behaviour of glabrous cutaneous receptors in the human foot sole. *The Journal of physiology*, 538(3), 995-1002.

Kiefer, A. W., Riley, M.A., Shockley, K., Sitton, C.A., Hewett, T.E., Cummins-Sebree, S., & Haas, J. G. (2011). Multi-segmental postural coordination in professional ballet dancers. *Gait & posture*, 34(1), 76-80.

Kiliç, M., & Nalbant, S. S. (2022). The effect of Latin dance on dynamic balance. *Gait & Posture*, 92, 264-270.

Koutedakis, Y., Sharp, N. C. et Boreham, C. (1999). *The fit and healthy dancer*. University of Texas Press.

Koutedakis, Y. et Jamurtas, A. (2004). The dancer as a performing athlete: physiological considerations. In *medical problems of performing artists* (Vol. 22, No. 1, pp. 32-32).

Koutedakis, Y., Hukam, H., Metsios, G., Nevill, A., Giakas, G., Jamurtas, A. et Myszkewycz, L. (2007). The effects of three months of aerobic and strength training on selected performance-and fitness-related parameters in modern dance students. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 21(3), 808-812.

Koutedakis, Y., Hukam, H., Metsios, G., Nevill, A., Giakas, G., Jamurtas, A. et Myszkewycz, L. (2007a). The effects of three months of aerobic and strength training on selected performance-and fitness-related parameters in modern dance students. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 21(3), 808-812.

Leca, R. (2019). Biomécanique gymnastique [Présentation PowerPoint] Slide share : <https://slideplayer.fr/slide/17047328/>

Lin, C.F., Lee, I.J., Liao, J.H., Wu, H.W. et Su, F.C. (2011). Comparison of postural stability between injured and uninjured ballet dancers. *The American journal of sports medicine*, 39(6), 1324-1331.

Maheu, M., Behtani, L., Nooristani, M., Jemel, B., Delcenserie, A. et Champoux, F. (2019). Influence of dance training on challenging postural control task. *Gait & posture*, 69, 31-35.

Mallau, S., Vaugoyeau, M. et Assaiante, C. (2010). Postural strategies and sensory integration: no turning point between childhood and adolescence. *PloS one*, 5(9), e13078.

Marinkovic, D., Belic, A., Marijanac, A., Martin-Wylie, E., Madic, D., & Obradovic, B. (2021). Static and dynamic postural stability of children girls engaged in modern dance. *European Journal of Sport Science*, 1-6.

Martin-Sanz, E., Ortega Crespo, I., Esteban-Sanchez, J., & Sanz, R. (2017). Postural stability in a population of dancers, healthy non-dancers, and vestibular neuritis patients. *Acta oto-laryngologica*, 137(9), 952-956.

Massion, J. (1998). Postural control systems in developmental perspective. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 22(4), 465-472.

Michalska, J., Kamieniarz, A., Fredyk, A., Bacik, B., Juras, G., & Słomka, K. J. (2018). Effect of expertise in ballet dance on static and functional balance. *Gait & Posture*, 64, 68-74.

Monnin, D., Gafner, S. et Allet, L. (2019). *Functional reach test* (No. ARTICLE).

Munzert, J., Müller, J., Joch, M. et Reiser, M. (2019). Specificity of postural control: comparing expert and intermediate dancers. *Journal of motor behavior*, 51(3), 259-271.

Newton, R.A. (2001). Validity of the multi-directional reach test: a practical measure for limits of stability in older adults. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, 56(4), M248-M252.

Patton, J.L., Pai, Y.C. et Lee, W.A. (1999). Evaluation of a model that determines the stability limits of dynamic balance. *Gait & posture*, 9(1), 38-49.

Perrin, P., Deviterne, D., Hugel, F. et Perrot, C. (2002). Judo, better than dance, develops sensorimotor adaptabilities involved in balance control. *Gait & posture*, 15(2), 187-194.

Peterka, R.J. (2002). Sensorimotor integration in human postural control. *Journal of neurophysiology*, 88(3), 1097-1118.

Radio-Canada Sports (2019). Les danseurs des Grands Ballets sont-ils des athlètes. Récupéré de https://www.youtube.com/watch?v=u1dW_sl7ULY&feature=youtu.be&fbclid=IwAR2XkOWsXXLsmcn-EQWbfybbv_Kg2E7N_XVGAEETbi9ScvLQIdSXtMImYHY

Roll, R., Kavounoudias, A. et Roll, J. P. (2002). Cutaneous afferents from human plantar sole contribute to body posture awareness. *Neuroreport*, 13(15), 1957-1961.

Schmit, J.M., Regis, D.I. et Riley, M.A. (2005). Dynamic patterns of postural sway in ballet dancers and track athletes. *Experimental brain research*, 163(3), 370-378.

Sibley, K.M., Beauchamp, M.K., Van Ooteghem, K., Paterson, M. et Wittmeier, K.D. (2017). Components of standing postural control evaluated in pediatric balance measures: a scoping review. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 98(10), 2066-2078.

Twitchett, E.A., Koutedakis, Y., Wyon, M.A. (2009). Physiological fitness and professional classical ballet performance: a brief review. *J Strength Cond Res* (2009); 23:2732-40.

Twitchett, E., Brodrick, A., Nevill, A. M., Koutedakis, Y., Angioi, M. et Wyon, M. (2010). Does physical fitness affect injury occurrence and time loss due to injury in elite vocational ballet students?. *Journal of Dance Medicine & Science*, 14(1), 26-31.

Viel, S., Vaugoyeau, M. et Assaiante, C. (2009). Adolescence: a transient period of proprioceptive neglect in sensory integration of postural control. *Motor control*, 13(1), 25-42.

Wallard, L., Dietrich, G., Kerlirzin, Y., & Bredin, J. (2016). Apprentissage moteur et contrôle postural chez l'enfant.

Wemelle, J. (2020). Les relations entre les afférences sensorielles périphériques et l'oculomotricité dans le cadre du contrôle postural. *Sciences du Vivant [q-bio]*. Dumas-03019190.

Winter, D.A., Patla, A. et Prince, F. (1997). Stiffness control of balance during quiet standing. *Gait & Posture*, 2(5), 154-155.

Wu, G. et Chiang, J.H. (1996). The effects of surface compliance on foot pressure in stance. *Gait & posture*, 4(2), 122-129.

Wyon, M. et Kadel, N. (2019). Can Off-Studio Training be a Tool for Enhancing Elements of Dance Performance. *The IADMS Bulletin for Dancers and Teachers*. Volume 8, number 1.

BIBLIOGRAPHIE

Bompa, T. et Buzzichelli, C. (2015). *Periodization Training for Sports* (3e éd.)
Human kinetics.

International Association for Dance Medicine and Science (IADMS) (2007-2010)