



<http://portaildoc.univ-lyon1.fr>

Creative commons : Paternité - Pas d'Utilisation Commerciale -  
Pas de Modification 2.0 France (CC BY-NC-ND 2.0)



<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.0/fr>

Institut des Sciences et Techniques de Réadaptation  
Département Masso-Kinésithérapie

**Mémoire N°1856**

Mémoire d'initiation à la recherche en Masso-Kinésithérapie

Présenté pour l'obtention du

**Diplôme d'État en Masso-Kinésithérapie**

Par

**CLERMONT Mélanie**

**L'imagerie mentale dans la prise en charge de la reconstruction ligamentaire en  
danse : Proposition d'un protocole expérimental**

**Mental imagery in the management of ligament reconstruction in dance : Proposal  
of an experimental protocol**

Directeur de mémoire

**CHAPLAIS Elodie**

**Année 2022-2023**

**Session 1**

Membres du jury

**COMEMALE Edith**

**JAUDOIN Denis**



## CHARTRE ANTI-PLAGIAT DE LA DREETS AUVERGNE-RHÔNE-ALPES

La Directions régionales de l'économie, de l'emploi, du travail et des solidarités (DREETS) délivre sous l'autorité du préfet de région les diplômes paramédicaux et du travail social.

C'est dans le but de garantir la valeur des diplômes qu'elle délivre et la qualité des dispositifs de formation qu'elle évalue, que les directives suivantes sont formulées.

Elles concernent l'ensemble des candidats devant fournir un travail écrit dans le cadre de l'obtention d'un diplôme d'État, qu'il s'agisse de formation initiale ou de parcours VAE.

La présente charte définit les règles à respecter par tout candidat, dans l'ensemble des écrits servant de support aux épreuves de certification du diplôme préparé (mémoire, travail de fin d'études, livret2).

Il est rappelé que « le plagiat consiste à reproduire un texte, une partie d'un texte, toute production littéraire ou graphique, ou des idées originales d'un auteur, sans lui en reconnaître la paternité, par des guillemets appropriés et par une indication bibliographique convenable »<sup>1</sup>.

**La contrefaçon** (le plagiat est, en droit, une contrefaçon) **est un délit** au sens des articles L. 335-2 et L. 335-3 du code de la propriété intellectuelle.

### **Article 1 :**

Le candidat au diplôme s'engage à encadrer par des guillemets tout texte ou partie de texte emprunté ; et à faire figurer explicitement dans l'ensemble de ses travaux les références des sources de cet emprunt. Ce référencement doit permettre au lecteur et correcteur de vérifier l'exactitude des informations rapportées par consultation des sources utilisées.

### **Article 2 :**

Le plagiaire s'expose à des procédures disciplinaires. De plus, en application du Code de l'éducation<sup>2</sup> et du Code de la propriété intellectuelle<sup>3</sup>, il s'expose également à des poursuites et peines pénales.

### **Article 3 :**

Tout candidat s'engage à faire figurer et à signer sur chacun de ses travaux, deuxième de couverture, cette charte dûment signée qui vaut engagement :

**Je soussigné(e) Mélanie CLERMONT.....**  
**Atteste avoir pris connaissance de la charte anti-plagiat élaborée par la DREETS Auvergne-Rhône-Alpes**  
**et de m'y être conformé(e)**  
**Je certifie avoir rédigé personnellement le contenu du livret/mémoire fourni en vue de l'obtention du**  
**diplôme suivant : Masseur-Kinésithérapeute**  
**Fait à Lyon..... Le 05/05/2023.....** **Signature**

**Z**ér  **Plagiat**



<sup>1</sup> Site Université de Nantes : <http://www.univ-nantes.fr/statuts-et-chartes-usagers/dossier-plagiat-784821.kjsp>

<sup>2</sup> Article L331-3 : « les fraudes commises dans les examens et les concours publics qui ont pour objet l'acquisition d'un diplôme délivré par l'Etat sont réprimées dans les conditions fixées par la loi du 23 décembre 1901 réprimant les fraudes dans les examens et concours publics »

<sup>3</sup> Article L122-4 du Code de la propriété intellectuelle



Institut des Sciences et Techniques de Réadaptation  
Département Masso-Kinésithérapie

**Mémoire N°1856**

Mémoire d'initiation à la recherche en Masso-Kinésithérapie

Présenté pour l'obtention du

**Diplôme d'État en Masso-Kinésithérapie**

Par

**CLERMONT Mélanie**

**L'imagerie mentale dans la prise en charge de la reconstruction ligamentaire en  
danse : Proposition d'un protocole expérimental**

**Mental imagery in the management of ligament reconstruction in dance : Proposal  
of an experimental protocol**

Directeur de mémoire

**CHAPLAIS Elodie**

**Année 2022-2023**

**Session 1**

Membres du jury

**COMEMALE Edith**

**JAUDOIN Denis**

# Université Claude Bernard Lyon 1

Président  
**Frédéric FLEURY**

Vice-président CA  
**REVEL Didier**

## **Secteur Santé**

Institut des Sciences et Techniques de  
Réadaptation  
Directeur  
**Jacques LUAUTE**

U.F.R. de Médecine Lyon Est  
Directeur  
**RODE Gilles**

U.F.R d'Odontologie  
Directeur  
**Jean Christophe MAURIN**

U.F.R de Médecine Lyon-Sud Charles  
Mérieux  
Directrice  
**PAPAREL Philippe**

Institut des Sciences Pharmaceutiques  
et Biologiques  
Directrice  
**DUSSART Claude**

Département de Formation et Centre de  
Recherche en Biologie Humaine  
Directeur  
**SCHOTT Anne-Marie**

Comité de Coordination des  
Etudes Médicales (CEM)  
**COCHAT Pierre**



## **Institut Sciences et Techniques de Réadaptation Département de MASSO-KINESITHERAPIE**

Directeur ISTR  
**Jacques LUAUTE**

**Equipe de direction du département de masso-kinésithérapie :**

Directeur de la formation  
**Charles QUESADA**

Responsables des travaux de recherche  
**Denis JAUDIN**

Référents d'années  
**Ilona BESANCON**  
**Edith COMEMALE**

Référent formation clinique  
**Ayodélé MADI**

Référent projets pédagogiques  
**Denis JAUDOIN**

Secrétariat de direction et de scolarité  
**Audrey MOIRON**



## **Remerciements :**

Je tenais à remercier plusieurs personnes, sans qui ce mémoire n'aurait pas pu voir le jour.

Je tiens tout d'abord à remercier ma directrice de mémoire Elodie CHAPLAIS, qui m'a donné les clés et les méthodes pour réussir la rédaction de ce manuscrit. Grâce à sa patience et ses conseils elle a su répondre à mes attentes et mes besoins.

Je tenais aussi à remercier l'institut qui m'a accompagnée pendant ces quatre années pour me permettre de réaliser mon rêve de devenir kinésithérapeute.

Je voudrais aussi remercier les membres du jury pour le temps qu'ils m'accordent, et pour me donner la possibilité de présenter mon travail.

J'ai également une pensée pour mes différents lieux de stage qui m'ont permis de faire de très belles rencontres. Ces rencontres, m'ont permis d'étoffer et de faire évoluer ma réflexion à travers des échanges constructifs.

Pour finir, je tenais à remercier mes proches et tout particulièrement Thibaut, pour leur patience et leurs conseils. Ils ont été à mes côtés pendant ces quatre années, ils ont cru en moi et mon soutenu dans les mauvais comme dans les bons moments.

### Abréviation utiliser dans ce document

CCF = Chaîne cinétique fermé

CCO = Chaîne cinétique ouverte

CCP = Comité de protection des personnes

CE = Comité éthique

CMJ = Countermovement

CNIL = Commission nationale de l'informatique et des libertés

CPP = Comité de protection des personnes

D = dynamomètre

DIDT = Droit Interne et Demi Tendineux

DT4TLS = Demi-tendineux en greffe courte (4 faisceaux)

E = Extension

F = Flexion

GC = Groupe contrôle

GE = Groupe expérimental

HAS = Haute Autorité de Santé

I = Isocinétique

IJ = Ischio-jambier

IM = Imagerie mentale

IRM = Imagerie par résonance magnétique

KJ = Kenneth Jones

LSI = Limb symmetry index

NCMJ = non-countermovement jump

Q = Quadriceps

RM = Résistance Maximale

SD = Standard Deviation

VALFE = Valgus, Flexion, Rotation externe

VARFI = Valgus, Flexion, Rotation interne

## Table des matières

I.	Préface.....	1
II.	Revue de la littérature .....	2
II.1.	La danse.....	2
II.1.1.	La danse contemporaine définition et historique .....	2
II.1.2.	La pratique sportive de la danse .....	3
II.1.3.	Les principaux mouvements en danse contemporaine .....	4
II.1.4.	L'importance du LCA chez un danseur .....	5
II.1.5.	Concepts biomécaniques des blessures en danse, en particulier le genou .....	8
II.2.	LCA et réhabilitation .....	9
II.2.1.	Contexte de rupture du LCA .....	9
II.2.2.	Prise en charge de la lésion du LCA.....	10
II.2.3.	Chirurgies possibles et conséquences.....	11
II.2.4.	Protocole de rééducation validé pour le LCA opéré .....	13
II.2.5.	Evolution et retour au sport.....	15
II.3.	L'imagerie mentale .....	16
II.3.1.	L'imagerie mentale définition et historique .....	16
II.3.2.	Les mécanismes de l'imagerie mentale .....	17
II.3.3.	L'imagerie mentale, une pratique courante et intéressante chez le danseur contemporain .....	18
II.3.4.	L'imagerie mentale en rééducation pour les danseurs ?.....	19
II.4.	Quelles preuves scientifiques actuellement ? .....	20
II.5.	Limites de la littérature .....	21
III.	Matériel et méthode.....	22
III.1.	La revue de la littérature .....	22
III.2.	Protocole .....	25

III.2.1. Problématique et hypothèses .....	25
III.2. 2. Objectifs .....	25
III.2.3. Type d'étude.....	25
III.2. 4. Lieu de l'étude et recrutement .....	26
III.2.5. Durée de l'étude .....	26
III.2.6. Financement.....	27
III.2.7. Population .....	27
III.2. 8. Intervention.....	29
III.2. 9. Critères de jugements.....	36
III.2.10. Mesures.....	37
III.2. 11. Biais .....	43
III.3. Statistiques .....	43
III.3.1. Statistiques descriptives .....	44
III.3.2. Statistiques inférentielles .....	44
IV. Résultats .....	45
IV.1. Présentation des résultats .....	45
V. Conflit d'intérêt .....	47
VI. Discussion.....	47
VII. Conclusion .....	54
Annexes.....	64

## **Table des Figures**

Figure 1 - Les 5 positions de base en danse (Vaganova, 2012).....	4
Figure 2 – A Articulation du genou ; B Ligament croisé (Kamina, 2017).....	6
Figure 3 - Amplitude hanche, en-dehors (Gilbert et al., 1998) (SD = Standard Deviation) .....	8
Figure 4A Drop test- 4B Side hop test- 4C Triple hop for distance- 4D Star excursion balance - (Martin et al., 2013) .....	16
Figure 5- Diagramme de sélection des articles .....	24
Figure 6 - Diagramme du déroulement du protocole .....	38

## **Table des tableaux**

Tableau I- Tableau récapitulatif des différentes chirurgie (Xhardez. 2021), (Chevallier et al., 2018),(Kulczycka et al., 2015), (J.E. Perraudin 2022).....	12
Tableau II -Tableau technique adjuvante (Chevallier et al., 2018), (Xhardez. 2021)(J.E. Perraudin. 2022) .....	13
Tableau III - Tableau prise en charge du LCA opéré-M. DUFOUR, S. DEL VALLE, Méga-guide pratique de kinésithérapie, 892-893, 2021 .....	14
Tableau IV - Tableau de comparaison des groupes .....	29
Tableau V – Exemple de tableau de recueillement des résultats pour le critère de jugement principal.....	45
Tableau VI – Exemple de tableau de recueillement des résultats pour les critères de jugement secondaire.....	45
Tableau VII -Présentation des résultats du critère de jugement principal .....	46
Tableau VIII -Tableau de présentation des résultats des critères de jugement secondaire .....	46

## **Résumé :**

**Introduction :** La lésion du ligament croisé est une des blessures traumatiques les plus courante chez les sportifs, et donc tout naturellement chez les danseurs. Cependant la littérature se questionne peu sur la rééducation des danseurs. Nous savons également que l'imagerie mentale est un outil, depuis tout temps utilisé dans le domaine sportif. C'est pour cela que nous avons fait le choix de proposer un protocole d'étude qui s'interroge sur les potentiels impacts de l'utilisation de l'imagerie mentale en rééducation chez les danseurs à la suite d'une reconstruction ligamentaire, dans le but d'améliorer leur prise en soin et leur retour au sport.

**Hypothèse :** Notre hypothèse générale est que l'imagerie mentale pendant la rééducation, permettrait un retour au sport plus fonctionnel. Pour démontrer cela nous émettons quatre hypothèses opérationnelles. La première est que l'imagerie mentale serait à l'origine d'une augmentation du contrôle neuromoteur. La seconde est qu'elle permettrait de diminuer la fatigue mentale. Elle permettrait aussi, de diminuer l'anxiété. Nous pensons également qu'elle augmenterait de manière significative la force musculaire, des principaux muscles mis en cause (quadriceps, les ischio-jambiers, et le moyen fessier).

**Matériel et méthode :** Nous réalisons un essai contrôlé randomisé sur une période de 45 jours, avec un suivi de 1an post-opératoire. Nous allons étudier 100 danseurs contemporains âgés de 18 à 40 ans, répartis en deux groupes. Un groupe contrôle qui réalisent trois séances de rééducation dites classiques par semaine. Un groupe expérimental qui réalise en plus de ces séances une séance d'imagerie mentale.

**Résultats :** Nous réalisons un protocole d'étude qui n'est pas mis en place, nous n'avons pas de résultats à communiquer.

**Discussion et conclusion :** Dans la littérature les études sur les effets de l'imagerie mentale ont donné des résultats contrastés, les dernières études préconisent de faire des études de plus forte puissance. Elles sont en cours de réalisation. Notre travail a permis de mettre en évidence les évolutions dans la prise en soin du ligament croisé, ainsi que la spécificité de la prise en charge des danseurs. Pour finir, il ouvre de nouvelles perspectives quant à la rééducation des ligaments croisés.

**Mot clés :** danse, imagerie mentale, kinésithérapie, ligament croisé, rééducation





## **Summary:**

**Introduction:** Cruciate ligament injury is one of the most common traumatic injuries among sportsmen and women, and therefore quite naturally among dancers. However, there is little in the literature on the rehabilitation of dancers. Also know that mental imagery is a tool that has always been used in sports. In recent years had seen an increasing number of studies that question the effects and impacts of mental imagery. This is why had chosen to propose a study protocol that questions the potential impact of the use of mental imagery in rehabilitation for dancers following ligament reconstruction. The aim is to improve their care and their return to sport.

**Hypothesis:** Our general hypothesis is that mental imagery during rehabilitation would allow a more functional return to sport. To demonstrate this put forward four operational hypotheses. The first is that mental imagery would lead to an increase in neuromotor control. The second is that it would reduce mental fatigue. It would also reduce anxiety. Also believe that it would significantly increase the muscular strength of the main muscles involved (quadriceps, hamstrings, and the gluteus medius).

**Materials and methods:** Conducting a randomised controlled trial over a period of 45 days, with a follow-up of up to 1 year post-operatively. Will study 100 contemporary dancers aged 18 to 40 years, divided into two groups. A control group that performs three so-called classical rehabilitation sessions per week. An experimental group who, in addition to these sessions, will carry out mental imagery sessions.

**Results:** We are carrying out a study protocol that is not being implemented, we do not have any results to report.

**Discussion and conclusion:** In the literature, studies on the effects of mental imagery have given contrasting results. These studies are currently being carried out. Our work has enabled us to highlight the developments in the treatment of the cruciate ligament, as well as the specificity of the treatment of dancers. Finally, it opens new perspectives for the rehabilitation of cruciate ligaments.

**Key words:** cruciate ligament, dance, mental imagery, physiotherapy, rehabilitation



## I. Préface

Pratiquant la danse depuis de nombreuses années, j'ai donc beaucoup étudié cet art. Je me suis alors rendue compte, qu'au-delà d'être un art, c'est aussi un sport. Un sport qui est très sollicitant physiquement et mentalement. En effet, il faut une bonne condition physique pour réaliser des mouvements exigeants, mais aussi être endurant pour pouvoir danser des chorégraphies pendant plusieurs heures. De plus, il est important d'avoir une très bonne mémoire kinesthésique des chorégraphies. En effet, le danseur doit avoir la capacité de les réaliser en rythme sans réfléchir pour pouvoir se concentrer sur la demande artistique. Cette demande cognitive est à l'origine d'une fatigue mentale. Cette même fatigue va être un facteur prédictif de blessures. J'en ai moi-même fait l'expérience, à travers différents traumatismes, en particulier un traumatisme au genou. Cette blessure m'a amenée à réfléchir sur la prévention des blessures et leur traitement. En effet, la danse étant à la frontière entre l'art et le sport, nous trouvons très peu de littérature spécifique sur le sujet. Ce constat m'a donné envie d'approfondir ces différents points.

Ma réflexion a commencé en me demandant quelles étaient les parties du corps les plus sollicitées en danse. Dans un premier temps, j'ai naturellement pensé aux pieds, au dos et aux hanches. Cependant en réfléchissant à ma blessure, j'ai remarqué les nombreuses contraintes qui sont appliquées au genou lors de différents mouvements. La position majoritairement retrouvée en danse est « l'en dehors ». Autrement dit, les danseurs se trouvent en rotation externe de hanche, de genou et de pied tout cela associé à un travail en chaîne fermée. De plus, les mouvements fréquemment rencontrés sont des mouvements de sauts et de tours. Plus spécifiquement, en danse contemporaine, les mouvements d'opposition et de torsion. Toutes ces notions mettent en lumière les contraintes ligamentaires que peut subir le genou.

L'imagerie mentale est une technique couramment utilisée en danse. De ce fait, je m'interroge sur l'utilisation de celle-ci dans la rééducation. Cette pratique consiste à s'imaginer faire un mouvement sans pour autant le réaliser. Fréquemment, les danseurs s'imaginent faire leur chorégraphie pour faciliter l'apprentissage des mouvements. Ainsi leur réalisation devient automatique, ils peuvent donc se concentrer sur l'émotion et l'intention apportées au mouvement. Ces dernières années, les études se sont multipliées sur le sujet prouvant à tour de rôle les bénéfices apportés par cette pratique. En effet, l'imagerie mentale activerait les mêmes zones

corticales que lors de la réalisation motrice du mouvement. En rééducation, elle permettrait de diminuer l'appréhension et la douleur et donc serait à l'origine d'un retour au sport plus précoce et plus serein.

C'est pour ces raisons que j'ai décidé de réaliser un protocole d'étude sur les bénéfices de l'imagerie mentale en rééducation chez les danseurs contemporains professionnels après une reconstruction ligamentaire du ligament croisé antérieur.

## II. Revue de la littérature

### II.1. La danse

#### II.1.1. La danse contemporaine définition et historique

Pour parler de la danse contemporaine, il faut déjà comprendre son origine et son histoire. Pour faire cela, j'ai décidé de me baser sur l'ouvrage de Germain-Thomas, P. (2012) « *La danse contemporaine, une révolution réussie : Manifeste pour une danse du présent et de l'avenir* » Toulouse : Éditions de l'Attribut. (Germain-Thomas, 2017) La danse contemporaine est issue de l'héritage de deux courants artistiques étrangers, la danse moderne américaine et la danse d'expression allemande. Ces deux courants se sont d'abord regroupés sous le terme de danse moderne, pour ensuite donner naissance à la danse contemporaine à partir des années soixante-dix. Or, il est pour l'heure impossible de donner une définition consensuelle de la danse contemporaine, car la notion d'art contemporain est mouvante et actuelle. Nous pouvons tout de même lui attribuer certaines caractéristiques ; c'est un style où le travail corporel est très important et dont le but est de faire passer des messages.

L'essor de cet art s'est fait, sous Michel Guy, dans un contexte de récession économique et d'inflation amenant le monde politique à se concentrer sur la promotion des nouvelles disciplines artistiques. Par la suite, la danse contemporaine s'est construite dans le régime de l'intermittence dans les années quatre-vingt et quatre-vingt-dix. Avec ce régime, le monde contemporain se distingue donc du monde classique. En effet, contrairement aux compagnies de danse classique, les troupes contemporaines ne disposent pas de leurs propres salles de spectacle et sont dépendantes des demandes de représentation.

## II.1.2. La pratique sportive de la danse

La danse est actuellement reconnue comme une discipline artistique car sa demande principale est l'interprétation artistique. Malgré cela, nous oublions souvent, que les danseurs sont de réels athlètes. En effet, comme le souligne Dumont et al., (2016), les danseurs sont des athlètes qui ont constamment besoin de travailler leur corps. La demande physique et biomécanique des chorégraphies est très exigeante. De plus, un cours ou un spectacle durera en moyenne entre 90 et 120 minutes avec des entraînements journaliers pouvant compter jusqu'à 7 heures de pratique.

En 2019-2020, en France, nous comptons 599 danseurs professionnels formés dans les établissements d'enseignement supérieur de danse. Parmi eux, 69% sont des femmes, soit un peu plus des 2/3. L'âge moyen est de 22 ans (Ministère de la culture, 2021).

La danse est une discipline qui a de nombreuses spécificités (Dumont et al., 2016). En premier lieu, les danseurs possèdent d'importantes amplitudes articulaires, en particulier au niveau de la hanche et de la cheville. De plus, la danse demande une coordination motrice complexe ce qui rend la notion de fatigue difficile à évaluer. Pour finir, la particularité de la danse, de par son côté expressif et esthétique, se caractérise par son irrégularité et sa non-spécificité. Nous apprenons donc que la biomécanique corporelle du danseur est propre à lui-même et à son style de danse ce qui la rend très complexe.

La danse demande également un modèle de consommation énergétique particulier et très inégal au quotidien. Elle se caractérise comme une activité de longue durée mais n'est pas à proprement parlé de l'endurance du fait de son intensité variable. En effet, elle alterne des courtes périodes d'activité intense suivies de courtes périodes de repos et cela sur une longue durée. Nous notons aussi une différence entre les répétitions qui sollicitent de manière plus constante le système aérobie, des représentations qui alternent plutôt entre grande intensité et repos.

Pour étudier la pratique sportive de la danse, des chercheurs ont créés un outil de mesure permettant d'évaluer les aspects qualitatifs de la performance en danse. Cet outil est le PCEM (« Performance Competence Evaluation Measure »), il est décrit par Krasnow & Chatfield, (2009), qui nous apprennent que quatre catégories d'évaluation ont été développées. La première concerne l'implication totale du corps dans le

mouvement. La deuxième s'intéresse à la connexion et l'intégration du corps dans le mouvement. La troisième prend en compte la mécanique des articulations au cours des mouvements. Pour finir, la quatrième concerne les habiletés motrices que nous pouvons retrouver en danse. Chacune de ces parties se divise en sous-parties qui sont, elles même côté de 1 à 3.

### II.1. 3. Les principaux mouvements en danse contemporaine

En danse, nous retrouvons des mouvements techniques de base. Plusieurs de ces mouvements sont issus des origines classiques de la danse. Par exemple, il existe 5 positions dites de base (figure 1). Le point commun entre ces positions est « l'en-dehors ». Cette position nous est en partie décrite par (Vaganova, 2012), c'est un mouvement rotatif dirigé vers l'extérieur. Dans cette position nous retrouvons une rotation externe, du membre inférieur, de 90°. Elle est, dans l'idéal, divisée entre la hanche et la jambe, 70° pour la hanche et 5° pour le pied. Elle doit s'associer à une abduction de 15° au niveau du pied. (Gilbert et al., 1998)

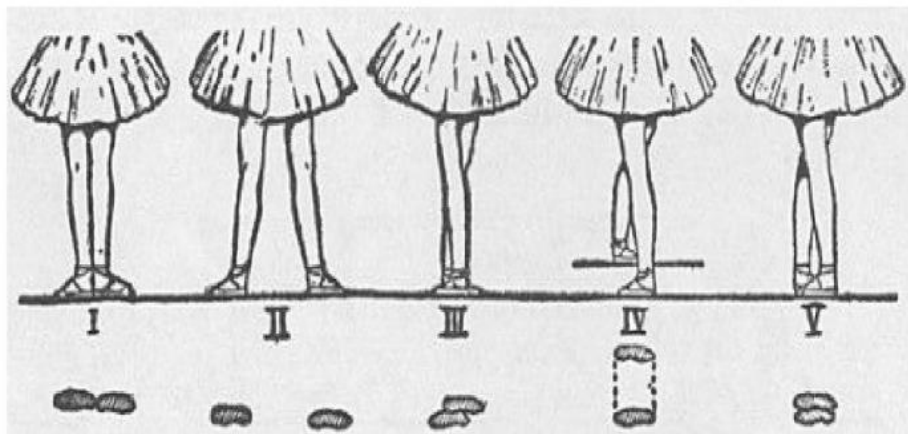


Figure 1 - Les 5 positions de base en danse (Vaganova, 2012)

Le saut fait partie des mouvements fréquemment retrouvés, et beaucoup étudiés de par leur composante traumatique. Il en existe beaucoup, dont chacun a sa particularité. Il y a deux points communs que nous retrouvons dans chaque saut : l'appel et la réception. L'appel consiste en une propulsion dans les airs. Quant à la réception, c'est la phase de retour au sol. Cette dernière consiste en un amortissement et met en contrainte compressive les articulations des membres inférieurs.

Le tour (ou pirouette), est également un mouvement spécifique. Il se décline sous différentes formes et techniques, dont chacune a des exigences motrices particulières. Il fait partie des mouvements très techniques et fait appel aux capacités spécifiques du danseur. En effet, il demande une proprioception particulière avec une équilibration du corps en mouvement. Comme nous le rappelle Dumont et al. (2016), le contrôle postural est très important, car de nombreux mouvements mettent le corps en déséquilibre. Cela se fait avec de nombreuses stratégies d'équilibration qui sont spécifiques aux danseurs. Les dernières études tendent à montrer que la vision associée à une bonne proprioception, joue un rôle important dans l'équilibration. Une plasticité cérébrale se met également en place chez le danseur pour mieux gérer les sensations de vertige rotatoire (Nigmatullina et al., 2015)

Nous retrouvons spécifiquement dans les chorégraphies contemporaines beaucoup d'opposition et de torsion corporelle pour permettre un travail en chaîne musculaire croisée. Autrement dit, le danseur va dissocier les différentes parties de son corps, pour pouvoir faire des mouvements dans des directions variées et parfois opposées.

Pour finir, il est important de rappeler que malgré ces techniques de base retrouvées en danse, l'improvisation possède une place majeure en danse contemporaine. De plus, chaque chorégraphe a sa propre technique qu'il confronte au style et à l'interprétation du danseur.

Pour résumé, la motricité du danseur peut se regrouper en 2 grandes catégories, la motricité en « rappel moteur » et la motricité d'improvisation. La motricité en rappel moteur implique grandement les fonctions mnésiques avec une coordination motrice importante. De plus, il est essentiel de rappeler que la motricité du danseur est morphocinétique. C'est-à-dire que la gestuelle du danseur n'a pas d'orientation spatiale prédéfinie et s'intéresse plus spécifiquement à la production de la forme du geste. (Cadopi, 2005)

#### II.1.4. L'importance du LCA chez un danseur

Le genou est un complexe articulaire composé de 2 articulations, l'articulation fémoro-patellaire et tibio-fémoral (figure 2A). C'est une articulation qui est peu congruente et peu concordante, elle possède donc plusieurs éléments conjonctifs passifs pour la

stabiliser. Elle possède un seul degré de liberté dans le plan sagittal (flexion et extension). En revanche, nous retrouvons des mouvements mineurs de roulements, de glissements antéro-postérieurs ou latéraux, et de rotations.

Pour la stabiliser, nous retrouvons des éléments actifs tel que le quadriceps, le vaste médial en particulier. Mais aussi, comme dit précédemment des éléments passifs : capsule, ménisques, ligaments latéraux et croisés (figure 2B). C'est à ces derniers que nous allons nous intéresser, les ligaments croisés sont des ligaments intra-articulaires mais extra-synoviaux. Ils sont deux, situés entre les ménisques. Le croisé postérieur s'insère sur la partie postérieure du plateau tibial et se finit sur la partie antérieure du condyle fémoral. Le croisé antérieur, à l'inverse, s'insère sur la partie antérieure du plateau tibial et se finit sur la partie postérieure du condyle fémoral. Il possède lui-même 2 faisceaux, un premier antéro-médial et un second postéro-latéral. Ces deux ligaments se croisent donc dans le plan sagittal mais également dans le plan horizontal et frontal.

Leur rôle principal est de contrôler les mouvements de tiroir antéro-postérieur. En effet, lors des mouvements de flexion-extension, les condyles fémoraux vont rouler et glisser sur le plateau tibial, alors que ce dernier va être tracté par les muscles moteurs (Quadriceps et Ischio-jambier). Le ligament croisé postérieur va donc empêcher le recul du plateau tibial alors que le croisé antérieur (LCA) va empêcher l'avancer du plateau tibial.

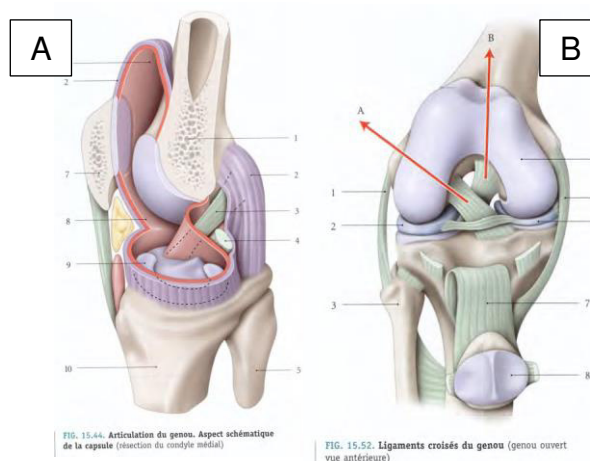


Figure 2 – A Articulation du genou ; B Ligament croisé (Kamina, 2017)



Comme nous l'avons vu dans les parties précédentes, le corps du danseur se façonne au cours de sa carrière de par la spécificité de chaque mouvement. La biomécanique corporelle et du genou va donc être particulière chez le danseur.

Selon Fotaki et al. (2021), au cours de ses répétitions le danseur va devoir réaliser de nombreux mouvements répétitifs qui vont solliciter de manière importante différents groupes musculaires et articulations. De plus, le corps et en particulier le genou, va être sollicité par différentes forces internes et externes, entre autres la gravité, le poids et la vitesse des membres du danseur.

Au niveau du genou, il va s'opérer le « Screw home mechanism ». Ce mécanisme s'opère au cours des 30° derniers d'extension du genou. Pour que l'extension se réalise le fémur ou le tibia doit tourner vers l'extérieur ou l'intérieur. Si l'extension se réalise en CCO, alors le fémur doit tourner de 10° vers l'intérieur. En revanche, si l'extension se réalise en CCF, alors le tibia doit tourner de 10° vers l'extérieur. Ce mécanisme s'opère car le condyle fémoral latéral est légèrement plus petit que le médial. Pour rappel, lors du mouvement d'extension le genou se stabilise en légère hyperextension ce qui permet aux ligaments croisés et collatéraux de stabiliser l'articulation (Kim et al., 2015).

Selon, Barnes et al. (2000), les nombreuses rotations longitudinales que subit le danseur pendant les mouvements endommagent les tissus conjonctifs et contractiles (Barnes et al., 2000). Par conséquent, cela va étirer les ligaments croisés et collatéraux, augmenter l'instabilité rotatoire et l'hyperextension du genou, entraîner une instabilité rotulienne et abîmer les ménisques. De plus, bien souvent, le genou permet aux danseurs de compenser le manque d'amplitude au niveau de la hanche en augmentant la rotation longitudinale externe de la jambe.

Il est donc d'autant plus nécessaire chez le danseur d'avoir un genou fort et stable pour répondre aux contraintes imposées par les mouvements de base en danse.

## II.1. 5. Concepts biomécaniques des blessures en danse, en particulier le genou

Comme nous l'avons vu dans les parties précédentes, les mouvements techniques en danse sont sources d'importantes contraintes articulaires et ligamentaires. Tout d'abord, la position principale qu'est « l'en-dehors » demande une amplitude articulaire en rotation externe majeure (figure 3). En effet, selon Gilbert et al. (1998) l'amplitude de rotation externe de hanche chez les danseurs pendant l'en-dehors est de 79,4° et l'amplitude globale de cette position est de 93° à 96° en moyenne. Tandis que l'amplitude classique, selon le Kamina (2009) est de 45° en moyenne. Ce surplus de demande articulaire est à l'origine de tension ligamentaire. En effet, la rotation externe de hanche sera insuffisante, et cette tension se répercutera sur le rachis lombaire et les membres inférieurs. (Hamilton et al., 1992)

Mesures	degré d'amplitude	SD
Rotation externe de la hanche	79,4°	12,4
Amplitude de l'en-dehors, première position	93,6°	15,6
Amplitude de l'en-dehors, deuxième position	96,9°	17,3
Amplitude de l'en-dehors, troisième position	92,7°	15,8
Amplitude de l'en-dehors, quatrième position 94,4°	94,4°	14,7
Amplitude de l'en-dehors, cinquième position 95,1°	95,1°	14

Figure 3 - Amplitude hanche, en-dehors (Gilbert et al., 1998) (SD = Standard Deviation)

De plus, lors de la phase d'atterrissage des sauts nous observons un valgus dynamique de genou (Sarafrazi et al., 2012), ainsi qu'une contrainte en compression. Si nous associons ces différentes composantes au travail en opposition en danse contemporaine, nous mettons en lumière les tensions musculaires et ligamentaires chez le danseur en particulier au niveau du genou.

Dans un deuxième temps, les danseurs possèdent des particularités corporelles qui sont à mettre en lien avec la biomécanique des mouvements techniques. Tout d'abord, un grand nombre de danseurs possèdent dans une certaine mesure une hyperlaxité. Cette dernière va être un « avantage » en danse car elle va permettre de faciliter la réalisation de certains mouvements. Mais, elle est un facteur de risque de blessures si elle n'est pas bien gérée (Hamilton et al., 1992).

Ensuite, une pratique professionnelle implique un nombre d'heures de danse important par semaine. De plus, il y a de nombreuses chorégraphies à apprendre avec des mouvements plus ou moins difficiles. La problématique majeure en danse est que l'apprentissage d'une chorégraphie doit être parfait pour que les mouvements deviennent automatiques et permettent au danseur de les vivre pleinement. Cette volonté est l'origine d'une importante pression et surtout fatigue mentale. Murgia (2013), nous présente dans sa revue de la littérature, ce phénomène de surutilisation retrouvé chez les danseurs. Elle nous décrit un syndrome qui est particulièrement problématique pour les danseurs, qui comptent nécessairement sur la répétition pour optimiser leur performance et leur efficacité. Parallèlement, nous apprenons aussi dans cette revue qu'une surutilisation est une des causes majeures de blessures en danse.

Pour finir, comme dit dans la première partie, la danse suit un régime intermittent, donc une pression de l'exercice. C'est pour cela qu'il est nécessaire de ne pas s'arrêter. Par conséquent beaucoup de danseurs pratique avec une blessure. Comme le présente l'article *Danse et santé* (Dumont et al., 2016), la douleur fait partie du quotidien du danseur donc les blessures sont difficiles à objectiver. De plus, la prévention actuelle sur les blessures en danse est largement insuffisante. En effet, la danse n'étant pas reconnue comme une discipline sportive, la formation n'intègre que très peu la notion de prévention, ce qui rend le dépistage des blessures encore plus compliqué. Pour autant, nous savons que le taux de danseurs ayant été affecté dans leur pratique par une blessure est de 60 à 80% (Hamilton et al., 1992).

Parmi ces blessures, celles des membres inférieurs sont les plus fréquentes, en particulier le genou, la cheville et le pied (Dumont et al., 2016).

## II.2. LCA et réhabilitation

### II.2.1. Contexte de rupture du LCA

La lésion du LCA arrive lorsque ce dernier est mis en tension de manière excessive. Il y a différents mécanismes de lésion, la plupart du temps, ils se font sans contact lors de changement de direction, avec une décélération rapide. Le genou va se retrouver en valgus, flexion et rotation externe (VALFE) ou en varus, flexion et rotation interne

(VARFI). Par exemple, cela peut arriver lors d'une réception de saut, lors d'un shoot dans le vide (CCO), ou encore, comme dit précédemment, lors d'un changement de direction (CCF). Dans la littérature, la cause la plus fréquente de lésion est le mécanisme en CCF associé à un changement de direction, et principalement le mécanisme en VALFE. (Tamalet & Rochcongar, 2016).

Toujours d'après, Tamalet et Rochcongar (2016), il existe des facteurs prédisposant à la rupture du LCA. Ces facteurs sont de deux types, les facteurs non-modifiables et les facteurs modifiables. Dans les premiers, nous retrouvons le sexe féminin, ou encore des facteurs anatomiques, tel que :

- La laxité constitutionnelle (morphotype recurvatum),
- Une pente tibiale majorée,
- L'antétorsion fémorale qui diminue l'efficacité du moyen fessier et entraîne un moins bon contrôle du valgus dynamique du genou,
- Un valgus de l'arrière-pied associé à une pronation du médio-pied entraînant un valgus tibial

Parmi les facteurs modifiables, nous retrouvons des facteurs extrinsèques qui vont concerner le lieu de la pratique sportive et le matériel utilisé. Nous observons également des facteurs intrinsèques comme une technique inadaptée ou une fatigue neuromusculaire.

Il est important de rappeler que la rupture peut être complète ou bien partielle. Elle peut également être associée ou non à d'autres atteintes, telles qu'une atteinte méniscale, une fracture par avulsion, une atteinte du point d'angle postéro-médial ou postéro-latéral, une atteinte des ligaments collatéraux (Xhardez. 2021).

## II.2. 2. Prise en charge de la lésion du LCA

La lésion du LCA peut avoir différents niveaux de gravité. Il peut s'agir d'une entorse moyenne ou partielle, où seulement quelques fibres seront arrachées. Dans ce cas, une rééducation fonctionnelle classique sans intervention chirurgicale peut suffire.

L'entorse peut être grave, avec une rupture totale de toutes les fibres du ligament et avec une désinsertion. Dans ce cas, il y a deux possibilités, la rééducation fonctionnelle classique sans intervention chirurgicale ou bien une intervention

chirurgicale. Dans un contexte sportif, nous nous tournons le plus souvent vers l'opération. Il existe différentes chirurgies qui diffèrent en partie par le greffon prélevé. À la suite de la chirurgie, nous aurons une rééducation qui durera en moyenne 1 an (Xhardez, 2021).

### II.2.3. Chirurgies possibles et conséquences

Comme vu précédemment la chirurgie n'est pas toujours nécessaire, selon les recommandations de la HAS (2008) les indications de chirurgie sont :

- L'âge
- Le type et le niveau d'activité professionnelle et sportive
- L'ancienneté de la lésion
- L'importance de la laxité
- La présence ou non de lésions associées

Lorsque l'opération est nécessaire, il existe différents types de chirurgie (tableaux I et II). Nous en distinguons trois dont deux principales, ainsi que certaines techniques adjuvantes.

Toutes ces chirurgies se font en ambulatoire et nécessitent une rééducation pré et post-opératoire. Ces techniques se différencient en partie par l'origine du greffon. Le choix de la technique quant à lui dépendra de la lésion et des activités ultérieures du patient.

L'une des principales complications à ces chirurgies est le cyclope. Il correspond à la formation d'un nodule fibrovasculaire, et se traduit par une perte d'extension. Les autres complications seront entre autres des récives, des douleurs, des tendinopathies, des syndromes fémoro-patellaires, ou des atrophies musculaires. (Xhardez, 2021)

Tableau I- Tableau récapitulatif des différentes chirurgie (Xhardez. 2021), (Chevallier et al., 2018),(Kulczycka et al., 2015), (J.E. Perraudin 2022)

Chirurgie	Greffon utilisé	Technique	Avantages	Inconvénients et complications	Remarques
Kenneth Jones	Bandelette du tendon patellaire	Syndesmoplastie passive = tunnel trans-osseux dans le tibia pour finir dans le condyle latéral (1 brin) = fixation os-os	Temps de rééducation court et très résistant (fixation os-os résistant)	- Douleur antérieure du genou, - Tendinopathie, - Rupture, - Cyclope, - Perte de puissance à l'extension	- Ancien gold standard, - Beaucoup utilisé dans les reprises
DIDT ou DT4-TSL	Gracile (droit interne) et semi-tendineux (utilisé seul dans le DT4)	4 brins → 2 tendons pliés en deux OU 1 tendon replié en 4 (fixer par des bandelettes TSL)	- Evite les douleurs antérieures, - Moins de cicatrice, - Greffes adaptables au patient	- Lâchage de fixation, - Complication nerveuse, - Rupture, - Cyclope, - Prélèvement plus délicat, - Qualité variable, - Perte de force en flexion	
Mac Intosh	Fascia-lata ou quadriceps	Un temps intra-articulaire et un temps extra-articulaire. Tunnel osseux, passe sous le LLE, fixation sur le tubercule de Gerdy (1 brin)	Bloque le ressaut antéro-externe (ténodèse externe) et reconstitue le pivot central (plastie interne), facile à prélever	- Grande cicatrice, - Rupture - Cyclope	Surtout utilisé pour les reprises

Tableau II -Tableau technique adjuvante (Chevallier et al., 2018), (Xhardez. 2021)(J.E. Perraudin. 2022)

Chirurgie	Greffon utilisé	Technique	Avantages	Inconvénients	Remarques
Lemaire	Bandelette du fascia-lata	- Plastie passive extra-articulaire et extra-capsulaire,  - Transplant libre isométrique	- Freine la rotation interne du tibia,  -Reprise plus rapide des sports de pivot		Utilisé pour les genoux très laxés ou dans des reprises

#### II.2. 4. Protocole de rééducation validé pour le LCA opéré

Selon la recommandation de bonne pratique de la HAS (2008), la rééducation après une reconstruction ligamentaire du LCA comprend plusieurs phases. Tout d'abord, il y a une phase préopératoire, cette phase, si elle est possible, à plusieurs objectifs. Elle devra permettre de réduire la douleur, ainsi que l'épanchement articulaire. Elle permettra également de récupérer des amplitudes fonctionnelles sur les 2 membres inférieurs, de les renforcer afin de préparer la chirurgie, de commencer à travailler sur la reprogrammation neuromotrice. Enfin, elle permettra d'éduquer le patient aux exercices, à la marche post-opératoire et à la contraction du quadriceps.

Selon Dufour et Del Valle (2021), la phase post-opératoire se subdivise en 6 phases distinctes (tableau III).

Tableau III - Tableau prise en charge du LCA opéré-M. DUFOUR, S. DEL VALLE, Méga-guide pratique de kinésithérapie, 892-893, 2021

<b>Phases</b>	<b>Kinésithérapie</b>
<b>J0-21</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Trophique = mobilisation du cul-de-sac, cryothérapie, contraction flash du quadriceps, bas de contention</li> <li>- Articulaire = mobilisation fémoropatellaire et fémoro-tibial (extension passive, flexion maximum à 90°)</li> <li>- Musculaire = réveil quadriceps (Contraction flash, CCF à 30-60° d'extension, co-contraction Q/IJ), travail IJ (KJ = en CCO avec résistance distale / DIDT ou DT4TLS = CCF), travail muscle de la hanche et du tronc</li> <li>- Fonctionnel = prise de conscience du centre de masse, apprentissage marche avec cannes anglaises</li> </ul>
<b>J21-45</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Articulaire = maintien de l'extension passive complète, gain en flexion à plus de 90°</li> <li>- Musculaire = travail quadriceps en CCF et zone protégée (90-45°), Travail IJ (KJ = CCO avec résistance distale / DIDT ou DT4TLS = CCO avec pesanteur ou résistance distale sous maximal), Travail muscles hanche et tronc</li> <li>- Fonctionnel = marche sans aide, escalier (90° de flexion à la montée, 110° de flexion à la descente), steppeur, balnéothérapie</li> </ul>
<b>J45-90</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Musculaire = travail quadriceps CCF et/ou CCO avec pesanteur en secteur protégé (90-45°), travail des IJ en CCO contre résistance (adapté à la technique), travail du triceps en charge, travail muscles hanche et tronc</li> <li>- Fonctionnel = squat, fentes en charge, cycloergomètre, travail schéma des escaliers</li> </ul>
<b>Dès 3 mois</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fonctionnel = schéma de course, saut (dans l'axe), natation avec palme et battement</li> </ul>
<b>Dès 6 mois</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fonctionnel = changement de directions, pas chassés, sauts en dehors de l'axe, rééducation centrée sur le sport, nage en brasse</li> </ul>
<b>Dès 8 mois</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fonctionnel = autorisation sport pivot et contact</li> </ul>

Bien que ce protocole de rééducation soit encore majoritairement recommandé par les chirurgiens, ces dernières années des études ont apporté quelques nuances. L'université du Delaware a mis à jour un nouveau protocole en avril 2021, (University of Delaware Physical Therapy, 2021) qui reprend les dernières mises à jour. Dans ce dernier la CCO du quadriceps est autorisée dès la deuxième semaine. Fukuda et al., (2013), précise que des exercices précoces en CCO du quadriceps dans une amplitude limité, n'augmente pas la laxité en revanche permet de retrouver plus rapidement la force du quadriceps. De plus, les exercices en CCO sur les ischio-jambiers sont sans risque pour le genou après une reconstruction ligamentaire



antérieur (Mesfar & Shirazi-Adl, 2008). C'est pourquoi les nouveaux protocoles tendent à utiliser les exercices en CCO plus précocement.

## II.2. 5. Evolution et retour au sport

D'après Xhardez (2021), il est important de savoir que le greffon sera fragile entre la 5<sup>ème</sup> semaine et le 3<sup>ème</sup> mois. Il redeviendra ensuite de plus en plus solide jusqu'à une solidité maximale autour du 9<sup>ème</sup> mois. Durant cette période, le patient pourra reprendre les entraînements sportifs à 6 mois. La reprise des activités sportives en compétition se fera à 7 ou 8 mois. Après une chirurgie, le temps moyen de rééducation sera donc d'environ 1 an (8 mois en moyenne). Autrement dit, la rééducation se déroulera jusqu'à la reprise de la compétition, voir même quelques semaines après pour attendre la solidité maximale du greffon.

Le suivi se fera par des tests d'isocinétismes et des batteries de tests spécifiques. Les tests d'isocinétismes vont permettre de mesurer la force des ischio-jambiers et du quadriceps. Les résultats de ces tests seront exprimés sous la forme d'un leg symmetry index (LSI), il correspond au rapport de la force des quadriceps côté opéré /côté sain puis des ischio-jambiers. Ce rapport doit être supérieur à 0.8. Il existe aussi des rapport IJ/Q (Martin et al., 2013). Nous comptons quatre ratio IJ/Q, les deux premiers sont des ratios dits concentriques, c'est-à-dire que les deux muscles travaillent en concentrique. Le troisième est un ratio mixte, il correspond au rapport IJ (excentrique)/ Q (concentrique) ; le résultat doit être supérieur à 0.8. Le dernier ratio est dit fonctionnel, c'est-à-dire qu'il représente le fonctionnement quotidien, réel du couple IJ/Q. Il correspond au rapport IJ (excentrique) / Q (concentrique) (Guerrier et al., 2018).

Nous pouvons également ramener ces rapports au poids du corps. Chez un sportif professionnel nous considérons qu'il doit développer avec son quadriceps une force 3 fois supérieur à son poids de corps pour une vitesse de 60°/secondes. En ce qui concerne les ischio-jambier nous considérons qu'un sportif doit développer une force 2.2 fois supérieur à son poids de corps pour une vitesse de 20°/seconde.

Pour évaluer le contrôle neuromusculaire nous pouvons utiliser les Hop tests (single hop test, triple hop for distance, side hop test), ou encore le drop jump and jump test, ou le star excursion balance test (Figures 5A-B-C-D). Ces tests se font sous analyse

vidéo, et permettent de voir le contrôle du genou lors de réception du saut (Martin et al., 2013).

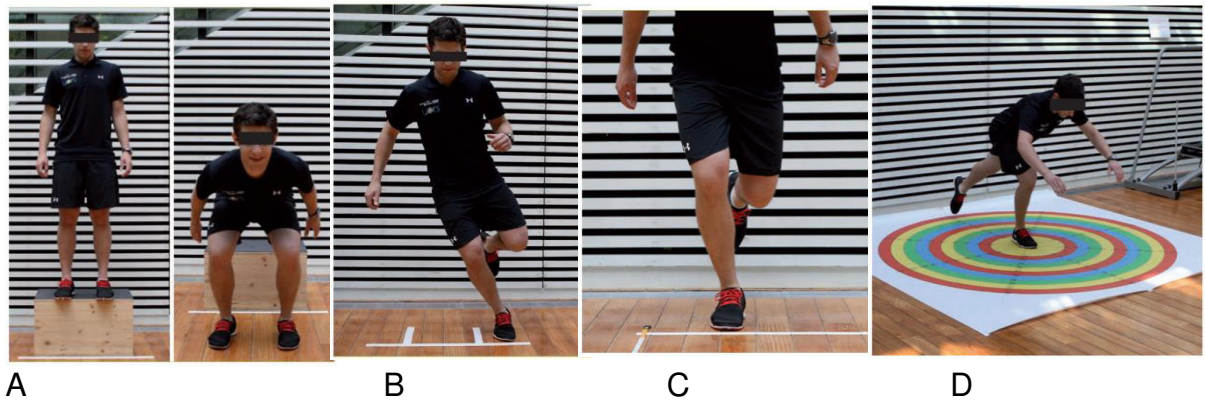


Figure 4A Drop test- 4B Side hop test- 4C Triple hop for distance- 4D Star excursion balance - (Martin et al., 2013)

Pour finir, l'évaluation de retour au sport se poursuit par un test psychologique, car l'une des principales causes de non-retour au sport est la peur de se blesser à nouveau. Les récurrences seront souvent dues à un retour au sport trop précoce, une mauvaise rééducation ou une mauvaise évaluation (Martin et al., 2013).

En effet, nous savons qu'il n'y a que 44% des athlètes qui reviennent à un niveau compétitif. De plus 24% des patients prétendent que c'est la peur d'une nouvelle blessure et de la douleur qui empêche le retour, selon Rodriguez et al., (2019), ce qui signe l'arrêt d'une carrière professionnelle.

## II.3. L'imagerie mentale

### II.3.1. L'imagerie mentale définition et historique

Il existe différents termes pour parler d'imagerie mentale. En effet, comme nous l'apprennent (Herrera & Vargas, 2019) certains auteurs vont parler d'entraînement aux habilités mentales, d'imagerie motrice, ou de préparation mentale. Quant à eux, Herras et Vargas parlent d'entraînement mental. L'imagerie mentale (ou motrice) à proprement parler est un processus mental général qui permet d'affiner une fonction motrice à un moment donné.

En ce qui nous concerne, il est plus pertinent de parler de « Mental Partice » ou d'entraînement mental. Ce concept est défini par Beack et al. (2012) comme "*l'exécution mentale d'une action sans aucun mouvement corporel manifeste*".

C'est en 1890, pour la première fois que l'entraînement mental est apparu, avec William James (1890), qui pensait que *"chaque représentation du mouvement suscite en quelque sorte le mouvement réel"*. Mais il a fallu attendre 1994 pour que ce concept soit associé à l'activité physique. Depuis ces trente dernières années, le nombre d'études à ce sujet n'a cessé d'augmenter pour prouver les bénéfices de l'entraînement mental (Herrera & Vargas, 2019).

L'imagerie mentale possède différentes modalités. Tout d'abord, elle peut se faire à différentes périodes, par exemple avant un entraînement ou pendant une compétition. (Cumming & Williams, 2013).

De plus, elle peut utiliser différentes entrées sensorielles. Autrement dit, elle peut être soit visuelle, soit proprioceptive. Les autres entrées sensorielles, tel que l'audition peuvent être utilisés en théorie mais le sont très peu dans la pratique. Dans l'imagerie visuelle, le sujet voit un objet, une scène ou une action. Cette perception peut à son tour être interne ou externe. C'est-à-dire que le sportif peut s'imaginer faire le mouvement, donc être le principal protagoniste, ou alors être observateur, c'est-à-dire être extérieur à la scène et se regarder faire le mouvement. Si l'imagerie est proprioceptive le sujet va alors imaginer les sensations qu'il ressent lors de l'action. Il est important de différencier l'imagerie proprioceptive de l'imagerie visuelle interne. (Robin, 2005)

### II.3. 2. Les mécanismes de l'imagerie mentale

Dans cette partie nous allons essayer d'expliquer les mécanismes cérébraux de l'imagerie mentale. Tout d'abord, il faut savoir, qu'à ce jour, les mécanismes ne sont pas encore totalement connus. Plusieurs auteurs se sont attachés à les expliquer via différentes théories. Nous allons nous appuyer sur les travaux de Robin (2005) et de Leroy-Malherbe (2017).

Premièrement, il faut comprendre que le cerveau fonctionne en boucles internes. C'est-à-dire que nos un milliard de neurones communiquent entre eux via des milliers de milliards de connexions inter-synaptiques.

Deuxièmement, depuis plusieurs années déjà, les IRM fonctionnelles ont démontré qu'imaginer un mouvement activait les mêmes zones corticales que lorsqu'on réalise ce mouvement. Ce mécanisme est la conséquence des neurones miroirs. Ces derniers sont présents chez l'Homme dès l'âge de 6 mois, et participe entre autres

à l'apprentissage par mimétisme chez l'enfant. Nous pouvons comprendre leur fonctionnement par le codage du mouvement. En effet, un mouvement n'est pas codé selon ces caractéristiques spatio-temporelles mais selon son but. Autrement dit, le programme moteur du mouvement s'appuie sur le but vers lequel est tourné le mouvement, et non sur les étapes à réaliser. De plus, il est important de notifier que les propriétés de ces neurones sont modulables avec l'entraînement.

Le troisième point essentiel à la compréhension des mécanismes de l'imagerie mentale est le codage des actions et des mouvements. Le corps humain code toutes nos actions via un codage multimodal. C'est-à-dire, que le cerveau utilise différentes informations sensorielles qu'il met en confrontation, dans les aires associatives, avec les informations cérébrales connues. Par la suite ces associations vont, dans le thalamus, être confrontées au programme moteur mis en place dans l'aire prémotrice.

En résumé, l'imagerie mentale permettra une répétition cognitive des composants d'une tâche donnée et donc de se créer une mémoire associative. Cette répétition se fera par les neurones miroirs. Elle agirait donc plus sur la partie de planification et de programmation du mouvement, plutôt que sur la réalisation du programme moteur.

Nous pouvons également citer l'étude de Pascual-Leone et al (1995), qui est l'une des premières qui questionne les effets de l'imagerie mentale sur le cerveau. Pour cela ils ont fait apprendre à des pianistes une nouvelle séquence sur leur piano. Certains l'apprenaient seulement par la pensée. Ce qui est ressorti de cette étude, est qu'après des séances d'imagerie mentale, la taille des représentations mentales des effecteurs augmentait. Ce mécanisme a pu se mettre en place grâce à la plasticité cérébrale. Il existe deux types de plasticité cérébrale, celle de compensation spontanée, qui se met en place à la suite d'une lésion. La deuxième est la plasticité à activité dépendante, qu'on retrouve chez les sportifs. C'est-à-dire qu'à force de répéter leurs gestes ils en deviennent experts, leur cerveau va donc s'adapter pour se rendre plus efficace. L'imagerie mentale va également en ce sens et permet au cerveau de devenir expert (Guillot, 2018).

### II.3.3. L'imagerie mentale, une pratique courante et intéressante chez le danseur contemporain

Comme dit précédemment, l'imagerie mentale n'a cessé de prouver son efficacité ces dernières années.

Tout d'abord, nous savons que l'imagerie mentale active les mêmes aires corticales que lorsque nous réalisons réellement le mouvement. De plus, une étude a démontré que l'utilisation de l'imagerie mentale lors d'un entraînement permettrait une plus grande activation des différentes zones du cerveau pendant la réalisation du mouvement. Autrement dit, pratiquer de l'IM en activant les zones corticales spécifiques au mouvement participe au processus d'apprentissage et donc à l'autonomisation du mouvement. En revanche, ce phénomène se concrétise seulement, dans un second temps, si le sportif réalise réellement le mouvement. (Herrera & Vargas, 2019)

Une revue de la littérature, datant de 2021, a montré qu'un certain nombre d'études avait démontré des résultats favorables en ce qui concerne l'activation musculaire, la force et la laxité du genou (Pastora-Bernal et al., 2021). Pendant l'entraînement, des athlètes qualifiés, peuvent améliorer la performance de la tâche effectuée. En s'imaginant faire le mouvement, cela facilitera l'exécution de la tâche et renforcera sa confiance. Chez les danseurs plus spécifiquement, ils peuvent créer de nouvelles stratégies sur des mouvements séquentiels, en s'imaginant observateur de la scène. Pendant des périodes de compétition, chez les athlètes anxieux pratiquer de l'imagerie mentale et kinesthésique permettrait de réduire l'anxiété et d'augmenter la confiance en soi (Cumming & Williams, 2013).

Pour finir, comme le souligne (Santarpia et al., 2008), les danseurs sont une population intéressante pour l'étude des capacités d'imagerie mentale. En effet, il nous indique que les danseurs contemporains utilisent de manière importante l'imagerie mentale. Cela leur permet d'appréhender les différents mouvements et les émotions associées. Dans ce contexte, l'imagerie mentale est utilisée de manière volontaire dans un niveau de vigilance basique.

#### II.3. 4. L'imagerie mentale en rééducation pour les danseurs ?

La rééducation en danse demande des connaissances spécifiques sur la pratique de ce sport. Pour rééduquer un danseur, il faut comprendre l'origine de la blessure et la biomécanique corporelle du danseur. La majorité des blessures en danse ont une étiologie multifactorielle et souvent secondaire à des défauts issus de l'entraînement. Pour une rééducation efficiente, le but principal sera d'optimiser l'alignement et le

contrôle moteur. Or, comme expliqué dans la partie précédente, un grand nombre d'étude ont prouvé que l'imagerie mentale améliorait l'activation musculaire, la force et la laxité du genou. L'imagerie mentale pourrait permettre de réharmoniser le contrôle moteur et donc de corriger les défauts d'équilibre, qui causent les blessures (Liederbach, 2010).

De plus, comme l'a démontré Liederbach (2010), lors des blessures, en danse, ou comme dans beaucoup de sport, nous oublions l'approche biopsychosocial. Or, la danse est pourvoyeuse d'un grand stress, 78% des danseurs de ballet subiraient un stress négatif. Pourtant nous savons que le stress est une des causes des blessures. Par ailleurs, nous avons pu prouver dans les parties précédentes que l'imagerie mentale permettait de réduire l'anxiété et d'augmenter la confiance en soi.

En résumé, la réhabilitation de danseur implique de détailler les tâches complexes en partie et de stimuler le système cardiovasculaire pour répondre aux exigences de leur sport. De plus, il faut réentraîner les danseurs au contrôle neuromoteur et au support de charge importante. Les exercices doivent être progressifs et prendre en compte la confiance du danseur en son corps. Comme nous l'avons vu dans les parties précédentes, l'imagerie mentale permet de répondre à beaucoup de ces exigences. C'est pourquoi, elle peut être recommandée dans les premières semaines de rééducation (Liederbach, 2010).

#### II.4. Quelles preuves scientifiques actuellement ?

Actuellement, la littérature scientifique nous apprend, que la danse est une discipline pourvoyeuse de lésion du LCA. En effet, nous avons montré que le sexe féminin est un facteur de risque de lésion du LCA, tout comme l'antétorsion fémorale et la laxité constitutionnelle (Tamalet & Rochcongar, 2016). Or nous savons, d'après le ministère de la culture, que 69% des professionnels de danse sont des femmes. De plus les danseurs présentent une certaine hyperlaxité. Ces différentes caractéristiques font du danseur une personne à risque de lésion du LCA. Il faut rajouter à cela le mécanisme de blessure. En effet, nous retrouvons en danse beaucoup de mouvements à risque, tel que les réceptions de saut, les changements de direction, l'en-dehors (rotation externe) associé à des positions de pliés (Tamalet & Rochcongar, 2016). Pour finir, nous savons qu'il y a très peu de prévention en danse, avec, par

conséquent, un dépistage des blessures compliqué. Malgré cela, plus de la moitié des danseurs ont été affectés par une blessure (Hamilton et al., 1992). De plus, moins de la moitié des athlètes reviennent à niveau compétitif (Dumont et al., 2016).

La littérature nous a largement démontré les bénéfices de l'imagerie mentale. Elle permet entre autre d'augmenter la force, de diminuer l'anxiété et d'améliorer le contrôle neuromoteur (Herrera & Vargas, 2019).

Plus récemment, la littérature s'est penchée sur le bénéfice de l'imagerie mentale dans le cadre des protocoles de rééducation classique des ligaments croisés. Cependant, beaucoup de ces études sont encore en cours.

Ma revue de la littérature comptait 22 articles traitant des différents aspects du sujet.

Parmi ces articles nous avons :

- 7 articles démontrant l'efficacité de l'imagerie mentale lors des lésions du LCA (prévention, rééducation)
- 9 articles détaillant l'imagerie mentale
- 5 articles étudiant la biomécanique de la danse et ces blessures
- 1 article étudiant l'impact des émotions négatives dans la rééducation du LCA

Dans ces articles 9 sont des revues de la littérature, un article est 1 suivi de cohorte et 12 sont des protocoles de recherche de niveau de preuve variable.

## II.5. Limites de la littérature

Nous avons vu qu'il y a un grand nombre d'articles sur les bénéfices de l'imagerie mentale dans la littérature. Plus précisément, parmi ces articles beaucoup font le lien entre l'imagerie mentale et la prévention des lésions du LCA. En revanche, nous notons un manque dans la littérature concernant l'intérêt de l'imagerie mentale dans les protocoles de rééducation post-opératoire des LCA. Bien qu'un petit nombre d'articles traitent du sujet, la plupart sont des études qui sont encore en cours.

La deuxième limite que nous observons dans la littérature concerne les recommandations en danse. En effet, les articles s'accordent à dire que la danse est une activité spécifique, pourvoyeuse de blessures et qui demande une prise en charge

particulière. Pour autant il n'y a que très peu d'articles qui apportent des recommandations sur la rééducation des blessures en danse, en particulier sur les lésions du LCA. En effet, dans notre revue seulement 3 articles traitent le sujet.

La dernière limite que nous observons concerne les bénéfices de l'imagerie mentale en danse. La littérature a pourtant largement démontré ses bénéfices pour d'autres sports. Malgré cela, seul deux articles dans notre revue abordent l'imagerie mentale en danse. Plus spécifiquement seulement un article aborde de manière succincte la potentielle utilisation d'imagerie mentale dans la rééducation post-opératoire du LCA en danse.

En conclusion, la littérature s'accorde à dire que l'imagerie mentale a de nombreux bénéfices, en particulier dans la rééducation de blessures traumatiques. Elle confirme également qu'il y a un manque de prise en charge adaptée aux blessures en danse. Pour autant, il n'y a que très peu de solutions proposées pour pallier ce manque.

C'est pourquoi, il est intéressant de se questionner sur les bénéfices de l'imagerie mentale en rééducation chez les danseurs contemporains professionnels après une reconstruction ligamentaire du croisé antérieur.

### III. Matériel et méthode

#### III.1. La revue de la littérature

Pour réaliser ma revue de littérature, j'ai, d'abord, défini une équation de recherche grâce à ma problématique et à l'identification des mots clés. Ma problématique est : l'imagerie mentale, un moyen de rééducation innovant après une reconstruction ligamentaire chez le danseur contemporain professionnel.

De cette problématique découlait trois concepts majeurs. Le premier, étant la danse et plus précisément les blessures en danse. Le deuxième concept est le ligament croisé antérieur, c'est-à-dire son importance, son rôle et ses mécanismes de rupture. Enfin, l'imagerie mentale est mon dernier concept clé.



La somme de ces 3 concepts m'a permis de définir une équation de recherche spécifique à mon questionnement. Cette dernière étant:

- ( ( mental imagery or mental practice or motor imagery or mental imagery in sport) AND (anterior cruciate ligament reconstruction OR anterior cruciate ligament rupture OR anterior cruciate ligament OR anterior cruciate ligament rehabilitation) ) AND ( dancers or dance )

- (mental imagery or mental practice or motor imagery or mental imagery in sport) AND (anterior cruciate ligament reconstruction OR anterior cruciate ligament rupture OR anterior cruciate ligament OR anterior cruciate ligament rehabilitation OR knee injuries OR knee injury rehabilitation)

A l'aide de ces équations, j'ai interrogé 3 bases de données, en mars 2022, qui sont Pubmed, SportDiscuss et Cochrane. Dans la première, j'ai obtenu 27 résultats, dans la seconde 112 résultats, et dans la dernière 23 résultats ce qui me donne 162 références.

J'ai, par la suite, procédé au screening de mes articles. Mes critères d'inclusion étaient l'imagerie mentale, le genou, le LCA, la danse, et les blessures. Les critères d'exclusion étaient entre autres l'arthrose de genou, les enfants, les autres articulations, la psychothérapie, la réalité virtuelle, l'entraînement neuromusculaire et les résumés de conférences. Ce qui me permettait d'inclure les articles dont le sujet était les blessures traumatiques du genou, chez des personnes adultes, la pratique d'imagerie mentale et ces effets bénéfiques.

Après la lecture des titres et résumés, j'ai pu exclure 118 articles, ce qui m'amène à 44 articles. Après la lecture des articles en entier, je me retrouve avec 22 articles soit 22 exclus (Figure 6).

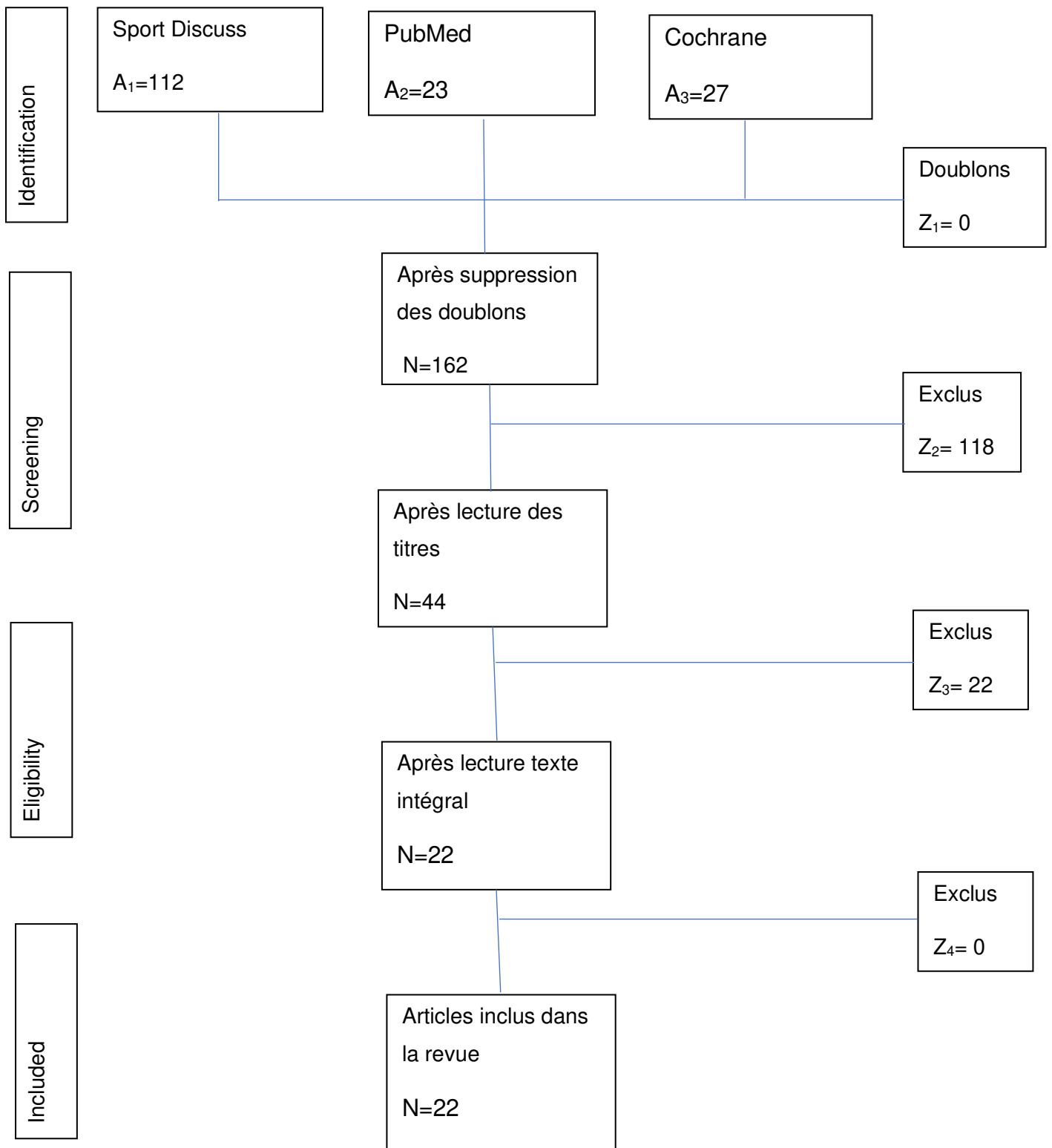


Figure 5- Diagramme de sélection des articles

## III.2. Protocole

### III.2.1. Problématique et hypothèses

J'ai décidé de réaliser un protocole d'étude sur les bénéfices de l'imagerie mentale en rééducation chez les danseurs contemporains professionnels après une reconstruction ligamentaire du croisé antérieur.

Notre hypothèse générale est que l'imagerie mentale pendant la rééducation, permettrait un retour au sport plus fonctionnel. Pour démontrer cela nous émettons quatre hypothèses opérationnelles :

- L'imagerie mentale serait à l'origine d'une augmentation du contrôle neuromoteur.
- Elle permettrait de diminuer la fatigue mentale, autrement dit, lors de la reprise du sport, les danseurs gèreraient mieux la fatigue mentale.
- Dans la même optique, elle permettrait de diminuer l'anxiété.
- Nous pensons également qu'elle augmenterait de manière significative la force musculaire, des principaux muscles mis en cause, c'est-à-dire, le quadriceps, les ischio-jambiers, et le moyen fessier.

### III.2. 2. Objectifs

Notre objectif primaire est que l'imagerie mentale permettrait un retour au sport avec un genou plus fonctionnel.

Nos objectifs secondaires sont que l'imagerie mentale permettrait de diminuer l'anxiété, d'obtenir une meilleure gestion de la fatigue mentale, de développer une plus grande force musculaire et pour finir d'avoir un meilleur contrôle neuromoteur.

### III.2.3. Type d'étude

Nous allons réaliser un essai contrôlé randomisé. Autrement dit, nous allons comparer les bénéfices de l'imagerie mentale à l'aide d'un groupe contrôle et d'un groupe expérimental. L'étude ne débutera qu'à partir de la phase 3 de rééducation, donc à J45 post-opératoire. Nous avons fait le choix de faire notre étude à la phase 3 de la rééducation, soit à 6 semaines post-opératoire, car c'est à cette période que l'imagerie mentale est la plus efficiente (cf III.2.5).

Les patients commenceront l'étude à J-45 post-opératoire. L'intervention sera réalisée entre J-45 et J-90, elle durera donc 45 jours. Le suivi débutera dès le début de notre intervention soit à J-45 post-opératoire et continuera quant à lui jusqu'à 1 an post-opératoire.

Nous avons décidé de suivre les patients pendant 1 an car c'est durant cette période qu'il y a plus de récurrence (Fontenay, 2014).

#### III.2. 4. Lieu de l'étude et recrutement

L'étude se déroulera dans un centre de rééducation du sport, également spécialisé dans la prise en charge des danseurs à Lyon.

Pour le recrutement des patients nous procéderons avec différentes étapes. Tout d'abord, nous allons mettre des affiches de renseignement dans le centre de rééducation partenaire de Lyon. Nous allons en plus, envoyer des mails d'informations via les centres de formation des danseurs. Cette première étape nous permettra de recruter un large public.

Dans un second temps, nous allons voir si les patients recrutés sont éligibles à l'étude à l'aide de nos critères d'inclusion et d'exclusion. Evidemment nous aurons préalablement demandé l'accord auprès d'un CPP, ainsi qu'à la CNIL et à un CE.

Pour finir nous informerons lors d'un entretien les patients éligibles au protocole, et nous leur ferons signer un consentement éclairé (Cf annexe V).

#### III.2.5. Durée de l'étude

L'étude durera 11 mois. Nous allons commencer à suivre les patients dès la 3<sup>ème</sup> phase de leur rééducation, autrement dit, à partir du 45<sup>ème</sup> jour de la rééducation. La prise en charge se poursuivra jusqu'au 90<sup>ème</sup> jour de rééducation pour que notre prise en charge s'étale sur toute la période de réathlétisation. Le suivi continuera jusqu'à un an post-opératoire, car c'est en moyenne le délai de retour au sport en compétition.

Nous avons fait le choix de débiter notre étude à partir de J45, soit 6 semaines après l'opération, car des études précédentes ont démontré que l'efficacité maximale de l'imagerie mentale en rééducation s'observait à 6 semaines post-opératoire. En effet, dans leur étude Maddison et al. (2012) montre qu'on retrouve, chez les patients ayant

eu des séances d'imagerie mentale, une baisse de dopamine et de noradrénaline significative à partir de la deuxième semaine mais que cette baisse est maximale à partir de la sixième semaine post-opératoire. Cette dernière est entre autres à l'origine d'une diminution du niveau de stress et d'une diminution de la laxité du genou. De plus, notre étude s'intéresse au retour au sport, or à partir de cette troisième phase, selon les protocoles en vigueur il n'y a plus de limitation articulaire et musculaire, ce qui permet de commencer un travail plus spécifique.

### III.2.6. Financement

Les kinésithérapeutes qui réalisent les séances seront payer de la même manière que les prises en soin classique. C'est-à-dire par le patient, qui sera lui-même rembourser à postériori par la caisse d'assurance maladie et par sa mutuelle. Il est important de rappeler, qu'avec 3 séances de rééducation par semaine, nous allons probablement dépasser les 40 séances de rééducation autorisée par le référentiel de l'HAS. Il nous faudra donc réaliser une demande d'accord préalable.

Les kinésithérapeutes qui réalisent la prise de mesure seront également payer de manière habituelle. Autrement dit, ils factureront un bilan classique AMS 10,5. Pour rappel, il est convenu de réaliser un bilan à la première séance, à la 31<sup>ème</sup> séance puis toutes les 20 séances.

Notre protocole nécessite l'utilisation d'une machine d'isocinétisme qui sera fournie par le centre.

Les patients participent de manière volontaire à l'étude et ne sont donc pas rémunéré.

Les patients devront réaliser à domicile des exercices, comprenant des séances de vélo d'appartement. Pour les patients n'ayant pas accès à un vélo d'appartement, l'organisme menant l'étude s'engagera à en prêter un.

### III.2.7. Population

#### III.2.7.1. Critères d'inclusion, de non-inclusion et d'exclusion

Les critères d'inclusions seront :

- Patient ayant subi une reconstruction du LCA peu importe l'opération.

- Première blessure au niveau du genou.
- Blessure lors d'un mouvement de danse.
- Age compris entre 18 et 40 ans. Nous souhaitons cibler des patients majeurs, et l'âge moyen de retraite d'un danseur est de 40 ans. (Julhe & Bourneton-Soulé, 2018).
- Danseur contemporain professionnel.
- Une bonne maîtrise de la langue française. Autrement dit, un niveau B2 minimum exigé.

Les critères de non-inclusions seront :

- Moins de 18 ans ou plus de 40 ans. Nous avons se fait ce choix car à partir de 40 ans la majorité des danseurs ne sont plus professionnel. De plus, nous avons fait le choix de nous concentrer sur une population majeure.
- Autres pathologies traumatiques en cours.
- Antécédents de blessures aux genoux.
- Pratique non professionnel.
- Danseurs pratiquant majoritairement un autre style de danse que le contemporain.
- Participation à une autre étude.
- Non signature du consentement éclairé

Les critères d'exclusion seront :

- Le non-respect du protocole de rééducation.
- L'arrêt de la participation à l'étude.
- La non-réalisation des exercices à domicile.
- Patient présentant une autre pathologie.

### III.2.7. 2. Effectif

Les précédentes études qui étudiaient l'effet de l'imagerie mentale dans une rééducation à la suite d'une reconstruction ligamentaire, tel que celle de Cederstrom et al., (2021) (n=106) , Lebon et al., (2012) (n=12), Cederstom et al., (2018) (n=106), Wityrouw, (2021) (n=70), avait un effectif de 100 patients en moyenne.

Nous souhaitons un risque alpha de 5%, une puissance de 80%, avec une méthode d'échantillonnage bilatérale.

### III.2.7.3. Randomisation

Nous allons procéder à une randomisation pour affecter les patients aléatoirement dans les groupes. Cette randomisation va se faire à l'aide d'un logiciel RandoWeb. Grâce à cette randomisation les groupes seront comparables et nous évitons un biais de sélection (Tableau IV).

Tableau IV - Tableau de comparaison des groupes

Caractéristiques	Groupe	n	Moyenne	Médiane
<b>Sexe</b>	Contrôle	$n_{\text{homme}} =$ $n_{\text{femme}} =$	$\mu_{\text{homme}} =$ $\mu_{\text{femme}} =$	$m_{\text{homme}} =$ $m_{\text{femme}} =$
	Expérimental			
<b>Age</b>	Contrôle			
	Expérimental			
<b>Nombre d'année de danse</b>	Contrôle			
	Expérimental			

Dans ce tableau :

- n = effectif
- $\mu$  = moyenne
- m = médiane

### III.2. 8. Intervention

Nous allons étudier deux groupes distincts. Préalablement à la réalisation du protocole chaque participant va réaliser la version française du mouvement imagery questionnaire. Ce questionnaire va permettre d'évaluer les capacités d'imagerie visuelle et proprioceptive de chaque patient. (Voir annexe IV)

### III.2.8.1. Groupe contrôle

Ce premier groupe est le groupe contrôle. Ce groupe va réaliser la rééducation dite classique pour cette phase (J45-90). Nous retrouverons lors de cette phase principalement un travail musculaire et fonctionnel. Plus précisément le renforcement s'intensifie et nous rentrons dans une phase de travail en force, avec des charges proches de la charge maximale (RM), pour développer la force maximale. Parallèlement dans cette phase nous débutons le travail d'explosivité, en venant dans un premier temps travailler la puissance.

Le travail musculaire consiste en :

- Un travail quadriceps CCF et/ou CCO avec pesanteur et en charge en secteur protégé (90-45°), en ajoutant progressivement des résistances se rapprochant de la charge maximale
- Un travail des IJ en CCO contre résistance (adapté à la technique)
- Un travail du triceps en charge
- Un travail des muscles hanche et tronc

Nous allons donc réaliser des circuits d'exercices variable d'une semaine à l'autre. Les exercices utilisés seront :

- Des squats en charge avec une barre de musculation, des squats sautés, des split squat
- Des fentes, pouvant être sautées pour un circuit cardio
- Des séries d'extension sur un banc à quadriceps
- Des séries en procubitus sur le banc à quadriceps
- Des ponts fessiers dynamique sur swiss ball
- Des hip trust
- Des Deadlifts
- Des déplacements latéraux en position de flexion
- Du gainage facial et latéral

Le travail fonctionnel consiste en un travail spécifique de l'activité. Autrement dit, son but est de retrouver de la qualité dans les mouvements. Les exercices utilisés seront :

- Du trampoline avec déséquilibre (déséquilibre interne et externe),



- Des changements de direction
- Des sauts

Les techniques utilisées seront :

- Des séries de travail en force en charge sous-maximale avec une RM à 80%
- Des séries de travail en contraste de charge pour développer la puissance
- Des séries d'exercices à faible résistance, avec une demande de contrôle neuro-moteur importante
- Du travail spécifique pliométrique

Les séances de rééducations seront réalisées au centre trois fois par semaine, les lundis, mercredis et vendredis et dureront 30 minutes. Le patient devra également réaliser des exercices à domicile :

- Les mardis et jeudis le patient devra réaliser 1 heure de vélo d'appartement avec un programme de fractionné.
- Le samedi le patient devra réaliser 30 minutes de vélo en échauffement puis un programme d'exercices composé de :
  - 4 séries de 12 squats
  - 4 séries de 12 lateral step up pour un travail du moyen fessier
  - 4 séries de 10 flexion-extension, en pont fessier sur un swiss ball
  - 4 séries de 12 monté sur la pointe de pied sur une marche
  - 3 séries de gainage maintenu 1 minute sur chaque face (ventral, dorsal et latérales)

Pour éviter les biais, nous allons détailler les exercices de chaque séance. Pour rappel nous avons 3 séances par semaine, de 30 minutes, et cela pendant 6 semaines (45 jours). Chaque séance débute avec 10 minutes d'échauffement sur vélo.

- **Semaine 1 :**
  - **Lundi (jour 1) :**

- **Travail en Force** : Chaque exercice est réalisé avec une charge correspondant à 80% de la RM
  - 4 séries de 5 squats avec le dernier squat de chaque série maintenu 30 secondes, un repos de 2 minutes entre chaque série
  - 4 séries de 5 extensions au banc à quadriceps, un repos de 2 minutes
  - 4 séries de 5 fentes un repos de 2 min
  
- **Travail de contrôle neuro-moteur** :
  - 3 séries de 10 flexions-extensions, en pont fessier, jambes sur un swiss bawl, repos de 30 secondes
  - 5 séries de réception unipodale de saut latéraux avec résistance élastique
  
- **Travail global du membre inférieur** : Chaque exercice est réalisé avec une charge correspondante à 50% de la RM
  - 3 séries de 10 montée-descente sur la pointe des pieds sur un step,
  - 3 séries de 10 de lateral step up sur box
  
- **Travail fonctionnel** :
  - 5 séries de 1 minute de travail avant sur l'échelle de rythme
  - 5 minutes de proprioception sur bosu®, avec déséquilibre externe (du thérapeute) et interne (mouvement du patient)
  
- **Mercredi (jour 2)** :
  - **Travail en Force** : Chaque exercice est réalisé avec une charge correspondant à 80% de la RM, avec 2 minutes de repos entre les séries
    - 4 séries de 5 flexions au banc à quadriceps
    - 4 séries de 5 hip thrust
    - 4 séries de 5 Dead lift

- **Travail de contrôle neuro-moteur :**
  - 3 séries de 30 secondes de maintien unipodaux avec une résistance élastique valgisante, repos de 30 secondes
  
- **Travail global du membre inférieur :** Chaque exercice est réalisé avec une charge correspondante à 50% de la RM
  - 3 séries de 10 abductions avec résistance élastique
  - 3 séries d'un circuit de renforcement, avec 30 secondes d'exercices, 5 secondes de repos entre les exercices et 1 minute de repos entre les séries, qui se composent de : la chaise, squat sauté, aller-retour en fente
  - 3 séries de gainage maintenu 1 minute sur chaque face (ventral, dorsal et latérales)
  
- **Travail fonctionnel :**
  - 5 séries de 1 minutes de drop jump sur step
  - Un circuit training répété 5 fois, qui se compose de : 30 secondes de chaise, d'une course avant dans l'échelle de rythme, d'un saut pied joint sur un step, de 3 burpees
  
- **Vendredi (jour 3) :**
  - **Travail en Force :** Chaque exercice est réalisé avec une charge correspondant à 80% de la RM, avec 2 minutes de repos entre les séries
    - 4 séries de 5 split squats
    - 4 séries de 5 extensions sur banc à quadriceps
    - 4 séries de 5 extensions sur presse
  
  - **Travail de contrôle neuro-moteur :**
    - 3 séries de 10 single Dead lift avec un ballon lesté, avec 30 secondes de repos entre les séries
    - 3 séries de 1 minute de lateral step up, avec un temps de repos de 30 secondes

- **Travail global du membre inférieur** : Chaque exercice est réalisé avec une charge correspondante à 50% de la RM
  - 3 séries de 1 minute de step up
  - 3 séries de 10 montée-descente sur la pointe des pieds sur un step
  
- **Travail fonctionnel** :
  - 5 minutes de monté de genou
  - 5 minutes de talon fesse

La composition des 3 jours de rééducation sera similaire sur les 45 jours (6 semaines de rééducation). Nous chercherons en revanche à augmenter la difficulté des exercices au cours des semaines.

- **Semaine 2** : Nous allons augmenter la charge, de 10% avec une barre de musculation et/ou des poids.
  
- **Semaine 3** : Nous allons augmenter le nombre de répétitions de chaque exercice, de 2 répétitions.
  
- **Semaine 4** : Nous allons encore augmenter la charge de 10%.
  - Le travail fonctionnel fait sur bosu® le lundi passe sur trampoline.
  - Les drop jump évolue en non-countermovement jump (NCMJ) vertical jump.
  
- **Semaine 5** : Nous allons débiter le travail de contraste de charge dans la partie force pour un gain d'explosivité. Ce travail consiste à enchaîner un exercice de force avec une RM à 80% avec un exercice dynamique de transfert d'énergie sollicitant le même groupe musculaire.
  - Dans la partie fonctionnel le travail avant sur l'échelle de rythme devient su travail latéral.
  
- **Semaine 6** : Nous allons une dernière fois augmenter la charge de 10%.

- Les NCMJ vertical jump évolue en coutermovement jump (CMJ) vertical jump.
- Le circuit training du mercredi est remplacé par ce circuit training : 30 secondes de chaise, d'une course dans l'échelle de rythme, d'un saut pied joint sur un step, d'un saut pied joint sur un trampoline, d'un saut unipodale jambe opérée sur le sol, de 3 burpees
- Les exercices fonctionnels du vendredi sont remplacés par ce circuit training, répété 5 fois : 3 sauts unipodaux, course latérale sur l'échelle de rythme, 3 sauts pied joint-pied écarté, 1 saut sur le trampoline avec réception sur 1 pied, 1 saut sur le sol avec réception sur l'autre pied.
- Le vendredi nous rajoutons dans la partie fonctionnelle, en plus du circuit training, 5 séries de 4 sauts successifs unipodaux sur 4 bosu®

### III.2.8.2. Groupe expérimental

Le deuxième groupe est le groupe expérimental. Ce groupe réalisera également la rééducation classique mais il aura en plus des séances d'imagerie mentale.

La rééducation classique se déroulera de la même manière que pour le groupe contrôle. C'est-à-dire au centre à raison de trois séances de 30 minutes par semaine, les lundis, mercredis et vendredis. Les séries d'exercices selon les semaines seront les mêmes pour les deux groupes. Les séances d'imagerie mentale seront réalisées à la suite de la rééducation et dureront 30 minutes. Le groupe expérimental aura donc trois séances de 1h par semaine.

Lors des séances d'imagerie mentale, le patient s'imaginera en train de faire le mouvement. C'est-à-dire qu'il se verra faire le mouvement, comme s'il était spectateur de la scène. Les mouvements imaginés seront répartis en quatre groupes (Cf annexe III) :

- Mouvement de torsion : Le pas de bourrée en tournant, le détourné
- Les sauts : le fouetté sauté en attitude, le sissonne, le grand jeté
- Les tours : Tour piqué relevé, le tour chaise
- Le mouvement lésant : Il correspond au mouvement par lequel le patient c'est blessé

Chaque séance le patient imagine un groupe de mouvement (les sauts, ou les tours, ou les torsions) ainsi que le mouvement lésant.

Un mouvement d'un groupe va être imaginé 30 fois. Plus précisément le patient imagine 3 séries de 10 mouvements. Entre chacune des séries il prendra une pause de 1 minute. A la fin de ces 3 séries, le patient change de mouvement au sein du groupe et reprend 3 nouvelles séries de 10 mouvements. Entre chaque changement de mouvement au sein d'un même groupe le patient prend 5 minutes de pause.

Chaque jour nous changeons de groupe de mouvement imaginé. Le premier jour de chaque semaine le mouvement imaginé sera celui de torsion. Le deuxième jour, ce sera celui de saut. Pour finir, le troisième jour le mouvement imaginé sera celui des tours. Pour rappel chaque jour, le mouvement lésant est imaginé.

Par exemple, nous sommes lundi (jour 1), le patient doit donc imaginer les mouvements de torsion et le mouvement lésant. Il commence donc par le premier des mouvements de torsion, c'est-à-dire le pas de bourrée en tournant. Il réalise une première série de 10 pas de bourrée en tournant, puis il prend 1 minute de pause. Ensuite il repart pour une 2<sup>ème</sup> série, à la suite de laquelle il reprend 1 minute de pause, puis une 3<sup>ème</sup> série. Ensuite il peut passer au second mouvement, autrement dit le détourné. Il prend donc 5 minutes de pause puis attaque le second mouvement. De même que pour le premier mouvement, il imagine 10 détourné puis prend 1 minute de pause. Il attaque ensuite sa 2<sup>ème</sup> série, puis sa 3<sup>ème</sup> série. Après avoir imaginé les 2 mouvements du groupe mouvement de torsion (le pas de bourrée en tournant et le détourné), il peut passer au mouvement lésant. De la même manière, après avoir pris 5 minutes de pause il doit imaginer par série de 10 le mouvement par lequel il s'est blessé.

### III.2. 9. Critères de jugements

#### III.2.9.1. Primaire

Pour rappel notre objectif primaire est que l'imagerie mentale permettrait un retour au sport avec un genou plus fonctionnel. Pour évaluer cela notre premier critère de jugement sera le score au K-star.

Le K-star est un test fonctionnel avec un résultat sur 21 points, qui évalue la capacité de retour au sport. Plus le score est élevé, meilleur est le résultat au test. Plus

précisément, il contient 7 items chacun côté sur 3 points (Blakeney et al., 2018). Cf partie III.2.10.2 pour le détail du test.

### III.2. 9. 2. Secondaire

Nos objectifs secondaires sont que l'imagerie mentale, permettrait de diminuer l'anxiété, d'obtenir une meilleure gestion de la fatigue mentale, de développer une plus grande force musculaire et pour finir d'avoir un meilleur contrôle neuromoteur.

Pour évaluer cela nous allons utiliser un test de force pour appréhender l'augmentation de la force. Certains items du K-star vont nous permettre d'évaluer l'anxiété et le contrôle neuromoteur. En effet, le ACL-RSI est un questionnaire compris dans le K-star qui estime le degré d'anxiété. Les Hope test sont également des tests réalisés dans le K-star qui vont nous permettre de mesurer le contrôle neuromoteur. Pour finir, la fatigue mentale sera évaluée grâce une comparaison de l'exécution d'un geste technique avant et après l'induction d'une fatigue mentale (Oswald, 2021).

### III.2.10. Mesures

#### III.2.10.1. Date des prises de mesures

Nous allons réaliser plusieurs mesures à des dates différentes (Figure 6). Nous allons, au début de notre intervention, évaluer nos critères de jugement secondaire. C'est-à-dire, l'ACL-RSI, la mesure de force au test isocinétique, la mesure de force au dynamomètre, et la mesure de la fatigue mentale. Nous ré-évaluerons ces quatre critères de jugement secondaire à la fin de notre intervention pour voir s'ils ont évolué et pour les comparer entre nos deux groupes. Nous allons également mesurer à la fin de notre intervention le score au K-star. Pour rappel c'est un test de retour au sport, qui est notre critère de jugement principal. Cette mesure nous permettra une comparaison entre nos deux groupes. Elle nous permettra donc de voir si l'imagerie

mentale à un impact. Pour finir, nous ré-évaluerons notre K-star à 1an, ce qui nous permettra de voir si le potentiel bénéfique de l'imagerie mentale perdure dans le temps.

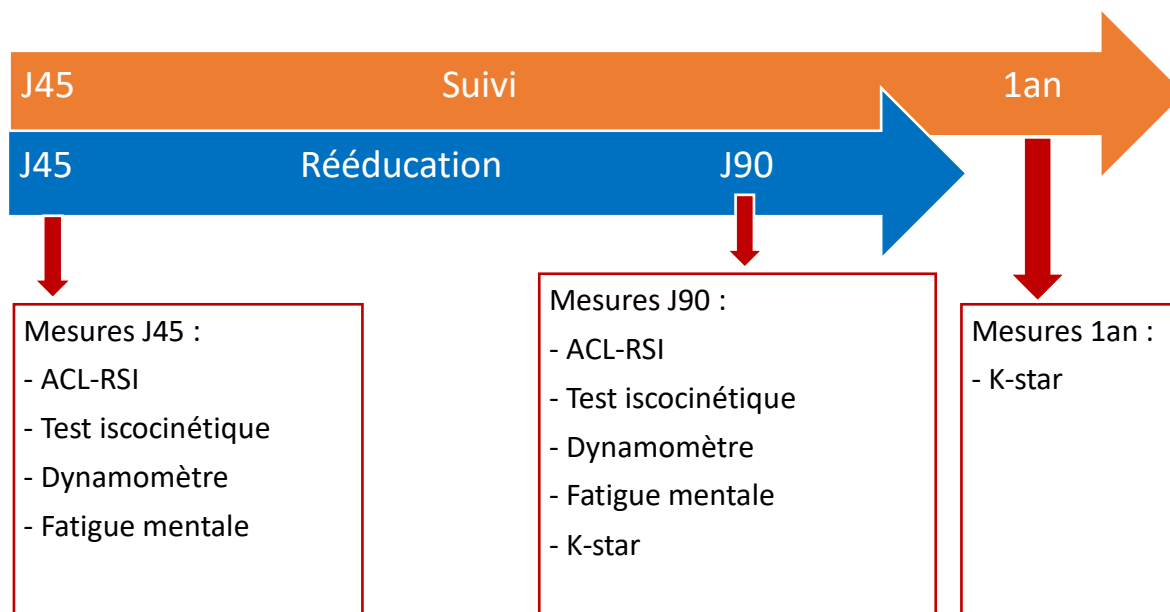


Figure 6 - Diagramme du déroulement du protocole

### III.2.10.2. Critère de jugement primaire

Le K-star sera fait en fin de prise en charge à J90 et à 1 an post-opératoire. La mesure permettra donc une comparaison entre les 2 groupes.

Le K-star se compose de 7 étapes. Chaque étape est notée sur 3 points, ce qui donne un score global de 21 points pour le K-star, plus le score est élevé, meilleur est le résultat. Il a été décrit par Blakeney et al., (2018).

Ce test permet d'aborder 7 paramètres essentiels pour un retour au sport fonctionnel :

- L'évaluation de la force du quadriceps pendant un mouvant fonctionnel
- L'évaluation de la capacité pliométrique dans l'axe
- L'évaluation de l'explosivité et de l'endurance
- La capacité pliométrique hors axe
- L'évaluation de l'état psychologique
- La qualité de réception d'un saut
- La vitesse et changement de direction



La première étape qui compose le K-star est le Hope Test. Ce dernier est en réalité 4 petits tests.

- Le single Hop test : le patient doit réaliser un saut le plus loin possible sur la même jambe.
- Le triple hop test : le patient réalise 3 sauts successifs le plus loin possible sur la même jambe.
- Le side-hop test : le patient réalise des sauts latéraux de 30cm pendant 30 secondes.
- Le cross-over test : sur une distance de 6 mètres, le patient doit faire plusieurs sauts de part et d'autre d'une ligne avec la même jambe.

Chacun de ces 4 tests est fait sur chaque jambe. Une première fois avec la jambe non opérée puis une seconde fois avec la jambe opérée. Préalablement une explication est donnée et le patient peut réaliser un premier essai.

Pour calculer les résultats nous utilisons une caméra et un logiciel de traitement vidéo. Cela permet de générer un indice de symétrie des membres ou LSI (limb symmetry index) pour chaque test. Selon Catto et al., (2019) le LSI doit être entre 80% et 100%. Un LSI moyen de plus de 90% donne 3 points, un LSI entre 80 et 90% donne 2 points, un LSI de moins de 80% donne 1 point, et si la douleur empêche la réalisation nous obtenons 0 point. Nous obtenons donc un score allant de 0 à 3 pour chacun des 4 test soit un score total sur 12 points pour le Hope test.

La cinquième étape, est la réalisation de L'ACL-RSI (annexe II). C'est un questionnaire fournit au patient avec des points (0 à 3) à attribuer selon le résultat au questionnaire. Nous attribuerons 3 points pour un résultat supérieur à 76%, 2 points pour un résultat entre 63 et 76%, 1 point pour un résultat entre 55 et 63% et 0 point pour un résultat inférieur à 55%.

La sixième étape consiste en la réalisation du Single-Leg Landing. Ce test est un atterrissage unipodal d'un saut en hauteur (sur une box). Nous attribuerons de 0 à 3 points en fonction de la stratégie de réception. Le patient a 0 point s'il a une stratégie appropriée et 1 point par mouvement inapproprié. Pour le test, les patients qui

obtiennent 0 point nous leur attribuons un score de 3, ceux qui obtiennent 1 point auront un score de 2, pour 2 points un score de 1 et pour 3 points un score de 0.

La septième étape est la réalisation du Modified Illinois Test. Ce test permet d'évaluer les changements de direction, pour attribuer un score nous allons nous baser sur le temps mis pour réaliser le test. Un temps moyen de moins de 12.5 secondes donne 3 points, un temps entre 12.5 et 13.5 secondes donne 2 points, un temps de plus de 13.5 secondes donne 1 point et si la douleur ou autre empêche la réalisation 0 point est attribué.

Pour finir, nous retrouvons dans le K-star le Dynamic Valgus Penalty. C'est une pénalité de – 3 points si dans l'un des tests nous observons un patient avec un valgus dynamique.

Nous obtenons donc le résultat moyen au K-star dans les 2 groupes.

### III.2.10. 3. Critères de jugement secondaire

Pour rappel, nous avons 4 critères de jugement secondaire qui sont :

- La diminution de l'anxiété lors du retour au sport
- Une meilleure gestion de la fatigue mentale
- L'augmentation de la force musculaire
- Un meilleur contrôle neuromoteur

Pour mesurer la diminution de l'anxiété nous allons utiliser le questionnaire ACL-RSI qui est présent dans le K-star. Ce questionnaire sera donné en début de suivi donc à J45 et fin de suivi à J90. Le score au questionnaire nous permettra donc de mesurer l'évolution de l'anxiété dans le temps, ainsi que la potentielle différence d'évolution entre les 2 groupes.

La mesure de la fatigue mentale va se faire par une comparaison de l'exécution d'un geste technique avant et après l'induction d'une fatigue mentale. Autrement dit, nous allons tester 2 gestes techniques, le fouetté sauté en attitude et le tour piqué relevé (Cf annexe III). Nous allons tester ces 2 mouvements une première fois, puis nous allons induire une fatigue mentale, et pour finir nous testerons de nouveau les 2 mouvements. Pour induire une fatigue mentale, les études récentes ont montré qu'une tâche stroop de 30 minutes induit efficacement une fatigue mentale chez les sportifs

de haut niveau. La tâche stroop, consiste à faire lire au patient une liste de couleur écrit dans des couleurs différentes. Par exemple, lire le mot « vert » qui écrit avec une encre bleue. (Oswald, 2021). Ces mesures seront faites en début et en fin de rééducation (J45 et 90) dans les 2 groupes.

Nous mesurerons la différence pré et post-test de l'exécution des mouvements selon 3 critères. C'est-à-dire qu'après le mouvement le patient obtient un score sur 3 points. Pour le fouetté sauté en attitude, les critères sont :

- Une réception sans valgus dynamique donne 1 point
- L'axe du fouetté est de 180° donne 1 point
- Une impulsion suffisante donne 1 point

Pour le tour piqué relevé, les critères sont :

- Une réception sans valgus dynamique donne 1 point
- Un bassin horizontal dans le tour donne 1 point
- Un spotting<sup>1</sup> de qualité donne un 1 point

Pour mesurer l'augmentation de la force musculaire, nous allons utiliser un test isocinétique pour les IJ et le quadriceps. Pour faire ce test nous allons utiliser une machine d'isocinétisme. Dans son étude, Guerrier et al. (2018), détaille les étapes du test isocinétique. Le patient débutera par un échauffement de 10 minutes sur un cycloergomètre. Puis 3 tests seront réalisés en isocinétique :

- Mesure de la force concentrique du quadriceps et IJ à une vitesse 60°/s
- Mesure de la force concentrique du quadriceps et IJ à vitesse de 240°/s
- Mesure de la force excentrique des IJ à une vitesse de 30°/s

Toujours d'après Guerrier et al. (2018), le patient sera installé de manière spécifique. Les hanches doivent être fléchies à 90°, les cuisses dépassent de 2 travers de doigts du siège, le tronc est sanglé contre le dossier, le patient se tient aux poignées de part et d'autre du siège. Le dynamomètre isocinétique est placé sur l'épicondyle latéral du

---

<sup>1</sup> Le Spotting ou repérage en français, est une technique de danse qui consiste à fixer le plus longtemps possible pendant un tour un point, puis de réaliser rapidement un mouvement de 360° de la tête pour refixer ce point.

fémur. Les mesures se feront sur la jambe saine et sur la jambe opérée. Avant chaque test nous réaliserons un échauffement spécifique pour que le patient puisse se familiariser avec l'attendu. Suite à l'échauffement le patient a un temps de repos de 30 secondes, puis il réalise le test. Pour finir, après chaque test il a un temps de repos de 1 minute.

Ces 3 tests nous permettent d'avoir 4 ratios pour chaque jambe et donc un comparatif entre les deux jambes.

- Ratio concentrique F/E à vitesse lente (60°/s)
- Ratio concentrique F/E à vitesse rapide (240°/s)
- Ratio mixte IJ (excentrique) / Q (concentrique) : Norme > 0.9
- Ratio fonctionnel IJ (excentrique) / Q (concentrique 240°/s) : Norme = 1.1

(Guerrier et al., 2018)

Pour nos résultats finaux nous utiliserons seulement le ratio fonctionnel. Nous obtiendrons le pourcentage de différence entre les 2 jambes pour le ratio fonctionnel, pour chacun des groupes.

Pour la force du moyen fessier nous allons la mesurer à l'aide d'un dynamomètre. Le dynamomètre va nous permettre de mesurer la force statique développée par le moyen fessier. En effet c'est dans cette composante que son travail sera important pour prévenir les lésions du LCA, en contrôlant les mouvements du bassin. Nous utiliserons le dynamomètre de pression dont la fiabilité et l'utilisation ont été décrites par Thorborg et al., (2013). Il mesure la pression appliquée entre le dynamomètre et la jambe du patient.

Pour se faire, le patient est en décubitus dorsal, sur une table d'examen, et il se tient à la table pour se stabiliser. Le dynamomètre est placé 5cm au-dessus de la malléole latérale. Le patient réalise une contraction volontaire maximale et statique du moyen fessier. Pour cela l'examineur lui demande « d'essayer d'emmener la jambe vers l'extérieur », et il applique une résistance à l'aide du dynamomètre pour que la jambe reste statique. Nous demandons au patient de réaliser au préalable une contraction volontaire sous-maximale, avec une résistance manuelle du thérapeute, pour vérifier que le mouvement est correct. Puis le patient réalise 4 contractions maximales, maintenues 5 secondes, et espacées de 30 secondes. Nous retenons la meilleure des

quatre contractions réalisées Thorborg et al., (2013). Ces mesures seront faites en début et en fin de rééducation (J45 et 90).

L'augmentation du contrôle neuromoteur est un des paramètres évalués dans le K-star, en particulier dans le Hope test. Nous allons donc utiliser le résultat spécifique sur 12 points des Hope test.

### III.2. 11. Biais

Le premier biais auquel nous sommes confrontés est le biais de sélection. Il se retrouve pendant le recrutement des patients, et entraîne des groupes non-comparables. Pour contrôler ce biais nous utilisons la randomisation qui consiste, à l'aide d'un logiciel, à affecter les patients de manière aléatoire dans des groupes comparables.

Ce biais peut également se retrouver pendant l'analyse des données de l'étude, si des patients non-observants sont exclus de l'analyse. Cela créerait un sous-groupe de patients observants. Pour palier cela notre analyse se fera en intention de traiter.

Le deuxième biais de notre étude serait un biais de mesure. En effet, dans notre protocole il est impossible de réaliser une intervention en double aveugle. Autrement dit, les patients et les praticiens savent qu'ils pratiquent des séances d'imagerie mentale. En revanche, la rééducation dite « classique » sera réalisée indépendamment par des praticiens qui n'ont pas connaissance de l'affectation des groupes. L'étude se réalise donc en simple aveugle. Pour limiter ce biais, l'analyse des résultats se fera via une évaluation en insu, ce qui signifie que les personnes qui classent et analysent les résultats n'ont pas connaissance des affectations.

### III.3. Statistiques

Nous allons utiliser le test de Shapiro-Wilk, pour savoir si les données suivent une distribution normale. Ce test nous permet de savoir si nous allons pouvoir utiliser un test paramétrique ou non. En effet, si nos données suivent une distribution normale, alors nous pouvons utiliser un test paramétrique. Dans le cas contraire, il faudra utiliser un test non-paramétrique. L'avantage des tests paramétriques est qu'ils sont plus puissants.

Nous avons donc deux hypothèses :

- H0 : La distribution est normale
- H1 : La distribution n'est pas normale

L'homogénéité des variances sera également test par le test de Fisher. Pour cela nous avons donc nos deux hypothèses :

- H0 : La distribution est homogène
- H1 : La distribution n'est pas homogène

### III.3.1. Statistiques descriptives

Notre analyse descriptive va nous permettre de résumer nos résultats via des paramètres mathématiques descriptifs. Nous aurons :

- La moyenne =  $m = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$
- La médiane = est le résultat qui divise notre série résultat en deux parties égales
- Variance =  $S^2 = \frac{\sum(x_i - m)^2}{n}$
- Ecart type =  $S_m = \sqrt{S^2} \rightarrow$  Ecart type de la moyenne =  $SEM = \frac{S}{\sqrt{n}}$

### III.3.2. Statistiques inférentielles

Analyse statistique avec un risque alpha, de premier ordre de 5%. C'est-à-dire que nous avons 5% de chance de conclure à une différence alors qu'il n'y a pas de différence entre les 2 groupes. L'IC de la moyenne, sera donc à 95%, c'est-à-dire que notre moyenne à 95% de chance de se trouver dans cet intervalle :  $M = m \pm 1.96 S_m$

Notre test statistique nous permettra soit d'accepter H0 donc conclure que  $m_1 = m_2$ , autrement dit qu'il n'y a pas de différence entre nos 2 groupes. Soit de rejeter H0 et donc d'accepter H1 et conclure que  $m_1 \neq m_2$ , autrement dit qu'il y a une différence significative entre nos 2 groupes.

Notre variable étudiée est la moyenne des scores obtenus au K-star dans les 2 groupes. Nous sommes donc face à une variable quantitative, discrète et

indépendante. Préalablement, nous aurons vérifié la normalité et l'homogénéité de la distribution des données.

Si nos données suivent une distribution normale et sont homogènes alors nous utiliserons le test de T-Student indépendant qui est un test paramétrique. Si nos données suivent la loi normale mais ne sont pas homogènes alors nous utiliserons le test de Student de Welch, qui est un test paramétrique mais non homogène.

Si nos données ne suivent pas une distribution normale alors nous utiliserons le test de Wilcoxon-Mann-Whitney, qui est un test non paramétrique. Nous allons utiliser le test pour des données indépendantes.

## IV. Résultats

### IV.1. Présentation des résultats

Pour recueillir nos résultats nous allons utiliser un tableur puis représenter chaque critère de jugement sous forme d'un tableau. (Tableau V et VI). Dans les tableaux nous retrouvons, le critère étudié, et la valeur du score correspondant pour chaque patient, à chacune des dates de prise de mesures.

Tableau V – Exemple de tableau de recueillement des résultats pour le critère de jugement principal

Patient	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	...
Score au K-star	J90:	J90:	J90:	J90:	J90:	J90:	J90:	J90:	J90:	
	1an:	1an:	1an:	1an:	1an:	1an:	1an:	1an:	1an:	

Tableau VI – Exemple de tableau de recueillement des résultats pour les critères de jugement secondaire

Patient	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	...
Score à l'ACL-RSI	J45:	J45:	J45:	J45:	J45:	J45:	J45:	J45:	J45:	
	J90:	J90:	J90:	J90:	J90:	J90:	J90:	J90:	J90:	
Test de force	J45:	J45:	J45:	J45:	J45:	J45:	J45:	J45:	J45:	
	J90:	J90:	J90:	J90:	J90:	J90:	J90:	J90:	J90:	

<b>Fatigue mentale</b>	J45:	J45:	J45:	J45:	J45:	J45:	J45:	J45:	J45:	
	J90:	J90:	J90:	J90:	J90:	J90:	J90:	J90:	J90:	
<b>Hope test</b>	J90:	J90:	J90:	J90:	J90:	J90:	J90:	J90:	J90:	
	1an:	1an:	1an:	1an:	1an:	1an:	1an:	1an:	1an:	

Ensuite, nous allons présenter les paramètres mathématiques de nos résultats sous forme de tableaux (Tableaux VII et VIII). Dans ces tableaux sont utilisées les abréviations suivantes :

- Groupe contrôle = GC
- Groupe expérimentale = GE
- Isocinétique = I
- Dynamomètre = D
- Médiane = Med
- Variance = Var

Tableau VII -Présentation des résultats du critère de jugement principal

	<b>1ère mesure</b>				<b>2ème mesure</b>			
	Moyenne	Med	Var	Ecart type	Moyenne	Med	Var	Ecart type
<b>GC</b>								
<b>GE</b>								

Tableau VIII -Tableau de présentation des résultats des critères de jugement secondaire

		<b>1ère mesure</b>				<b>2ème mesure</b>			
		Moyenne	Med	Var	Ecart type	Moyenne	Med	Var	Ecart type
<b>ACL- RSI</b>	GC								
	GE								



<b>Test de force</b>	GC	I: D:	I: D:	I: D:	I: D:	I: D:	I: D:	I: D:	I: D:
	GE	I: D:	I: D:	I: D:	I: D:	I: D:	I: D:	I: D:	I: D:
<b>Fatigue mentale</b>	GC								
	GE								
<b>Hope test</b>	GC								
	GE								

## V. Conflit d'intérêt

Nous déclarons n'avoir aucun conflit d'intérêt.

## VI. Discussion

Notre étude a pour but d'étudier les bénéfices de l'imagerie mentale en rééducation après reconstruction ligamentaire chez des danseurs contemporains professionnels. Ma problématique consistait à déterminer si l'imagerie mentale pouvait être un moyen de rééducation innovant après une reconstruction ligamentaire chez le danseur contemporain professionnel.

Un des premiers essais contrôlés randomisés, Lebon et al.,(2012), prouve que l'imagerie mentale associée à la rééducation classique, suite à une reconstruction ligamentaire, permet d'augmenter l'activation musculaire. En 2015 Wilczyńska et al., étudient l'effet de l'imagerie mentale, chez des patients ayant subi une arthroscopie, sur la force musculaire, la douleur et la mobilité. Ils en concluent que l'imagerie mentale apporterait un réel bénéfice, mais qu'une évaluation plus approfondie serait nécessaire. Notre étude s'inscrit dans cette optique, et approfondi l'étude de l'imagerie mentale en rééducation. Pour approfondir ces hypothèses nous avons fait le choix d'étudier dans un premier temps une population entraînée à cette pratique.

Par la suite Rodriguez et al., (2019) ont étudié l'impact psychologique de l'imagerie mentale. Ils ont alors démontré qu'il existait des preuves de grade A et B prouvant que l'imagerie mentale, en association avec de la rééducation classique, diminuait la détresse psychologique. C'est pourquoi notre étude se concentre sur l'utilisation de l'imagerie mentale post-reconstruction ligamentaire. En effet, à la suite d'une reconstruction du LCA, nous savons que le retour au sport est entre autres conditionné par l'appréhension du geste technique et d'une nouvelle blessure. Or nous avons également vu que seulement 44% des athlètes retrouvaient un niveau de compétition (Rodriguez et al., 2019). Ce delta est la conséquence de plusieurs facteurs dont l'anxiété. C'est pour cela qu'étudier l'apport d'imagerie mentale dans la rééducation post-reconstruction ligamentaire, chez des sportifs de haut niveau comme des danseurs, pourrait permettre de faire avancer les pratiques de rééducation sportive et les rendre plus efficaces.

Pour finir, en 2021, une revue de la littérature est réalisée par Pastora-Bernal et al, dont le but était de faire le point sur l'utilisation de l'imagerie mentale en rééducation post-reconstruction ligamentaire. Ils ont conclu qu'il n'y avait pas de preuve suffisante sur l'efficacité de l'imagerie mentale en rééducation sur les facteurs psychologiques et sur les amplitudes. Selon eux, les résultats des études étaient trop inégaux. Ils ont tout de même conclu à une recommandation de niveau faible-moderé pour l'activation musculaire et les facteurs neurobiologiques. Ils concluent que des études de plus grande puissance doivent être réalisées. Ces études de forte puissance sont en cours de réalisation, et à ce jour les résultats n'ont pas encore été publiés.

Notre étude serait par conséquent un complément à ces études de forte puissance en cours de réalisation. Sa force est de s'intéresser à une population moins importante mais plus entraînée à cette pratique. En effet, même si réduire la population entraîne une étude d'une puissance plus faible, cela permet de mieux appréhender le fonctionnement de l'imagerie mentale en rééducation. Autrement dit, les dernières études sur le sujet, tel que l'étude de Wityrouw, (2021), étudie la population générale, or comme le souligne Schott et al., (2013) un niveau minimal de capacité d'imagerie est un critère d'inclusion pour les protocoles d'imagerie en rééducation.

Pour rappel, notre critère de jugement principal, le K-star est un test fonctionnel qui aborde l'aspect neuromoteur du genou. Au vu des dernières études, nous pouvons nous attendre à des résultats positifs concernant ce critère. En ce qui concerne nos critères de jugement secondaire la supposition est moins tranchée. En effet, nous pouvons espérer que le développement de la force musculaire et l'amélioration du contrôle neuromoteur seront positifs. Cependant, la diminution de l'anxiété et la gestion de la fatigue mentale sont des paramètres qui ont donné des résultats plus nuancés lors des études précédentes.

Dans le cas où nous n'avons pas pu conclure à une différence significative, cela signifie que l'imagerie mentale ne semble pas apporter de différence dans la rééducation. Nous devons alors nous demander pourquoi nos résultats n'ont pas permis de conclure à une différence.

Il existe plusieurs raisons qui pourraient expliquer ce manque de différence. Tout d'abord la population de l'étude est faible ce qui entraîne une faible puissance d'étude. Dans ce cas, il serait intéressant de refaire une deuxième étude avec une population plus importante pour augmenter la puissance de l'étude. Pour cela, nous pourrions élargir le style de danse, par exemple au classique. En effet, notre population de danseur professionnel serait alors plus importante.

Deuxièmement, dans notre étude nous avons fait le choix d'utiliser l'imagerie mentale visuelle externe. Cela signifie que le danseur se voit faire le mouvement, il en est le spectateur. Nous avons fait le choix de cette modalité car selon Cumming & Williams, (2013), la perspective de la troisième personne apportait certain bénéfice. En effet, le patient peut moduler l'image dans différents plans. Callow & Roberts, (2010), ont montré que cette modulation d'angle apportée par l'imagerie kinesthésique externe serait à développer dans les recherches futures. De plus, comme l'ont démontré Hardy & Callow, (1999) l'imagerie visuelle externe est supérieure à l'imagerie visuelle interne pour l'acquisition de tâche morphocinétique. Autrement dit, l'imagerie visuelle externe trouve son rôle pour des séquence de mouvement où la précision est essentielle (Robin, 2018). Cependant l'imagerie visuelle interne, où le patient est lui-même protagoniste apporte d'autres avantages qui pourraient en partie expliquer le manque de résultats dans notre population. Robin (2018) nous apprend que l'imagerie visuelle interne présente un intérêt, pour des actions où l'environnement joue un rôle important et demande donc de forte capacité de planification. De plus, l'imagerie proprioceptive

est elle aussi intéressante en rééducation. En effet, de nombreuses études ont démontré l'intérêt de cette pratique dans des disciplines telles que le patinage artistique ou encore la gymnastique. Robin, (2018) précise qu'elle serait intéressante pour des mouvements nécessitant une bonne coordination intersegmentaire et où la temporalité est importante. Par ailleurs, l'imagerie proprioceptive montre des limites lorsque certains niveaux d'expertise sont atteints, c'est pour cela que nous avons fait le choix d'utiliser l'imagerie visuelle. (Robin, 2005)

Troisièmement, dans notre étude nous avons fait le choix d'inclure toutes les chirurgies du LCA. Nous savons d'après Xhardez (2021), qu'il existe différentes chirurgies et que chacune possède ces spécificités. D'une part le greffon utilisé n'est pas le même et la technique est également différente. Dans la rééducation, Dufour et Del Valle (2021) nous explique que cela a un impact. En effet, malgré un programme de rééducation classique il existe dans les premières phases certaines adaptations selon la chirurgie.

Dans le cas où nous avons pu conclure à une différence significative, cela signifie qu'apporter de l'imagerie mentale en rééducation modifie la récupération. Nous devons alors détailler cette modification. Autrement dit, dans quelle mesure l'imagerie mentale impacte-t-elle la rééducation ?

L'analyse des résultats de nos critères de jugement nous permettrait de répondre à cette question.

Si notre étude prouve une différence significative en faveur de l'imagerie mentale, alors cela signifie qu'elle permet un retour au sport plus fonctionnel. De plus, si les critères de jugement secondaire démontrent également une différence significative en faveur du groupe test, alors l'imagerie mentale, en rééducation, serait à l'origine d'une augmentation de la force musculaire, d'une augmentation du contrôle neuromoteur, d'une diminution de la fatigue mentale et d'une diminution de l'anxiété.

Cependant nous pouvons citer certaines limites à notre étude qui viendraient nuancer nos résultats. Premièrement, l'étude est réalisée sur une population entraînée à l'imagerie mentale donc plus réceptive à cette méthode. Or comme l'ont montré Goss et al., (1986), une population avec un potentiel d'imagerie élevé possède une acquisition des mouvements plus rapide à la suite d'une séance d'imagerie mentale. C'est pourquoi nous avons testé nos danseurs avec le questionnaire MIQ (the

movement imagery questionnaire), ce qui nous permet d'évaluer leur réceptivité à cette méthode.

La deuxième limite à aborder est la fatigue engendrée par la rééducation. En effet, les séances d'imagerie mentale sont faites à la suite des 30 minutes de rééducation hebdomadaire. Cependant, la rééducation entraîne une fatigue mentale et physique qui peut être à l'origine d'un biais de réalisation lors des séances d'imagerie mentale. Pour limiter ce biais nous aurions pu faire les séances d'imagerie mentale en dehors des séances de rééducation. Nous avons fait le choix de les réaliser à la suite car nous supposons que la rééducation entraîne principalement une fatigue physique, plutôt que mentale. De plus, il paraît intéressant que les patients travaillent à la suite d'un effort, car lors de la reprise de leur activité ils devront gérer leur fatigue.

La troisième limite est l'observance des patients à la rééducation. En effet, nous ne pouvons pas être sûr que les patients réalisent leurs exercices à domicile. Nous avons essayé de limiter ce biais en fournissant un vélo aux patients qui ne peuvent pas y avoir accès.

La quatrième et dernière limite de notre étude est le biais de mesure. Il apparaît car dans notre étude il est impossible de réaliser une vraie évaluation en double aveugle. Effectivement, les thérapeutes réalisant l'imagerie mentale connaissent l'attribution des patients au groupe expérimental.

Peu importe les résultats de cette étude, grâce à celle-ci nous mettons en évidence certaines problématiques en lien avec les blessures des ligaments croisés. Premièrement, nous avons démontré que les danseurs sont une population qui présente des manques dans la prévention, mais surtout dans la prise en charge des blessures. En effet, chez une population sportive à risque, la prévention n'occupe pas une place centrale dans leur parcours. De plus, même à la suite d'une blessure l'arrêt sportif est très compliqué de par le régime de l'intermittence.

Deuxièmement, notre étude a mis en lumière l'importance de la fatigue mentale dans le mécanisme de blessure. Dans la rééducation sportive ce principe n'est qu'au second plan. En effet, dans les protocoles de rééducation les recommandations abordent seulement le côté musculo-squelettique (Dufour et Del Valle, 2021 ; University of Delaware Physical Therapy, 2021 ; Fukuda et al., 2013 ; Mesfar & Shirazi-Adl, 2008). Nous pouvons faire l'hypothèse que la fatigue mentale est peu prise en compte car

elle est mal connue. En effet, les mécanismes à l'origine de cette dernière sont nombreux et complexes. Quant à son évaluation et sa prise en charge elles sont peu détaillées dans la littérature, au vue de la variabilité de ces mécanismes (Batson, 2013).

De plus, notre étude contribue à prouver que l'anxiété joue un rôle dans la rééducation. En effet, selon Rodriguez et al., (2019) pour 24% des patients c'est la peur de se blesser à nouveau qui empêche le retour au sport. L'article de Martin et al., (2013) va également en ce sens. Pour eux, la cause principale d'un échec de retour au sport quand une chirurgie est bien menée est d'ordre psychologique. En effet les patients appréhendent la récurrence, ainsi que le retour au sport.

Pour finir, notre étude amène de nouvelles perspectives. En effet, il serait intéressant de questionner l'utilisation de l'imagerie mentale pour la rééducation post-reconstruction ligamentaire d'une part chez d'autres sportifs, puis d'autre part dans la population générale. De plus, dans le podcast d'Estel Barrellon et Homat (2022), Raphaël Homat nous parle du stress chronique. Pour lui cela correspond au manque de hiérarchisation des menaces, par ce biais notre cerveau se conditionne à la peur. Selon lui, l'imagerie mentale permettrait de « *mettre de la lumière sur nos ressources* » (Raphaël Homat, 2022). En ce sens l'imagerie mentale pourrait être un outil supplémentaire dans la prise en soin des pathologie chronique, tel que la lombalgie chronique. En effet, elle permettrait de redonner confiance au patient et lui donnerai les clés pour gérer son stress dans une optique de prise en soin bio-psycho-social. Dans sa conférence, A.Guillot (2018) va même plus loin et nous apprend qu'il est possible via des exercices d'imagerie mentale de diminuer un stimulus douloureux.

Nous pourrions également nous demander si ce bénéfice pourrait être utilisé en prévention des lésions. Effectivement, si l'imagerie mentale augmente le contrôle neuromoteur, la force, diminue l'anxiété et la fatigue mentale elle pourrait jouer un rôle lors des entraînements et donc prévenir les blessures.

Ensuite, nous avons fait le choix de pratiquer les séances d'imagerie mentale en dehors des séances de rééducation classique, or il est possible de combiner imagerie mentale et rééducation. Autrement dit, pendant que le patient réalise les exercices il s'imagine en même temps faire le mouvement. Dans notre étude ce mode de pratique semblait moins pertinent car nous faisons imaginer les mouvements de danse, qui ne

sont pas spécifique à la rééducation. Pour autant il serait intéressant dans des études futures d'étudier l'effet de séances couplé d'imagerie mentale et de rééducation.

De plus, la multiplication des études sur le sujet permettrait de mieux appréhender l'utilisation de l'imagerie mentale en rééducation. En effet, c'est une technique très utilisée en sport, en particulier dans le haut niveau, mais les études sur le sujet ne sont que très récentes et de faible puissance. C'est pourquoi multiplier les études et les confronter permettrait de mieux comprendre les bénéfices de l'imagerie mentale et d'encadrer sa mise en place dans les cabinets.

Par ailleurs, notre étude remet également en question la prise en charge actuelle des patients à la suite d'une reconstruction ligamentaire du LCA. Effectivement, les recommandations actuelles s'intéressent à la récupération des capacités musculaires (force, puissance, explosivité), des amplitudes et du contrôle moteur du genou. Autrement dit, ce sont les conséquences de la blessure qui sont traitées. Cependant les causes de la blessure ne sont pas entièrement prises en considération. En effet, l'aspect psychologique n'est abordé que de manière succincte par des questionnaires dans les tests de retour au sport. Or nous savons que les facteurs de risques de lésion du LCA ne sont pas seulement mécaniques. Effectivement, la surcharge d'entraînement, la fatigue mentale, la pression du haut niveau sont autant de facteurs qui se surajoutent aux risques biomécaniques. Au vu des dernières avancées de la littérature, il serait donc important de prendre en compte dans notre rééducation ces aspects psycho-sociaux du sportif de haut niveau.

Enfin, ce travail de recherche m'a beaucoup apporté pour ma future profession. Il m'aura tout d'abord permis de mieux appréhender les enjeux de la rééducation post-reconstruction ligamentaire. Autrement dit, il m'aura permis de faire un point sur les connaissances actuelles et les manques dans la prise en soin de ces blessures, en particulier chez une population de sportif. De plus, il a favorisé la mise en lumière de l'utilisation de l'imagerie mentale en rééducation. Plus particulièrement, il m'a aidé à comprendre l'intérêt de cette pratique dans le champ de la kinésithérapie. Par conséquent, ces recherches m'ont confortée dans l'idée de l'intégrer dans ma pratique future, que ce soit via des formations complémentaires ou par un travail interprofessionnel avec des préparateurs mentaux.

D'un autre point de vue ce travail de recherche est venu finaliser l'apprentissage de la recherche bibliographique, mis en œuvre tout le long de notre cursus. Il va me permettre d'entrer dans la vie professionnelle avec un outil supplémentaire pour la formation continue et l'*Evidence Based Practice (EBP)*.

En conclusion mon mémoire de fin d'étude s'inscrit dans une optique de transition entre mes études et mon entrée dans le milieu professionnel.

## VII. Conclusion

Nous avons réalisé un protocole d'étude dont le but était d'étudier l'impact de l'imagerie mentale, dans une rééducation dite classique, à la suite d'une reconstruction ligamentaire. Notre protocole s'intéresse aux différents critères de retour au sport, en essayant d'en saisir tous les enjeux. En effet, nous prenons comme base le K-star, qui est actuellement le test de retour au sport de référence. Mais nous incluons aussi dans notre évaluation les autres facteurs mis en jeu lors de la reprise sportive. De plus, nous proposons d'étudier un moyen de rééducation innovant qui permet de répondre à une majorité des aspects de la prise en soin d'une rupture du ligament croisé. Tout cela en parallèle des études actuellement menées sur le sujet.

Notre travail de recherche nous a permis de mettre en avant les avancées dans le domaine de la rééducation du ligament croisé. Il nous a également permis de souligner l'émergence de l'imagerie mentale dans le domaine sportif, et même dans le milieu de la santé. Plus particulièrement, grâce à l'analyse de la littérature nous avons mis en évidence des points essentiels, tels que la pluralité des modalités de l'imagerie mentale et de leurs rôles. Ou encore la question de l'accompagnement médical des danseurs le long de leur carrière.

Ce mémoire, a donc démontré l'intérêt de poursuivre les études sur ce sujet. De plus, nous avons fait le choix de proposer un protocole de recherche qui pourrait donc, par la suite, être réalisé.



## Bibliographie

La bibliographie suit la norme APA (*American Psychological Association 7<sup>th</sup> edition*)

Baeck, J.-S., Kim, Y.-T., Seo, J.-H., Ryeom, H.-K., Lee, J., Choi, S.-M., Woo, M., Kim, W., Kim, J. G., & Chang, Y. (2012). Brain activation patterns of motor imagery reflect plastic changes associated with intensive shooting training. *Behavioural Brain Research*, *234*(1), 26-32. <https://doi.org/10.1016/j.bbr.2012.06.001>

Barnes, M. A., Krasnow, D., Tupling, S. J., & Thomas, M. (2000). Knee rotation in classical dancers during the grand plié. *Medical Problems of Performing Artists*, *15*(4), 140-147.

Batson, G. (2013). Exercise-Induced Central Fatigue A Review of the Literature with Implications for Dance Science Research. *Journal of Dance Medicine & Science*, *17*(2), 53-62.

Benjaminse, A., & Otten, E. (2011). ACL injury prevention, more effective with a different way of motor learning? *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, *19*(4), 622-627.

Blakeney, W. G., Ouanezar, H., Rogowski, I., Vigne, G., Guen, M. L., Fayard, J.-M., Thaunat, M., Chambat, P., & Sonnery-Cottet, B. (2018). Validation of a Composite Test for Assessment of Readiness for Return to Sports After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction : The K-STARTS Test. *Sports Health: A Multidisciplinary Approach*, *10*(6), 515-522.  
<https://doi.org/10.1177/1941738118786454>

Bohu, Y., Klouche, S., Lefevre, N., Gerometta, A., & Herman, S. (2014). Impact psychologique sur la reprise du sport après ligamentoplastie du LCAE du genou chez le patient sportif. *Journal de Traumatologie du Sport*, *31*(3), 166-170.  
<https://doi.org/10.1016/j.jts.2014.07.013>

Bronner, S., & Ojofeitini, S. (2006). Gender and Limb Differences in Healthy Elite Dancers : Passé Kinematics. *Journal of Motor Behavior*, *38*(1), 71-79.

Cadopi, M. (2005). La motricité du danseur : Approche cognitive. *Bulletin de psychologie*, Numéro 475(1), 29-37. <https://doi.org/10.3917/bupsy.475.0029>

Callow, N., & Roberts, R. (2010). Imagery research : An investigation of three issues. *Psychology of Sport and Exercise*, 11(4), 325-329.  
<https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2010.03.002>

Catto, J., Rambaud, A., & Lagniaux, F. (2019). *Les moyens d'évaluation validés du retour au sport après ligamentoplastie du LCA*. 606, 47-51.

Cederstrom et al. (2018). Motor Imagery to Facilitate Sensorimotor Relearning After ACL Injury. <https://clinicaltrials.gov/show/NCT03473821>.  
<https://www.cochranelibrary.com/central/doi/10.1002/central/CN-01567405/full>

Cederström, N., Granér, S., Nilsson, G., & Ageberg, E. (2021). Effect of motor imagery on enjoyment in knee-injury prevention and rehabilitation training : A randomized crossover study. *Journal of science and medicine in sport*, 24(3), 258-263. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2020.09.004>

Cederstrom, N., Graner, S., Nilsson, G., Dahan, R., & Ageberg, E. (2021). Motor Imagery to Facilitate Sensorimotor Re-Learning (MOTIFS) after traumatic knee injury : Study protocol for an adaptive randomized controlled trial. *Trials*, 22(1).  
<https://doi.org/10.1186/s13063-021-05713-8>

Chevallier, R., Klouche, S., Herman, S., Bohu, Y., Gerometta, A., & Lefevre, N. (2018). Reconstruction du LCA selon la technique du DT4-TLS : Quel est l'impact du type de vis d'interférence sur les résultats cliniques ? Étude prospective comparative chez 521 patients. *Revue de Chirurgie Orthopédique et Traumatologique*, 104(8, Supplement), S103.  
<https://doi.org/10.1016/j.rcot.2018.09.100>

Cumming, J., & Williams, S. E. (2013). Introducing the revised applied model of deliberate imagery use for sport, dance, exercise, and rehabilitation. / Proposition d'une version révisée du « modèle appliqué d'utilisation de l'imagerie ». Illustrations dans les domaines du sport, de l'exercice de la danse et de la rééducation. *Movement & Sport Sciences / Science & Motricité*, 82, 69-81.

Dr Perraudin (2022) *Quelle greffe pour la reconstruction du ligament croisé antérieur*. <https://www.docteurperraudin.com/ligament-croise-anterieur-greffes.html>

Dufour, M., & Del Valle, S. (2021). Méga Guide Pratique de kinésithérapie. Elsevier Masson.

Dumont, A., Kadel, N., Brunet, N., Colombié, J. B., Lewton Brain, P., & Couillandre, A. (2016). Danse et santé. *Science & Sports*, 31(4), 236-244.  
<https://doi.org/10.1016/j.scispo.2016.06.002>

Ely, F. O., Munroe-Chandler, K. J., O, J., & McCullagh, P. (2020). The practice of imagery : A review of 25 Years of applied sport imagery recommendations: Journal of Imagery Research in Sport and Physical Activity. *Journal of Imagery Research in Sport & Physical Activity*, 15(1), 1-18.

Estel Barrellon, & Homat, R. H. (2022, octobre). La préparation mentale (saison 2, épisode 6). <https://open.spotify.com/episode/5HzMYMrzffRmD49NPXraTA>

Fernandez, L. & Catteeuw, M. (2001). La recherche en psychologie clinique. Paris: Nathan.

Fontenay, B. P. de. (2014). *Récupération après reconstruction du ligament croisé antérieur et prévention des ruptures : Étude biomécanique d'un mouvement pluri-articulaire* [Phdthesis, Université Claude Bernard - Lyon I].  
<https://theses.hal.science/tel-01131351>

Fotaki, A., Triantafyllou, A., Papagiannis, G., Stasi, S., Georgios, P., Olga, S., Tsolakis, C. K., & Koulouvaris, P. (2021). The science of biomechanics can promote dancers' injury prevention strategies. *Physical Therapy Reviews*, 26(2), 94-101.  
<https://doi.org/10.1080/10833196.2020.1832707>

Fukuda, T. Y., Fingerhut, D., Moreira, V. C., Camarini, P. M. F., Scodeller, N. F., Duarte, A., Martinelli, M., & Bryk, F. F. (2013). Open kinetic chain exercises in a restricted range of motion after anterior cruciate ligament reconstruction : A randomized controlled clinical trial. *The American Journal of Sports Medicine*, 41(4), 788-794. <https://doi.org/10.1177/0363546513476482>

Germain-Thomas, P. (2012). Introduction. In *La danse contemporaine, une révolution réussie ?* (p. 7-13). Éditions de l'Attribut. <https://www.cairn.info/la-danse-contemporaine-une-revolution-reussie--9782916002224-p-7.htm>

Germain-Thomas, P. (2017). La transmission de l'héritage de la danse moderne allemande : Un apport essentiel pour le développement de la danse contemporaine en France. *Allemagne d'aujourd'hui*, 220(2), 90-100.  
<https://doi.org/10.3917/all.220.0090>

Gilbert, C. B., Gross, M. T., & Klug, K. B. (1998). Relationship between hip external rotation and turnout angle for the five classical ballet positions. *The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 27(5), 339-347.  
<https://doi.org/10.2519/jospt.1998.27.5.339>

Goss, S., Hall, C., Buckolz, E., & Fishburne, G. (1986). Imagery ability and the acquisition and retention of movements. *Memory & Cognition*, 14(6), 469-477.  
<https://doi.org/10.3758/BF03202518>

Guerrier, B., El-Hariri, B., Klouche, S., Lefevre, N., Herman, S., Raoul, T., Gerometta, A., & Bohu, Y. (2018). Évaluation fonctionnelle isocinétique et neuromusculaire du genou, retour au sport après reconstruction du ligament croisé antérieur. Étude prospective d'une cohorte de 234 sportifs au recul moyen de 6 mois. *Journal de Traumatologie du Sport*, 35(2), 82-91.  
<https://doi.org/10.1016/j.jts.2018.03.003>

Guillot, A. (2018, 20 octobre). L'imagerie mentale pour (re)muscler le cerveau et le corps. TED X, Clermont-Ferrand, Auvergne, France.  
[https://www.ted.com/talks/aymeric\\_guillot\\_l\\_imagerie\\_mentale\\_pour\\_re\\_muscler\\_le\\_cerveau\\_et\\_le\\_corps?language=fr](https://www.ted.com/talks/aymeric_guillot_l_imagerie_mentale_pour_re_muscler_le_cerveau_et_le_corps?language=fr)

Hamilton, W. G., Hamilton, L. H., Marshall, P., & Molnar, M. (1992). A profile of the musculoskeletal characteristics of elite professional ballet dancers. *The American Journal of Sports Medicine*, 20(3), 267-273.  
<https://doi.org/10.1177/036354659202000306>

Hardy, L., & Callow, N. (1999). Efficacy of External and Internal Visual Imagery Perspectives for the Enhancement of Performance on Tasks in Which Form Is Important. *Journal of Sport & Exercise Psychology*, 21, 95-112.  
<https://doi.org/10.1123/jsep.21.2.95>

HAS (2008) Prise en charge thérapeutique des lésions méniscales et des lésions isolées du ligament croisé antérieur du genou chez l'adulte. *Revue de Chirurgie Orthopédique et Réparatrice de l'Appareil Moteur*, 94(8), 787-791.  
<https://doi.org/10.1016/j.rco.2008.09.001>

HAS (2008) *Reeducation\_genou\_lca\_-\_synthese\_des\_recommandations.pdf*.  
[https://www.has-sante.fr/upload/docs/application/pdf/reeducation\\_genou\\_lca\\_-\\_synthese\\_des\\_recommandations.pdf](https://www.has-sante.fr/upload/docs/application/pdf/reeducation_genou_lca_-_synthese_des_recommandations.pdf)

Herrera, B. M., & Vargas, P. C. (2019). Benefits of Mental Practice in Sport Practice. / Beneficios de la práctica mental en la práctica deportiva. *Apunts: Educacion Fisica y Deportes*, 135, 82-99.

James, W. (1890). *The Principles Of Psychology Volume I* By William James (1890). *Princ. Psychol.*

Julhe, S., & Bourneton-Soulé, F. (2018). « Mis à la retraite à 42 ans ! ». Gestion du vieillissement des danseuses et danseurs dans les maisons d'opéra en France. *Sociétés contemporaines*, 112(4), 119-142.

<https://doi.org/10.3917/soco.112.0119>

Junck, E., Richardson, M., Dilgen, F., & Liederbach, M. (2017). A Retrospective Assessment of Return to Function in Dance After Physical Therapy for Common Dance Injuries. *Journal of Dance Medicine & Science*, 21(4), 156-167.

Kamina, P. (2017). *Anatomie Clinique : Vol. Tome 1 (4e éd.)*. Maloine.

Kim, H. Y., Kim, K. J., Yang, D. S., Jeung, S. W., Choi, H. G., & Choy, W. S. (2015). Screw-Home Movement of the Tibiofemoral Joint during Normal Gait : Three-Dimensional Analysis. *Clinics in Orthopedic Surgery*, 7(3), 303-309.

<https://doi.org/10.4055/cios.2015.7.3.303>

Krasnow, D., & Chatfield, S. J. (2009). Development of the "Performance Competence Evaluation Measure" : Assessing Qualitative Aspects of Dance Performance. *Journal of Dance Medicine & Science*, 13(4), 101-107.

Kulczycka, P., Larbi, A., Malghem, J., Thienpont, E., Vande Berg, B., & Lecouvet, F. (2015). Imagerie des plasties du LCA et de leurs complications. *Journal de Radiologie Diagnostique et Interventionnelle*, 96, S85-S94.

<https://doi.org/10.1016/j.jradio.2014.01.013>

Lebon, F., Guillot, A., & Collet, C. (2012). Increased muscle activation following motor imagery during the rehabilitation of the anterior cruciate ligament. *Applied psychophysiology and biofeedback*, 37(1), 45-51.

<https://doi.org/10.1007/s10484-011-9175-9>

Leroy-Malherbe, V. (2017). L'enrichissement de l'imagerie mentale comme invitation au développement de la cognition. *Motricité Cérébrale : Réadaptation*,

*Neurologie du Développement*, 38(1), 1-12.  
<https://doi.org/10.1016/j.motcer.2016.10.002>

Liederbach, M. (2010). Perspectives on Dance Science Rehabilitation Understanding Whole Body Mechanics and Four Key Principles of Motor Control as a Basis for Healthy Movement. *Journal of Dance Medicine & Science*, 14(3), 114-124.

Maddison, R., Prapavessis, H., Clatworthy, M., Hall, C., Foley, L., Harper, T., Cupal, D., & Brewer, B. (2012). Guided imagery to improve functional outcomes post-anterior cruciate ligament repair : Randomized-controlled pilot trial. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 22(6), 816-821.

Martin, R., Gard, S., Besson, C., & Ménétreay, J. (2013). Retour au sport après reconstruction du ligament croisé antérieur. *Rev Med Suisse*, 9, 1426-1431.

Mesfar, W., & Shirazi-Adl, A. (2008). Knee joint biomechanics in open-kinetic-chain flexion exercises. *Clinical Biomechanics*, 23(4), 477-482.  
<https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2007.11.016>

Ministère de la culture (2021). Chiffres clés en danse  
[https://www.culture.gouv.fr/Thematiques/Etudes-et-statistiques/Statistiques-culturelles/Donnees-statistiques-par-domaine\\_Cultural-statistics-databases/Danse](https://www.culture.gouv.fr/Thematiques/Etudes-et-statistiques/Statistiques-culturelles/Donnees-statistiques-par-domaine_Cultural-statistics-databases/Danse)

Monsma, E., Mensch, J., & Farroll, J. (2009). Keeping Your Head in the Game : Sport-Specific Imagery and Anxiety Among Injured Athletes. *Journal of Athletic Training (National Athletic Trainers' Association)*, 44(4), 410-417.

Moukarzel, M., Di Rienzo, F., Lahoud, J., Hoyek, F., Collet, C., Guillot, A., & Hoyek, N. (2019). The therapeutic role of motor imagery during the acute phase after total knee arthroplasty : A pilot study. *Disability and rehabilitation*, 41(8), 926-933.  
<https://doi.org/10.1080/09638288.2017.1419289>

Murgia, C. (2013). Overuse, Tissue Fatigue, and Injuries. *Journal of Dance Medicine & Science*, 17(3), 92-100.

Nigmatullina, Y., Hellyer, P. J., Nachev, P., Sharp, D. J., & Seemungal, B. M. (2015). The Neuroanatomical Correlates of Training-Related Perceptuo-Reflex Uncoupling in Dancers. *Cerebral Cortex*, 25(2), 554-562.  
<https://doi.org/10.1093/cercor/bht266>

OSWALD, V. (2021). *La fatigue mentale affecte-elle la performance technique chez le sportif ? Une revue systématique*. Victor OSWALD. Consulté 24 octobre 2022, à l'adresse <https://www.kinesport.fr/blog/la-fatigue-mentale>

PASCUAL-LEONE Alvaro, Nguyet DANG, Leonardo G. COHEN, Joaquim P. BRASIL-NETO, Angel CAMMAROTA, & Mark HALLETT 1995 « Modulation of muscle responses evoked by transcranial magnetic stimulation during the acquisition of new fine motor skills », *Journal of Neurophysiology* 74(3): 1037-1044.  
DOI : 10.1152/jn.1995.74.3.1037

Pastora-Bernal, J. M., Estebanez-Pérez, M. J., Lucena-Anton, D., García-López, F. J., Bort-Carballo, A., & Martín-Valero, R. (2021). The Effectiveness and Recommendation of Motor Imagery Techniques for Rehabilitation after Anterior Cruciate Ligament Reconstruction : A Systematic Review. *Journal of Clinical Medicine*, 10(3), 428. <https://doi.org/10.3390/jcm10030428>

Robin, N. IMAGERIE MENTALE ET PERFORMANCE MOTRICE. (2005). [Thèse]. Université de Poitiers.

Robin, N. (2018). Effets différenciés des pratiques en imagerie visuelle et proprioceptive sur la reproduction de configurations angulaires simples sur un mannequin. *Staps*, 120(2), 83-97. <https://doi.org/10.3917/sta.120.0083>

Rodriguez, R. M., Marroquin, A., & Cosby, N. (2019). Reducing Fear of Reinjury and Pain Perception in Athletes With First-Time Anterior Cruciate Ligament Reconstructions by Implementing Imagery Training. *Journal of Sport Rehabilitation*, 28(4), 385-389. <https://doi.org/10.1123/jsr.2017-0056>

Santarpia, A., Blanchet, A., Poinso, R., Lambert, J.-F., Mininni, G., & Thizon-Vidal, S. (2008). Évaluer la vivacité des images mentales dans différentes populations françaises. *Pratiques Psychologiques*, 14(3), 421-441.  
<https://doi.org/10.1016/j.prps.2007.11.001>

Sarafrazi, S., Abdulah, R. T. B., & Amiri-Khorasani, M. (2012). Kinematic analysis of hip and knee angles during landing after imagery in female athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(9), 2356-2363.  
<https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31823db094>

Schott, N., Frenkel, M. O., Korbus, H., & Francis, K. L. (2013). Mental practice in orthopedic rehabilitation : Where, what, and how? A case report. / *Pratique*

mentale et réadaptation orthopédique : Où, quoi et comment? Une étude de cas. *Movement & Sport Sciences / Science & Motricité*, 82, 93-103.

Tamalet, B., & Rochcongar, P. (2016). Épidémiologie et prévention de la rupture du ligament croisé antérieur du genou. *Revue du Rhumatisme Monographies*, 83(2), 103-107. <https://doi.org/10.1016/j.monrhu.2016.01.004>

Thorborg, K., Bandholm, T., Schick, M., Jensen, J., & Hölmich, P. (2013). Hip strength assessment using handheld dynamometry is subject to intertester bias when testers are of different sex and strength. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 23(4), 487-493. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2011.01405.x>

*University of Delaware Physical Therapy (2021) UDPT-ACL-Rehab-Guideline-REVISED.pdf. <https://bpb-us-w2.wpmucdn.com/sites.udel.edu/dist/c/3448/files/2016/01/UDPT-ACL-Rehab-Guideline-REVISED.pdf>*

Vaganova, A. (2012). *Basic Principles of Classical Ballet*. Courier Corporation.

Wilczyńska, D., Łysak, A., & Podczarska-Głowacka, M. (2015). Imagery use in rehabilitation after the knee joint arthroscopy. *Baltic Journal of Health & Physical Activity*, 7(4), 93-101.

Wityrouw (2021). Motor Imagery After Reconstruction of the Anterior Cruciate Ligament. <https://clinicaltrials.gov/show/NCT05168033>.  
<https://www.cochranelibrary.com/central/doi/10.1002/central/CN-02355415/full>

Xhardez, Y. (2021). *Vade-mecum de kinésithérapie et rééducation fonctionnelle (7e éd.)*. Maloine.

Yau, R. K., Golightly, Y. M., Richardson, D. B., Runfola, C. D., Waller, A. E., & Marshall, S. W. (2017). Potential Predictors of Injury Among Pre-Professional Ballet and Contemporary Dancers. *Journal of Dance Medicine & Science*, 21(2), 53-63.

Yong Woo An, Lobacz, A. D., Baumeister, J., Rose, W. C., Higginson, J. S., Rosen, J., & Swanik, C. « Buz ». (2019). Negative Emotion and Joint-Stiffness Regulation Strategies After Anterior Cruciate Ligament Injury. *Journal of Athletic Training (Allen Press)*, 54(12), 1269-1279.





# Annexes

Sommaire des annexes :

Annexe I – Tableau de synthèse de la revue la littérature

Annexe II – Questionnaire ACL-RSI

Annexe III – Mouvement de danse imaginé pendant l'imagerie mentale

Annexe IV – MIQ-R

Annexe V – Consentement éclairé

Annexe I : Tableau de synthèse revue de la littérature

Ref.	Details	Pop characteristics	Design / Intervention	Measure	Outcomes	Comments
Batson, 2013	<p>Exercise-Induced Central Fatigue A Review of the Literature with Implications for Dance Science Research</p> <p>Obj: This study reviews the literature on exercise-induced central fatigue and its impact on motor performance</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>→ conditions that may contribute to central fatigue</li> <li>→ Evidence supporting</li> </ul>	Dancers	Reviews of literature	<p>The role of exercise in mental fatigue</p> <p>The impact of mental fatigue on performance</p>	<p>Fatigue: A Confounding Construct</p> <p>Overview of Neurophysiology In CF</p> <p>Brain Stimulation and CF</p> <p>Perceived Effort</p> <p>CF with Submaximal Repetition</p> <p>Impact on Motor Control and Performance</p> <p>From Science to Studio Practice?</p>	

	possible training protocols designed to offset central fatigue					
Benjamins & Otten, 2011	ACL injury prevention, more effective with a different way of motor learning? Obj: highlight the issue of motor learning in relation to ACL injury prevention and to post suggestions for future research.	People at risk of ACL injury	Reviews of literature	- ACL injury prevention -Implicit versus explicit motor learning		
Bronner & Ojofeitini, 2006	Gender and Limb Differences in Healthy Elite Dancers: Passé Kinematics	Twelve healthy professional dancers (6 women and 6 men between the ages of 18 and 36 years)	<b><u>Comparative clinical trial</u></b> to determine whether there are kinematic differences	-Temporal Parameters = displacement trunk, hip, knee, ankle -tangential velocity profile of the gesture	- Gender differences - Laterality - Organization of movement	

	Obj: determine whether there are kinematic differences between genders or limbs in dancers performing a passé sequence	Exclusion criteria: history of lower extremity injury during the previous 6 months that caused them to stop dancing or any history of anterior cruciate ligament tear.	between genders or limbs in dancers performing a passé sequence Intervention: -a set of six consecutive passé movements with the right limb - rested 1min -a set of six consecutive passé sequences with the left limb. -2 times each series or 12 repetitions per limb -Series in tempo with a metronome	- Angular Displacement and Velocity of hip, knee and ankle		
Cederström et al., 2021	Effect of motor imagery on enjoyment in knee-injury	Athletes 18–35 years old, currently, or previously active in competitive	A randomized crossover study Intervention:	- Physical Activity Enjoyment Scale - The Self-Assessment Manikin	- Main outcome = the Physical Activity Enjoyment Scale (PACES).	

	<p>prevention and rehabilitation training: A randomized crossover study</p> <p>Obj: explore the effect of a MOTIFS intervention on enjoyment of physical activity, as well as other patient-reported outcomes.</p>	<p>basketball, floorball, soccer, and/or handball</p> <p>Exclusion criteria: any pain, injury, or problems hindering the ability to perform hop and/or directional change movements.</p> <p>N = 32 included and N = 30 participants</p>	<p>- 60-min testing = written and verbal information, informed consent, demographic information, a 2-min baseline pulse measurement , and a 5-min stationary bicycle warm-up.</p> <p>- Physical task = neuromuscular training → Four tasks = toe-raise, single-leg standing, and single-leg squat movements, and a complex task including a dynamic</p>	<p>- Borg's scale</p> <p>- Pulse data was collected via a Polar H10</p> <p>- Pulse data was collected via a Polar H10</p> <p>- Film from a front and side view during the toe-off movement</p>	<p>-Secondary outcomes = Self-Assessment Manikin (SAM; subscales Valence, Arousal, Dominance), Perceived exertion, pulse, duration, and movement quality.</p>	
--	--	---	---	--	---	--

			directional change movement (verbal instructions and were allowed 3 warm-up repetitions) -MOTIFs intervention			
Cederstrom et al., 2021	Motor Imagery to Facilitate Sensorimotor Re-Learning (MOTIFS) after traumatic knee injury: study protocol for an adaptive randomized controlled trial Obj: hat 12 weeks of rehabilitation with integrated dynamic motor imagery will improve patient-reported psychological	<b>Participants inclusion:</b> - Men and women 16 years or older - Traumatic knee injury with or without surgical intervention, and involving one or more knee structures - Currently undergoing physical therapist-supervised rehabilitation training - Active before the injury in recreational or competitive physical activity, with a goal of returning to physical activity N= 106	Adaptive randomized controlled trial 2 groups: -Control: 12 weeks of “care-as-usual” training = neuromuscular training practices in physical therapy settings - Experimental: Participating PTs that have been	- Patient-reported outcomes = ACL-RSI, KOOS, PACES, PSS, PEI, ROS, RM, TAS - Physical testing = SH (Number of completed hops), Hop test battery, POEs - Adherence = Self-report questionnaire, Physical therapist report - Adverse events= Self-report questionnaire - Exploratory outcomes = Phenomenological interview	- Primary outcomes = the ACL Return to Sport after Injury Scale and change in injured leg hop performance in a side hop task from baseline to 12 weeks. -Secondary outcomes = patient-reported outcomes and assessment of muscle function using a hop test battery and Postural Orientation Errors at 12-week follow-up.	



	<p>readiness to return to physical activity and objective muscle function to a greater extent than CaU rehabilitation. Secondary aims = examining the effect of rehabilitation with integrated DMI on patient-reported outcomes, performance in a hop battery, and postural orientation.</p>	<p><b>Physical therapist inclusion:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- At least 2 years' experience</li> <li>-Treat patients with a knee injury on a weekly basis</li> </ul>	<p>educated on the implementation of the MOTIFS model explain, individualize, and administer the intervention to participants during face-to-face rehabilitation training sessions either individually or in small groups + three face-to-face support visits by the SC with the patient and PT</p>			
<p>Cumming &amp; Williams, 2013</p>	<p>Introducing the revised applied model of deliberate imagery use for</p>	<p>No describe</p>	<p>Reviews of literature</p>			

	<p>sport, dance, exercise, and rehabilitation</p> <p>Obj : This article reviews literature on cognitive and motivational imagery use in the sport, exercise, dance, and rehabilitation domains and outlines a revised applied model of imagery use.</p>					
Ely et al., 2020	<p>The practice of imagery: a review of 25 Years of applied sport imagery recommendations</p> <p>Obj: explore the development of practical imagery recommendations in sport over</p>	<p>Empirical journal articles → n=500</p>	<p>Reviews of literature</p>	<p>Seven distinct general recommendations were found for imagery use in sport with a variety of specific recommendations intended for applied practice.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Explored imagery in sport, contained original data, and provided practical recommendations for imagery use in applied practice → n=94</li> <li>- determine general and specific recommendations</li> </ul>	

	the past 25 years.					
Herrera & Vargas, 2019	Benefits of Mental Practice in Sport Practice. / Beneficios de la práctica mental en la práctica deportiva Obj: The objective of this review is to provide an updated overview of the implications of MP in sport by analysing the variables mentioned above.	No describe	Reviews of literature The literature search was performed in the following databases: ERIC (E), SPORTDiscus (S), Academic Search Complete (A) and PubMed (P), which were checked from March to November 2017. → Compile the articles, the search was performed using the keywords, in English and Spanish = 11 390 studies	- Transcranial Activity - Strength Development - Pre-competitive Anxiety, Selfconfidence, concentration and Motivation - Sports Rehabilitation - PM, RMP or the Combination of Both (MP-RMP): Which is Better?		

			Screening → 59 study			
Junck et al., 2017	A Retrospective Assessment of Return to Function in Dance After Physical Therapy for Common Dance Injuries Obj : Determine functional outcomes in dancers after operative and non-operative treatment for common dance injuries	Dancers with musculoskeletal complaints Inclusion criteria: -More 18 y - Dancer - least one session of physical therapy - an injury common to dance  N= 164 dancers and 210 injury	A retrospective cross-sectional methodology  Intervention: Telephone interviews = confirmation of demographic and injury data + what level of dance they considered themselves to be before and after injury + how long it had taken to return to their current level of dance	-Questionnaires: The SF-12 + he modified WHO scale  -The “full dance” =percentage of their pre-injury level of dance  -The “percent return” = which they had returned after treatment  -Information about variables specific to each dancer and his or her treatment course	-A subjective assessment of the degree to which a dancer had returned to his or her previous level of dance  - Factors that may have contributed to poorer functional outcomes	-63% of our participants had a full or nearly full return to their preinjury level  -Poorer functional outcome, our results suggest that older age, injury chronicity, and limitation by fear may have contributed
Lebon et al., 2012	Increased Muscle Activation	12 volunteers (10 mens and 2 womens) 18-40 years	Randomised controlled trial	- Primary outcome → EMG	-Primary outcome = Muscle strength	- Classic rehab + IM → better

	<p>Following Motor Imagery During the Rehabilitation of the Anterior Cruciate Ligament</p> <p><u>Obj:</u> The therapeutic effects of MI on the activation of lower limb muscles, as well as on the time course of functional recovery and pain after surgery of the anterior cruciate ligament (ACL).</p>	<p>Inclusion criteria:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- successful arthroscopic ACL reconstructive Kenneth Jones-technique</li> <li>-No other acute lower extremity trauma</li> <li>-9 regular sporting competitive activity, from departmental to national level</li> </ul>	<p>Intervention:</p> <p>12 patients  → 2 groups:  IM group (N=7) and Control group (N=5)</p> <p>Begin program (28-34d) within a period of 7–12 days after surgery</p> <p>IM program = 12 sessions, 1 session of 15 min every 2d</p> <p>Classic program = Session of 30 min every 2d.</p>	<p>- Secondary outcome  → Pain = EVA  Lower Extremity Functional Scale  Anthropometric Measures</p>	<p>-Secondary outcome = Pain, and Motor Ability of Lower Limb</p>	<p>enhance muscle activation following ACL reconstructive surgery</p> <p>low number of participants  → distribution was not Gaussian, only non-parametric tests were performed.</p>
Liederbach, 2010	<p>Perspectives on Dance Science Rehabilitation Understanding Whole Body Mechanics and Four Key Principles of Motor Control as</p>	Dancers	Reviews of literature			

	<p>a Basis for Healthy Movement</p> <p><u>Obj:</u> Provide an update on the evaluation, treatment, and reconditioning of dancers during and following injury and offers some insights on injury prevention.</p>					
<p>Monsma et al., 2009</p>	<p>Keeping Your Head in the Game: Sport-Specific Imagery and Anxiety Among Injured Athletes. Journal of Athletic Training</p> <p><u>Obj:</u> (1) explore debilitating images used during rehabilitation, (2) examine athlete and</p>	<p>36 injured National Collegiate Athletic Association Division I collegiate athletes sustaining at least an 8-day practice suspension due to injury</p>	<p>Observational design</p> <p>Intervention: 1 = collected time 1 data as near to the date of injury as possible 2 = Time 2 data included a second administration of the SIQ, the Feelings</p>	<p>Demographics Form.</p> <p>Sport Imagery Questionnaire.</p> <p>Sport Anxiety Scale.</p> <p>Injury Description Form.</p> <p>Feelings About Returning to Practice or Competition Form.</p>	<p>Imagery Use Over the Course of Injury</p> <p>Relationship Between Imagery and Anxiety</p>	

	injury characteristics in relation to variations in imagery content and return-to-practice anxiety, (3) compare the frequency of imagery use early in injury rehabilitation with that just before return to practice, and (4) examine the relationship between image use and return-to-practice anxiety.		About Returning to Practice or Competition Form, and the SAS as near to the time of actual return to practice as possible → 15min			
Moukarzel et al., 2019	The therapeutic role of motor imagery during the acute phase after total knee arthroplasty: A pilot study.	Twenty volunteers (four men and 16 women) aged from 65 to 75 years participated in a block randomized controlled trial. end-stage knee osteoarthritis.	A pilot study 20 participants were randomly assigned to either a motor imagery	Measure physical and functional outcomes during the acute postoperative recovery in patients who underwent total knee arthroplasty With pre and post-test	-Knee pain: The Horizontal Visual Analog Scale -Knee range of motion: a standard long-arm goniometer -Quadriceps strength: Ipsilateral and	The present results provided indications that usual rehabilitation programs following total knee

	<p><u>Obj:</u> motor imagery can be included as an adjunct effective method into physical therapy programs</p>	<p>Surgery was performed by the same experienced orthopedist. He was blinded</p> <p>Exclusion criteria:          BMI &gt; 35          Uncontrolled blood pressure          Diabetes symptomatic          Osteoarthritis in the contralateral knee          Other lower extremity orthopedic problems          Neurological disorders          ...</p>	<p>or a control group immediately after they underwent surgery</p> <p>Randomization in permuted blocks with gender</p> <p>Each group included the same number of participants (n=10)</p> <p>Same standardized physical therapy protocol over 4 weeks, with three sessions per week.</p> <p>Imagery group:          Every session lasted one hour and included fifteen</p>		<p>contralateral quadriceps strength was measured during maximum voluntary isometric contraction, using a handheld dynamometer</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Knee girth</li> <li>-Timed Up and Go Test.</li> </ul>	<p>arthroplasty could benefit from motor imagery training, which mainly contributes to decrease pain and promote strength gains</p>
--	--	---	---	--	--	---



			minutes of motor imagery exercises			
Murgia, 2013	<p>Overuse, Tissue Fatigue, and Injuries</p> <p><u>Obj:</u> Give information physiologically and biomechanically based information about the causes, inter-relationships, and consequences of these fundamental premises in dance science</p>	Professional dancers	Review article	Measures the effect of overuse in dance on different body systems	<p>-Fatigue, and Related Factors in Bone Failure</p> <p>-Cartilage Fatigue, and Failure</p> <p>-Tendon and Ligament Fatigue, and Failure</p> <p>-Muscle Tissue Fatigue, and Failure</p> <p>-Neuromuscular Fatigue, and Impaired Sensorimotor Function</p>	This review has focused on the literature that provides evidence of relationships among overuse, fatigue, compromised function, and subsequent injury
Cederstrom et al., 2018	Motor Imagery to Facilitate Sensorimotor Relearning After ACL Injury (MOTIFS)	<p>106 participants.</p> <p>Inclusion criteria:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Men and women</li> <li>-Over the age of 16</li> <li>-Traumatic knee injury with or without surgical intervention</li> </ul>	<p>Clinical Trial</p> <p>Randomized by parallel Assignment in 2 groups:</p>	<p>1)Muscle function</p> <p>2)Patient-reported measures of psychological readiness to return to sport to a greater extent and with a</p>	<p>Primary Outcome measures:</p> <p>-Side Hop = Change in hop performance on the injured leg from baseline to 12 weeks,</p>	No Study Results Posted

	<p><u>Primary Hypothesis:</u> 12 weeks of neuromuscular training plus dynamic motor imagery will improve muscle function, measured by relative change in hop performance in the injured leg in side hop test, and patient-reported measures of psychological readiness to return to sport to a greater extent and with a quicker onset of recovery than neuromuscular training alone.</p>	<p>-Currently undergoing physical therapist-supervised rehabilitation + Stade of single-leg hop training -Active before the injury</p> <p>Exclusion Criteria: -Any degenerative knee disorder, or other disease or disorder overriding the knee injury -Have reached end-stage rehabilitation - Languages</p>	<p>-Group control: Neuromuscular Training -Experimental group: MOTOr Imagery to Facilitate Sensorimotor re-learning (MOTIFS) = neuromuscular training rehabilitation program with integrated dynamic motor imagery</p>	<p>quicker onset of recovery than neuromuscular training alone</p>	<p>expressed in number of hops completed -Anterior Cruciate Ligament Return to Sport After Injury Scale = 12 question self-reported outcome scale measuring readiness to return to sport.</p> <p>Secondary Outcome measures: -Test Battery to Assess Postural Orientation During Functional Tasks -Hop Test Battery -Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score -Rehabilitation Outcome Satisfaction -Perceived Stress Scale -Motivation -Physical Activity Enjoyment Scale -Patient Enablement Instrument</p>	
--	---	---	--	--	--	--

					<ul style="list-style-type: none"> <li>-Compliance to intervention in</li> <li>-Tegner Activity Scale</li> <li>-Phenomenological Interview</li> </ul>	
Pastora-Bernal et al., 2021	<p>The Effectiveness and Recommendation of Motor Imagery Techniques for Rehabilitation after Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Systematic Review</p> <p>Obj: 1) Investigate the effectiveness of MI-based interventions and their degree of recommendation to be implemented in clinical practice</p>	<p>Scientific databases: PubMed, Scopus, Web of Science (WOS), The Cochrane Library, and Physiotherapy Evidence Database (PEDro)</p> <p>6 study included</p> <p>Eligibility Criteria: Participants: Male and female subjects in any age category with an ACL injury to the knee, who required a reconstructive surgery; Intervention: Any intervention, synchronous or asynchronous, through the techniques included in the MI, with a</p>	<p>A Systematic Review</p> <p>Keywords --&gt; search equation --&gt; reading by 2 researchers</p> <p>Inclusions only of Randomized clinical trials (RCTs) and controlled clinical trials</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Perception of actual pain</li> <li>-Expected pain</li> <li>-Knee strength</li> <li>-Anxiety</li> <li>-Fear of re-injury</li> <li>-Function, self-efficacy, DLA</li> <li>-ROM</li> <li>-Muscle activation - EMG</li> <li>-Anthropometry</li> <li>-Knee laxity</li> <li>-Quality of life</li> <li>-Neurobiological factors</li> <li>-Time to remove external support</li> </ul>		

	<p>guidelines after ACL reconstruction</p> <p>2) Identify the different modalities of intervention within MI that can be used during the rehabilitation of the ACL, to identify changes in different variables with MI-based interventions, and to identify levels of evidence.</p>	<p>minimum duration of one week (more than three training sessions);</p> <p>Comparison: All trials were required to have a comparison group;</p> <p>Outcomes: Any clinical outcome, including measurements based on pain, strength, recovery time, fear of relapse, disability, or function (physical, social, or psychological), was analyzed.</p>				
Rodriguez et al., 2019	<p>Reducing Fear of Reinjury and Pain Perception in Athletes With First-Time Anterior Cruciate Ligament Reconstructions by Implementing Imagery Training</p>	<p>Terms Used to Guide Search Strategy:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•Patient group: ACLR patients</li> <li>•Intervention: Imagery in combination with standard physical therapy</li> <li>•Comparison: Only standard physical therapy</li> </ul>	<p>Review of literature</p>	<p>-Fear of reinjury</p> <p>-Pain perception</p>	<p>→ imagery can potentially reduce the fear of reinjury and pain in the ACLR population.</p>	

	<p>Obj: Determine if imagery training in combination with standard physical therapy is a suitable option to reduce the fear of reinjury and pain perception among first-time anterior cruciate ligament reconstruction (ACLR) patients.</p>	<p>•Outcomes: Reduce fear of reinjury and pain perception when returning to preinjury level of activity Sources of Evidence Searched: PubMed, EBSCOhost, The Cochrane Library via EBSCOhost, Google Scholar Inclusion Criteria: •ACL surgery study •Subjects with history of minimum of 1 surgery •Studies using imagery as an intervention •Studies investigating psychological factors affecting rehabilitation •Studies with at least 2B level of evidence and minimum of 5 on the PEDro scale •Studies within the last 15 years •English language Exclusion Criteria:</p>				
--	---	---	--	--	--	--

		<ul style="list-style-type: none"> <li>•Subjects with a history of bilateral knee surgeries</li> <li>•Participants with more than 1 reported ACLR</li> <li>•Studies investigating other interventions</li> </ul> <p>→ 4 studies were included</p>				
Sarafrazi et al., 2012	<p>Kinematic Analysis of Hip and Knee Angles During Landing after Imagery in Female Athletes</p> <p>Obj: Investigate the effect of imagery on knee and hip flexion angle during jump landing in women.</p>	<p>40 female athletes, played actively in sports such as basketball, handball, and volleyball, and they were free from any lower extremity injuries.</p> <p>→Preliminary Movement Imagery Questionnaire_Revised (=test for visual and kinesthetic ability)</p>	<p>Clinical trial</p> <p>2 groups: -<b>No imagery group</b>: 10 minutes of adequate warm-up→ practice 3 landing tasks → were taught the correct landing technique →performed 3 consecutive landing tasks.</p> <p>-<b>Imagery group</b>: 10</p>	<p>Measure with three digital video cameras + Peak Motus version 9 videographic data acquisition system = the three-dimensional figure of suitable and unsuitable landing</p>	<p>- Limb motion: Knee flexion and valgus angles and hip flexion angles</p>	<p>The findings of this study showed that imagery significantly (1) decreased knee valgus by 15.01% (2), increased knee flexion angle by 38.92%, and (3) increased hip flexion angle by 38.91%.</p>

			<p>minutes of adequate warm-up → practice 3 landing tasks → were taught the correct landing technique → were taught <b>imagery techniques to do the specific task</b> → performed 3 consecutive landing tasks.</p>			
<p>Wilczyńska et al., 2015</p>	<p>Imagery use in rehabilitation after the knee joint arthroscopy</p> <p>Obj: To assess the effectiveness of a classical therapeutic procedure supplemented with visualization in patients after</p>	<p>10 outpatient clinic patients after arthroscopy of knee joint. The patient's operations are sewing the medial meniscus, reconstructing the anterior cruciate ligament, the anterior cruciate ligament surgery, patellar luxation, and</p>	<p>Clinical trial</p> <p>During 3 consecutive weeks 2 groups: -Group 1 = classical rehabilitation only (exercises in open and close kinematic chains,</p>	<p><b>-Pain intensity:</b> Decreased in both groups, but it was lower in the experimental group <b>-Post operative limb flexion:</b> The range of mobility increases over time irrespective of the group. <b>-Postoperative limb circumference:</b> In the experimental group, taking visualization</p>	<p>Limb's circumferences The pain</p>	<p>The authors conclude that to provide the highest effectiveness in regaining pre-injury performance in the improvement process of a patient after the knee joint arthroscopy it is</p>

	<p>arthroscopy of the knee joint in improving the knee joint mobility, reducing pain and increasing body mass of the quadriceps muscle in the thigh</p>	<p>diagnosis of the articular cartilage.</p>	<p>isometric exercises, proprioception exercises, aqua gymnastics, mobilisation joint and massage)</p> <p>-Group 2 = the same rehabilitation + the addition of a method of perfecting physical skills through mental reproduction of postoperative limb movements. Visualization had a general, motivating, and kinaesthetic character.</p>	<p>into account, we observe a linear growth of the limb circumference with time, but it's not the case for the group 1 (group control). While in group 1 the limb circumference stabilises over time</p>		<p>recommended to use a visualization method with classical therapeutic approach.</p>
--	---	--	---	--	--	---



<p>Yau et al., 2017</p>	<p>Potential Predictors of Injury Among Pre-Professional Ballet and Contemporary Dancers</p> <p>Obj: 1. provide a descriptive epidemiology of the incidence of musculoskeletal injuries in an adolescent and young adult dance population and 2. identify parsimonious regression models that could be potentially used to predict injury incidence</p>	<p>Dancers who began enrolment at the UNCSCA School of Dance during or after Fall 2009 N=480</p>	<p>Historical cohort</p> <p>The researchers studied the dancers' EHRs at the end of their studies or in spring 2015 <b>Purpose</b> = research incident injury (=any event that required care from UNCSCA clinicians and limited dance activity for at least 1 day.) Included only dance's injuries</p>	<p>- <b>lower extremity injuries:</b> Contemporary dancers &lt; ballet dancers - Upper extremity injuries: Contemporary dancers &gt; ballet dancers. - Upper <b>extremity injuries:</b> Male dancers &gt; female dancers -Lower extremity injuries: not differ by sex → Gender-specific injury prediction models are determined</p>	<p>-Number of dance-related injuries -Injured body part -Type of injury -Injury rates</p>	<p>This study found that the majority of injuries to dancers were due to overuse, and there were no differences in overuse injury rate by sex, program, or style. →Limitation of this study = the small number of men and institutional observation</p>
<p>Yong Woo An et al., 2019</p>	<p>Negative Emotion and Joint-Stiffness Regulation</p>	<p>20 patients after unilateral anterior cruciate ligament reconstruction and 20</p>	<p>Case-control study</p>	<p>Both groups had greater frontoparietal power with fearful</p>	<p>-Electrocortical activity at selected electrodes placed at the frontal</p>	<p>This study demonstrates the importance</p>

	<p>Strategies After Anterior Cruciate Ligament Injury</p> <p>Obj: To identify how negative emotional stimuli affect neural processing in the brain and muscle coordination in patients after anterior cruciate ligament reconstruction compared with healthy control participants</p>	<p>healthy recruits</p> <p>-ACLR groups= 20 patient who had undergone ACLR for 1 or more unilateral ACL ruptures more than 6 months earlier + returned to their previous level of physical activity</p>	<p>2 groups single testing session of approximately 2 hours.</p> <p><u>Session:</u> 6 blocks of 30 images (10 neutral, 10 fear-related, 10 knee injury-related) were presented to participants</p> <p><u>Purpose =</u> Measuring the cortical emotional response and Joint-Stiffness Strategy</p>	<p>pictures than neutral pictures.</p> <p>The control group had greater heart-rate deceleration with fearful than neutral pictures, whereas the ACLR group exhibited decreased heart rates with both the fearful and injury-related pictures compared with neutral pictures</p> <p>Fearful pictures increased joint stiffness in the ACLR group compared with the neutral pictures</p>	<p>and parietal cortices using electroencephalography</p> <p>-Neurophysiological cardiac changes (beats/min)</p> <p>-Subjective fear perceptions</p> <p>-Joint stiffness</p>	<p>of introducing a psychological programme such as mental imagery into a classic post-operative rehabilitation programme</p>
Wityrouw, 2021	<p>Motor Imagery After Reconstruction of the Anterior Cruciate Ligament (MIRACL)</p>	<p>70 participants</p> <p>Inclusion Criteria:</p> <p>-Anterior cruciate ligament reconstruction</p> <p>-Rehabilitation at the sports physiotherapy department of the</p>	<p>Randomized study with prospective follow-up</p> <p>Randomized in 2 groups:</p>	<p>Objective measure: Knee mobility and muscle strength, level of functioning/performan ce capacity and the detection of brain areas and networks</p>	<p>Primary Outcome:</p> <p>-Knee injury and Osteoarthritis Outcome Score (KOOS)- Questionnaire</p>	<p>No results posted</p>

	<p>Obj: Investigate the effect of motor imagery training as an additional tool in the rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction (ACLR)</p>	<p>Ghent University Hospital</p> <p>Exclusion Criteria: -Neurological disorders or diseases that could affect motor imagery training -Musculoskeletal or cognitive disorders that interfere with the normal function of the lower extremities</p>	<p><u>Control group:</u> Standard protocol to promote mobility, strength, proprioception, stability and return to sport</p> <p>Experimental group: Standard protocol + Motor imagery training in 3 specific periods (4 weeks) during the rehabilitation process IM session = 1) look exercises in video clip 2) mentally imagine they are performing these</p>	<p>involved in the processes of anxiety and worrying.</p> <p>Subjective measure: Patient's perception of pain and discomfort, level of participation, psychosocial well-being and overall quality of life</p>	<p>-ACL-Return to sport after injury (ACL-RSI) - Questionnaire -Visual Analogue Scale (VAS) - Questionnaire -Knee confidence - Questionnaire -Limb circumference -Knee Flexion and Extension Range of Motion -Quadriceps muscle strength -Balance -Hop tests -Change in movement quality</p> <p>Secondary Outcome: -Penn State Worry Questionnaire (PSWQ) -Tampa scale of Kinesiophobia (TSK) -Resting state brain activity -Event-related potentials</p>	
--	---	---	--	---	---	--

			exercises themselves During each period the subjects will have to perform 20 IM sessions of 10-15 min			
--	--	--	--	--	--	--

## Annexe II – Questionnaire ACL-RSI (Bohu et al., 2014)

### échelle ACL-RSI

#### Echelle ACL-RSI

##### Instructions:

Merci de répondre aux questions suivantes concernant le sport principal que vous pratiquiez avant l'accident. Pour chaque question, cochez la case entre les deux extrêmes selon ce qui vous paraît correspondre le mieux à la situation actuelle de votre genou.

**1. Pensez-vous pouvoir pratiquer votre sport au même niveau qu'auparavant?**

Pas du tout sûr  0  1  2  3  4  5  6  7  8  9  10 Totalemment sûr

**2. Pensez-vous que vous pourriez vous blesser de nouveau le genou si vous repreniez le sport?**

Extrêmement probable  0  1  2  3  4  5  6  7  8  9  10 Pas du tout probable

**3. Êtes-vous inquiet à l'idée de reprendre votre sport?**

Extrêmement inquiet  0  1  2  3  4  5  6  7  8  9  10 Pas du tout inquiet

**4. Pensez-vous que votre genou sera stable lors de votre pratique sportive ?**

Pas du tout sûr  0  1  2  3  4  5  6  7  8  9  10 Totalemment sûr

**5. Pensez-vous pouvoir pratiquer votre sport sans vous soucier de votre genou ?**

Pas du tout sûr  0  1  2  3  4  5  6  7  8  9  10 Totalemment sûr

**6. Etes-vous frustré de devoir tenir compte de votre genou lors de votre pratique sportive ?**

Extrêmement frustré  0  1  2  3  4  5  6  7  8  9  10 Pas du tout frustré

**7. Craignez-vous de vous blesser de nouveau le genou lors de votre pratique sportive ?**

Crainte extrême  0  1  2  3  4  5  6  7  8  9  10 Aucune crainte

**8. Pensez-vous que votre genou peut résister aux contraintes ?**

Pas du tout sûr  0  1  2  3  4  5  6  7  8  9  10 Totalemment sûr

**9. Avez-vous peur de vous reblesser accidentellement le genou lors de votre pratique sportive ?**

Très peur  0  1  2  3  4  5  6  7  8  9  10 Pas du tout peur

**10. Est-ce que l'idée de devoir éventuellement vous faire réopérer ou rééduquer vous empêche de pratiquer votre sport ?**

Tout le temps  0  1  2  3  4  5  6  7  8  9  10 A aucun moment

**11. Etes-vous confiant en votre capacité à bien pratiquer votre sport ?**

Pas du tout confiant  0  1  2  3  4  5  6  7  8  9  10 Totalemment confiant

**12. Vous sentez-vous détendu à l'idée de pratiquer votre sport?**

Pas du tout détendu  0  1  2  3  4  5  6  7  8  9  10 Totalemment détendu

Score ACL-RSI

Y Bohu, S Klouche, N Lefevre, K Webster, S Herman. Translation, cross-cultural adaptation and validation of the French version of the Anterior Cruciate Ligament-Return to Sport after Injury (ACL-RSI) scale. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc 2014. DOI 10.

## Annexe III : Mouvement de danse imaginé pendant l'imagerie mentale

### 1- Le pas de bourré en tournant



Mouvement de torsion en 3 pas : Un pas arrière, un pas de côté et un pas avant.

### 2- Le détourné



Mouvement de rotation du corps à 180°.

### 3- Le tour piqué relevé



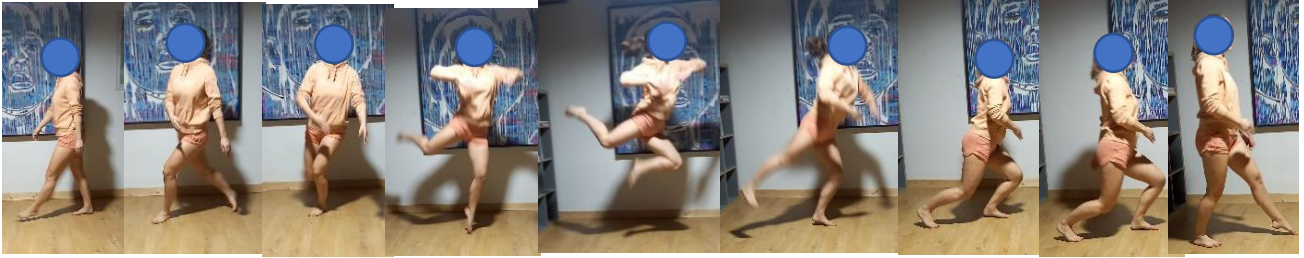
Tour sur une jambe, appelé « jambe de terre », cette dernière est tendue et en demi-pointe. L'autre jambe, est pointé au niveau du genou en position d'en dehors.

### 4- Le tour chaise



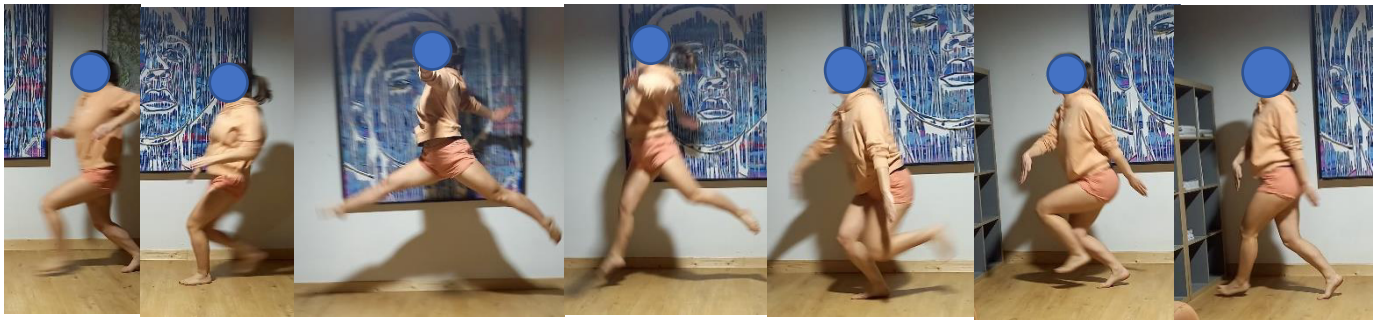
Tour sur une jambe, jambe de terre, qui est tendue. L'autre est fléchi est posée sur la jambe de terre.

### 5- Le fouetté sauté en attitude



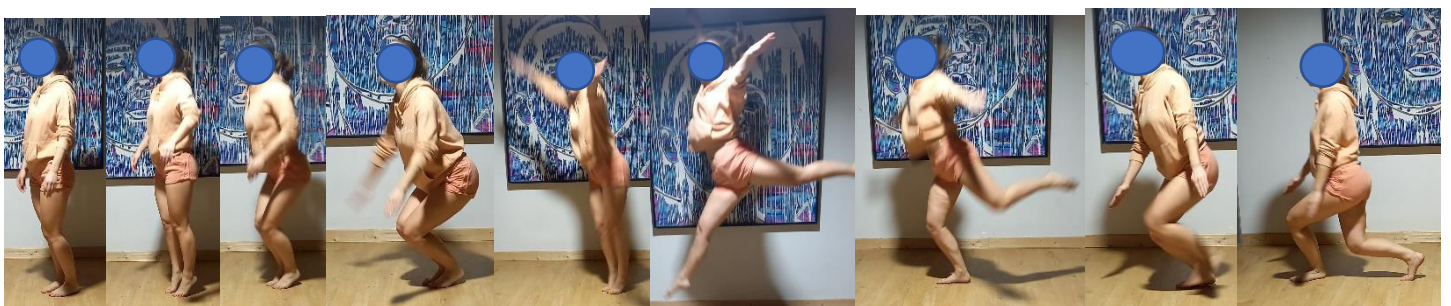
Saut sur un seul pied d'appel qui se réceptionne sur le même pied. Il consiste en un changement de direction rapide, du corps, de 180°. L'attitude est position des jambes. Elle correspond à une flexion de la hanche et du genou, avec le talon qui se retrouve à la même hauteur que le genou.

### 6- Le grand jeté



Saut sur un pied d'appel et réception sur l'autre pied. Lors de la phase de suspension les 2 jambes sont entièrement tendues.

### 7- Le saissonne



Saut avec un appel sur les 2 jambes et une réception sur une seule jambe (la jambe avant). Lors de la phase de suspension, les 2 jambes sont entièrement tendues avec la jambe arrière plus haute que la jambe avant.

Version française du MIQ-R, adaptée par Robin Nicolas pour les élèves

NOM :

AGE :

PRENOM :

CLASSE :

► Instructions

Ce questionnaire envisage deux façons de se représenter mentalement les mouvements. Elles sont utilisées par certaines personnes plus que d'autres et sont plus applicables à certains types de mouvements qu'à d'autres. La première est d'essayer de former une image visuelle ou une image du mouvement dans votre esprit. La seconde consiste à sentir la représentation d'un mouvement sans réellement l'effectuer. Dans ce questionnaire, il vous est demandé de réaliser l'une et l'autre de ces tâches mentalement pour une variété de mouvements et ensuite d'apprécier combien vous trouvez ces tâches faciles ou difficiles. Les estimations que vous donnez ne sont pas conçues pour évaluer la bonne ou la mauvaise qualité de la façon dont vous exécutez ces tâches mentales. Elles visent à mettre en évidence la capacité que les sujets manifestent pour se représenter ces tâches dans des mouvements différents. Il n'y a pas de bonnes ou de mauvaises estimations ou d'estimations meilleures que d'autres.

Chacun des énoncés suivants décrit une action ou un mouvement particulier. Lisez chaque énoncé attentivement et exécutez ce mouvement tel qu'il est décrit. Exécutez ce mouvement une seule fois. Revenez à la position de départ du mouvement comme si vous alliez exécuter l'action une deuxième fois. Ensuite en fonction de ce qu'il vous est demandé de faire :

- Soit 1. Former une image mentale aussi claire et vive que possible du mouvement que vous venez d'exécuter,
- Soit 2. Essayer de vous sentir en train de réaliser le mouvement exécuté sans réellement le faire.

Après avoir accompli la tâche mentale exigée, estimez la facilité ou la difficulté avec laquelle vous avez été capable de l'effectuer. Portez votre estimation sur l'échelle en portant une croix dans la case correspondante. Soyez aussi exact que possible et prenez le temps qu'il vous est nécessaire pour arriver à l'estimation adéquate de chaque mouvement. Vous choisirez la même estimation pour chaque mouvement « visualisé » ou « senti » et il n'est pas nécessaire d'utiliser la totalité de la longueur de l'échelle.

Echelles d'évaluation :

**Échelle d'imagerie visuelle**

Très difficile à visualiser	Difficile à visualiser	Assez difficile à visualiser	Neutre (ni facile ni difficile)	Assez facile à visualiser	Facile à visualiser	Très facile à visualiser

**Échelle d'imagerie kinesthésique**

Très difficile à sentir	Difficile à sentir	Assez difficile à sentir	Neutre (ni facile ni difficile)	Assez facile à sentir	Facile à sentir	Très facile à sentir



**1. Position de départ :** Debout, pieds joints, bras le long du corps.

**Action :** Montez votre genou aussi haut que possible afin de vous tenir sur une jambe. Le genou de la jambe levée doit être maintenu fléchi. Maintenant abaissez votre jambe jusqu'à ce que vous vous retrouviez en position pieds joints. Exécutez ces actions lentement.

**Tâche Mentale :** Prenez la position de départ. Essayez de vous sentir en train de faire le mouvement que vous venez d'exécuter sans le faire réellement. Maintenant, estimez la facilité ou la difficulté avec laquelle vous étiez capable de faire cette tâche mentale.

Très difficile à sentir	Difficile à sentir	Assez difficile à sentir	Neutre (ni facile ni difficile)	Assez facile à sentir	Facile à sentir	Très facile à sentir

**2. Position de départ :** Debout, pieds légèrement écartés, bras le long du corps.

**Action :** Fléchissez complètement les jambes et sautez verticalement aussi haut que possible avec les deux bras étendus au dessus de votre tête. Réceptionnez vous pieds légèrement écartés en abaissant latéralement les bras le long du corps

**Tâche Mentale :** Prenez la position de départ. Essayez de vous voir en train de faire le mouvement que vous venez d'exécuter avec une image visuelle aussi claire et vive que possible. Maintenant, estimez la facilité ou la difficulté avec laquelle vous étiez capable de faire cette tâche mentale.

Très difficile à visualiser	Difficile à visualiser	Assez difficile à visualiser	Neutre (ni facile ni difficile)	Assez facile à visualiser	Facile à visualiser	Très facile à visualiser

**3. Position de départ :** Élevez latéralement (sur le côté) votre bras afin qu'il soit parallèle au sol, la paume vers le bas.

**Action :** Déplacez votre bras parallèlement au sol jusqu'à ce qu'il soit directement devant vous. Gardez votre bras tendu pendant le mouvement et faites le mouvement lentement.

**Tâche Mentale :** Prenez la position de départ. Essayez de vous sentir en train de faire le mouvement que vous venez d'exécuter sans le faire réellement. Maintenant, estimez la facilité ou la difficulté avec laquelle vous étiez capable de faire cette tâche mentale.

Très difficile à sentir	Difficile à sentir	Assez difficile à sentir	Neutre (ni facile ni difficile)	Assez facile à sentir	Facile à sentir	Très facile à sentir

**4. Position de départ :** Debout, pieds légèrement écartés, et vos bras complètement étendus au-dessus de votre tête.

**Action :** Lentement, fléchissez le haut du corps vers l'avant au niveau de la taille et essayez de toucher vos orteils avec le bout de vos doigts (ou si possible, touchez le sol avec le bout de vos doigts ou vos mains). Maintenant revenez à la position de départ en vous redressant avec les bras tendus au-dessus de votre tête.

**Tâche Mentale :** Prenez la position de départ. Essayez de vous voir en train de faire le mouvement que vous venez d'exécuter avec une image aussi claire et vive que possible. Maintenant, estimez la facilité ou la difficulté avec laquelle vous étiez capable de faire cette tâche mentale.

Très difficile à visualiser	Difficile à visualiser	Assez difficile à visualiser	Neutre (ni facile ni difficile)	Assez facile à visualiser	Facile à visualiser	Très facile à visualiser

**5. Position de départ :** Debout, pieds légèrement écartés, bras le long du corps.

**Action :** Fléchissez complètement les jambes et sautez verticalement aussi haut que possible avec les deux bras étendus au dessus de votre tête. Réceptionnez vous pieds légèrement écartés en abaissant latéralement les bras le long du corps

**Tâche Mentale :** Prenez la position de départ. Essayez de vous sentir en train de faire le mouvement que vous venez d'exécuter sans le faire réellement. Maintenant, estimez la facilité ou la difficulté avec laquelle vous étiez capable de faire cette tâche mentale.

Très difficile à sentir	Difficile à sentir	Assez difficile à sentir	Neutre (ni facile ni difficile)	Assez facile à sentir	Facile à sentir	Très facile à sentir

**6. Position de départ :** Debout, pieds joints, bras le long du corps.

**Action :** Montez votre genou aussi haut que possible afin de vous tenir sur une jambe. Le genou de la jambe levée doit être maintenue fléchi. Maintenant abaissez votre jambe jusqu'à ce que vous vous retrouviez en position pieds joints. Exécutez ces actions lentement.

**Tâche Mentale :** Prenez la position de départ. Essayez de vous voir en train de faire le mouvement que vous venez d'exécuter avec une image aussi claire et vive que possible. Maintenant, estimez la facilité ou la difficulté avec laquelle vous étiez capable de faire cette tâche mentale.

Très difficile à visualiser	Difficile à visualiser	Assez difficile à visualiser	Neutre (ni facile ni difficile)	Assez facile à visualiser	Facile à visualiser	Très facile à visualiser

**7. Position de départ :** Debout, pieds légèrement écartés, et vos bras complètement étendus au-dessus de votre tête.

**Action :** Lentement, fléchissez le haut du corps vers l'avant au niveau de la taille et essayez de toucher vos orteils avec le bout de vos doigts (ou si possible, touchez le sol avec le bout de vos doigts ou vos mains). Maintenant revenez à la position de départ en vous redressant avec les bras tendus au-dessus de votre tête.

**Tâche Mentale :** Prenez la position de départ. Essayez de vous sentir en train de faire le mouvement que vous venez d'exécuter sans le faire réellement. Maintenant, estimez la facilité ou la difficulté avec laquelle vous étiez capable de faire cette tâche mentale.

Très difficile à sentir	Difficile à sentir	Assez difficile à sentir	Neutre (ni facile ni difficile)	Assez facile à sentir	Facile à sentir	Très facile à sentir

**8. Position de départ :** Elevez latéralement (sur le côté) votre bras afin qu'il soit parallèle au sol, la paume vers le bas.

**Action :** Déplacez votre bras parallèlement au sol jusqu'à ce qu'il soit directement devant vous. Gardez votre bras tendu pendant le mouvement et faites le mouvement lentement.

**Tâche Mentale :** Prenez la position de départ. Essayez de vous voir en train de faire le mouvement que vous venez d'exécuter avec une image aussi claire et vive que possible. Maintenant, estimez la facilité ou la difficulté avec laquelle vous étiez capable de faire cette tâche mentale.

Très difficile à visualiser	Difficile à visualiser	Assez difficile à visualiser	Neutre (ni facile ni difficile)	Assez facile à visualiser	Facile à visualiser	Très facile à visualiser

## Annexe V : Consentement éclairé

Exemple de Formulaire de consentement (d'après Fernandez & Catteeuw, 2001)

Je, soussigné \_\_\_\_\_ déclare accepter, librement, et de façon éclairée, de participer comme sujet à l'étude intitulée :

Sous la direction de (nom du directeur de recherche) :

Promoteur :

Investigateur principal :

But de l'étude :

Engagement du participant : l'étude va consister en la réalisation de séance d'imagerie mentale à la suite d'une reconstruction du ligament croisé antérieur dans le cadre d'un protocole d'étude.

Engagement de l'investigateur principal : en tant qu'investigateur principal, il s'engage à mener cette recherche selon les dispositions éthiques et déontologiques, à protéger l'intégrité physique, psychologique et sociale des personnes tout au long de la recherche et à assurer la confidentialité des informations recueillies. Il s'engage également à fournir aux participants tout le soutien permettant d'atténuer les effets négatifs pouvant découler de la participation à cette recherche.

Liberté du participant : le consentement pour poursuivre la recherche peut être retiré à tout moment sans donner de raison et sans encourir aucune responsabilité ni conséquence. Les réponses aux questions ont un caractère facultatif et le défaut de réponse n'aura aucune conséquence pour le sujet.

Information du participant : le participant a la possibilité d'obtenir des informations supplémentaires concernant cette étude auprès de l'investigateur principal, et ce dans les limites des contraintes du plan de recherche.

Confidentialité des informations : toutes les informations concernant les participants seront conservées de façon anonyme et confidentielle. Le traitement informatique n'est pas nominatif, il n'entre pas de ce fait dans la loi Informatique et Liberté (le droit d'accès et de rectification n'est pas recevable). Cette recherche n'ayant qu'un caractère psychologique, elle n'entre pas de ce fait dans la loi Huriet-Sérusclat concernant la protection des personnes dans la recherche bio-médicale. La transmission des informations concernant le participant pour l'expertise ou pour la publication scientifique sera elle aussi anonyme.

Déontologie et éthique : le promoteur et l'investigateur principal s'engagent à préserver absolument la confidentialité et le secret professionnel pour toutes les informations concernant le participant (titre I, articles 1,3,5 et 6 et titre II, articles 3, 9 et 20 du code de déontologie des psychologues, France).

Fait à \_\_\_\_\_ le \_\_\_\_\_ en 2

exemplaires Signatures :

Le participant  
principal

L'investigateur