



**HAL**  
open science

# Corrélation entre évaluations arthroscopique et arthroscannographique dynamique 4D des instabilités scapho-lunaires du poignet : à propos de 16 cas

Jonathan Granero

► **To cite this version:**

Jonathan Granero. Corrélation entre évaluations arthroscopique et arthroscannographique dynamique 4D des instabilités scapho-lunaires du poignet : à propos de 16 cas. Médecine humaine et pathologie. 2019. hal-03297865

**HAL Id: hal-03297865**

**<https://hal.univ-lorraine.fr/hal-03297865v1>**

Submitted on 18 Oct 2021

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



## AVERTISSEMENT

Ce document est le fruit d'un long travail approuvé par le jury de soutenance et mis à disposition de l'ensemble de la communauté universitaire élargie.

Il est soumis à la propriété intellectuelle de l'auteur. Ceci implique une obligation de citation et de référencement lors de l'utilisation de ce document.

D'autre part, toute contrefaçon, plagiat, reproduction illicite encourt une poursuite pénale.

Contact : [ddoc-thesesexercice-contact@univ-lorraine.fr](mailto:ddoc-thesesexercice-contact@univ-lorraine.fr)

## LIENS

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 122. 4

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 335.2- L 335.10

[http://www.cfcopies.com/V2/leg/leg\\_droi.php](http://www.cfcopies.com/V2/leg/leg_droi.php)

<http://www.culture.gouv.fr/culture/infos-pratiques/droits/protection.htm>

**THÈSE**

pour obtenir le grade de

**DOCTEUR EN MÉDECINE**

Présentée et soutenue publiquement  
dans le cadre du troisième cycle de Médecine Spécialisée

par

**Jonathan GRANERO**

le 08 novembre 2019

**Corrélation entre évaluations arthroscopique et  
arthroscannographique dynamique 4D des instabilités scapho-  
lunaires du poignet : À propos de 16 cas.**

**Membres du jury :**

M. le Professeur G. DAUTEL	Président
M. le Professeur F. DAP	Juge
M. le Professeur P. GONDIM TEIXEIRA	Juge
Mme. le Docteur LOMBARD,	Juge
M. le Docteur DETAMMAECKER	Juge
M. le Docteur ATHLANI	Juge et Directeur





**UNIVERSITÉ  
DE LORRAINE**



FACULTÉ de MÉDECINE  
NANCY

**Président de l'Université de Lorraine :  
Professeur Pierre MUTZENHARDT**

**Doyen de la Faculté de Médecine :  
Professeur Marc BRAUN**

**Vice-doyenne  
Pr Laure JOLY**

**Asseseurs :**

*Premier cycle* : Dr Julien SCALA-BERTOLA

*Deuxième cycle* : Pr Marie-Reine LOSSER

*Troisième cycle* : Pr Laure JOLY

*SIDES* : Dr Julien BROSEUS

*Formation à la recherche* : Pr Nelly AGRINIER

*Relations Grande Région* : Pr Thomas FUCHS-BUDER

*CUESIM* : Pr Stéphane ZUILY

**Chargés de mission**

*Bureau de docimologie* : Pr Guillaume VOGIN

*Orthophonie* : Pr Cécile PARIETTI-WINKLER

*PACES* : Pr Mathias POUSSEL

*International* : Pr Jacques HUBERT

*Vie Facultaire* : Dr Philippe GUERCI

*Président de Conseil Pédagogique* : Pr Louise TYVAERT

*Président du Conseil Scientifique* : Pr Jean-Michel HASCOET

=====

**DOYENS HONORAIRES**

Professeur Jean-Bernard DUREUX - Professeur Jacques ROLAND - Professeur Patrick NETTER –  
Professeur Henry COUDANE

=====

**PROFESSEURS HONORAIRES**

Etienne ALIOT - Jean-Marie ANDRE - Alain AUBREGE - Gérard BARROCHE - Alain BERTRAND - Pierre BEY -  
Marc-André BIGARD - Patrick BOISSEL – Pierre BORDIGONI - Jacques BORRELLY - Michel BOULANGE -  
Jean-Louis BOUTROY – Serge BRIANÇON - Jean-Claude BURDIN - Claude BURLET - Daniel BURNEL -  
Claude CHARDOT Jean-François CHASSAGNE - François CHERRIER – Henry COUDANE –  
Jean-Pierre CRANCE - Jean-Pierre DESCHAMPS - Jean-Bernard DUREUX - Gilbert FAURE - Gérard FIEVE -  
Bernard FOLIGUET - Jean FLOQUET - Robert FRISCH - - Alain GAUCHER - Pierre GAUCHER –  
Jean-Luc GEORGE - Alain GERARD - Hubert GERARD - Jean-Marie GILGENKRANTZ –  
Simone GILGENKRANTZ -Gilles GROSDIDIER - Philippe HARTEMANN - Gérard HUBERT - Claude HURIET -  
Michèle KESSLER - François KOHLER - Henri LAMBERT - Pierre LANDES - Marie-Claire LAXENAIRE –  
Michel LAXENAIRE - Alain LE FAOU - Jacques LECLERE - Pierre LEDERLIN - Bernard LEGRAS –  
Jean-Pierre MALLIÉ - Philippe MANGIN - François MARCHAL - Jean-Claude MARCHAL – Yves MARTINET -  
Pierre MATHIEU - Michel MERLE - Daniel MOLÉ - Pierre MONIN - Pierre NABET – Patrick NETTER –  
Jean-Pierre NICOLAS - Francis PENIN - Claude PERRIN - Luc PICARD - François PLENAT - Jean-Marie POLU  
- Jacques POUREL - Francis RAPHAEL - Antoine RASPILLER - Denis REGENT - Jacques ROLAND –  
Daniel SCHMITT - Michel SCHMITT - Michel SCHWEITZER - Daniel SIBERTIN-BLANC - Claude SIMON -  
Danièle SOMMELET - Jean-François STOLTZ - Michel STRICKER - Gilbert THIBAUT - Paul VERT –  
Hervé VESPIGNANI - Colette VIDAILHET - Michel VIDAILHET - Jean-Pierre VILLEMOT - Michel WEBER –  
Denis ZMIROU

=====

## PROFESSEURS ÉMÉRITES

Etienne ALIOT - Pierre BEY - Henry COUDANE - Serge BRIANÇON - Jean-Marie GILGENKRANTZ –  
Simone GILGENKRANTZ - Michèle KESSLER - Alain LE FAOU - Patrick NETTER - Jean-Pierre NICOLAS –  
Luc PICARD - François PLENAT - Jean-Pierre VILLEMOT - Faiez ZANNAD

=====

## PROFESSEURS DES UNIVERSITÉS - PRATICIENS HOSPITALIERS

(Disciplines du Conseil National des Universités)

### 42<sup>e</sup> Section : MORPHOLOGIE ET MORPHOGENÈSE

#### 1<sup>re</sup> sous-section : (*Anatomie*)

Professeur Marc BRAUN – Professeure Manuela PEREZ

#### 2<sup>e</sup> sous-section : (*Histologie, embryologie et cytogénétique*)

Professeur Christo CHRISTOV

#### 3<sup>e</sup> sous-section : (*Anatomie et cytologie pathologiques*)

Professeur Guillaume GAUCHOTTE

### 43<sup>e</sup> Section : BIOPHYSIQUE ET IMAGERIE MÉDICALE

#### 1<sup>re</sup> sous-section : (*Biophysique et médecine nucléaire*)

Professeur Gilles KARCHER – Professeur Pierre-Yves MARIE – Professeur Pierre OLIVIER –  
Professeur Antoine VERGER

#### 2<sup>e</sup> sous-section : (*Radiologie et imagerie médicale*)

Professeur René ANXIONNAT - Professeur Alain BLUM - Professeur Serge BRACARD –  
Professeure Valérie CROISÉ - Professeur Jacques FELBLINGER - Professeur Benjamin GORY –  
Professeur Damien MANDRY - Professeur Pedro GONDIM TEIXEIRA

### 44<sup>e</sup> Section : BIOCHIMIE, BIOLOGIE CELLULAIRE ET MOLÉCULAIRE, PHYSIOLOGIE ET NUTRITION

#### 1<sup>re</sup> sous-section : (*Biochimie et biologie moléculaire*)

Professeur Jean-Louis GUEANT - Professeur Bernard NAMOUR - Professeur Jean-Luc OLIVIER

#### 2<sup>e</sup> sous-section : (*Physiologie*)

Professeur Christian BEYAERT - Professeur Bruno CHENUÉL - Professeur Mathias POUSSEL

#### 3<sup>e</sup> sous-section (*Biologie cellulaire*)

Professeure Véronique DECOT-MAILLERET

#### 4<sup>e</sup> sous-section : (*Nutrition*)

Professeur Didier QUILLIOT - Professeure Rosa-Maria RODRIGUEZ-GUEANT - Professeur Olivier ZIEGLER

### 45<sup>e</sup> Section : MICROBIOLOGIE, MALADIES TRANSMISSIBLES ET HYGIÈNE

#### 1<sup>re</sup> sous-section : (*Bactériologie – virologie ; hygiène hospitalière*)

Professeur Alain LOZNIÉWSKI – Professeure Evelyne SCHVOERER

#### 2<sup>e</sup> sous-section : (*Parasitologie et Mycologie*)

Professeure Marie MACHOUART

#### 3<sup>e</sup> sous-section : (*Maladies infectieuses ; maladies tropicales*)

Professeur Bruno HOEN - Professeur Thierry MAY - Professeure Céline PULCINI –  
Professeur Christian RABAUD

### 46<sup>e</sup> Section : SANTÉ PUBLIQUE, ENVIRONNEMENT ET SOCIÉTÉ

#### 1<sup>re</sup> sous-section : (*Épidémiologie, économie de la santé et prévention*)

Professeure Nelly AGRINIER - Professeur Francis GUILLEMIN

#### 4<sup>e</sup> sous-section : (*Biostatistiques, informatique médicale et technologies de communication*)

Professeure Eliane ALBUISSON - Professeur Nicolas JAY

### 47<sup>e</sup> Section : CANCÉROLOGIE, GÉNÉTIQUE, HÉMATOLOGIE, IMMUNOLOGIE

#### 1<sup>re</sup> sous-section : (*Hématologie ; transfusion*)

Professeur Pierre FEUGIER

#### 2<sup>e</sup> sous-section : (*Cancérologie ; radiothérapie*)

Professeur Thierry CONROY - Professeur Frédéric MARCHAL - Professeur Didier PEIFFERT –  
Professeur Guillaume VOGIN

#### 3<sup>e</sup> sous-section : (*Immunologie*)

Professeur Marcelo DE CARVALHO-BITTENCOURT - Professeure Marie-Thérèse RUBIO

#### 4<sup>e</sup> sous-section : (*Génétique*)

Professeur Philippe JONVEAUX - Professeur Bruno LEHEUP

#### **48° Section : ANESTHÉSIOLOGIE, RÉANIMATION, MÉDECINE D'URGENCE, PHARMACOLOGIE ET THÉRAPEUTIQUE**

##### **1<sup>re</sup> sous-section : (*Anesthésiologie-réanimation et médecine péri-opératoire*)**

Professeur Gérard AUDIBERT - Professeur Hervé BOUAZIZ - Professeur Thomas FUCHS-BUDER  
Professeure Marie-Reine LOSSER - Professeur Claude MEISTELMAN

##### **2<sup>e</sup> sous-section : (*Médecine intensive-réanimation*)**

Professeur Pierre-Édouard BOLLAERT - Professeur Sébastien GIBOT - Professeur Bruno LÉVY

##### **3<sup>e</sup> sous-section : (*Pharmacologie fondamentale ; pharmacologie clinique ; addictologie*)**

Professeur Pierre GILLET - Professeur Jean-Yves JOUZEAU

##### **4<sup>e</sup> sous-section : (*Thérapeutique-médecine de la douleur ; addictologie*)**

Professeur Nicolas GIRERD - Professeur François PAILLE - Professeur Patrick ROSSIGNOL

#### **49° Section : PATHOLOGIE NERVEUSE ET MUSCULAIRE, PATHOLOGIE MENTALE, HANDICAP ET RÉÉDUCATION**

##### **1<sup>re</sup> sous-section : (*Neurologie*)**

Professeur Marc DEBOUVERIE - Professeur Louis MAILLARD - Professeur Sébastien RICHARD –  
Professeur Luc TAILLANDIER Professeure Louise TYVAERT

##### **2<sup>e</sup> sous-section : (*Neurochirurgie*)**

Professeur Thierry CIVIT - Professeure Sophie COLNAT-COULBOIS - Professeur Olivier KLEIN

##### **3<sup>e</sup> sous-section : (*Psychiatrie d'adultes ; addictologie*)**

Professeur Jean-Pierre KAHN – Professeur Vincent LAPREVOTE - Professeur Raymund SCHWAN

##### **4<sup>e</sup> sous-section : (*Pédopsychiatrie ; addictologie*)**

Professeur Bernard KABUTH

##### **5<sup>e</sup> sous-section : (*Médecine physique et de réadaptation*)**

Professeur Jean PAYSANT

#### **50° Section : PATHOLOGIE OSTÉO-ARTICULAIRE, DERMATOLOGIE ET CHIRURGIE PLASTIQUE**

##### **1<sup>re</sup> sous-section : (*Rhumatologie*)**

Professeure Isabelle CHARY-VALCKENAERE - Professeur Damien LOEUILLE

##### **2<sup>e</sup> sous-section : (*Chirurgie orthopédique et traumatologique*)**

Professeur Laurent GALOIS - Professeur Didier MAINARD - Professeur François SIRVEAUX

##### **3<sup>e</sup> sous-section : (*Dermato-vénéréologie*)**

Professeure Anne-Claire BURSZTEJN - Professeur Jean-Luc SCHMUTZ

##### **4<sup>e</sup> sous-section : (*Chirurgie plastique, reconstructrice et esthétique ; brûlologie*)**

Professeur François DAP - Professeur Gilles DAUTEL - Professeur Etienne SIMON

#### **51° Section : PATHOLOGIE CARDIO-RESPIRATOIRE ET VASCULAIRE**

##### **1<sup>re</sup> sous-section : (*Pneumologie ; addictologie*)**

Professeur Jean-François CHABOT - Professeur Ari CHAOUAT

##### **2<sup>e</sup> sous-section : (*Cardiologie*)**

Professeur Edoardo CAMENZIND - Professeur Christian de CHILLOU DE CHURET –

Professeur Yves JUILLIERE

Professeur Nicolas SADOUL

##### **3<sup>e</sup> sous-section : (*Chirurgie thoracique et cardiovasculaire*)**

Professeur Juan-Pablo MAUREIRA - Professeur Stéphane RENAUD

##### **4<sup>e</sup> sous-section : (*Chirurgie vasculaire ; médecine vasculaire*)**

Professeur Sergueï MALIKOV - Professeur Denis WAHL – Professeur Stéphane ZUILY

#### **52° Section : MALADIES DES APPAREILS DIGESTIF ET URINAIRE**

##### **1<sup>re</sup> sous-section : (*Gastroentérologie ; hépatologie ; addictologie*)**

Professeur Jean-Pierre BRONOWICKI - Professeur Laurent PEYRIN-BIROULET

##### **2<sup>e</sup> sous-section : (*Chirurgie viscérale et digestive*)**

Professeur Ahmet AYAV - Professeur Laurent BRESLER - Professeur Laurent BRUNAUD –

Professeure Adeline GERMAIN

##### **3<sup>e</sup> sous-section : (*Néphrologie*)**

Professeur Luc FRIMAT - Professeure Dominique HESTIN

##### **4<sup>e</sup> sous-section : (*Urologie*)**

Professeur Pascal ESCHWEGE - Professeur Jacques HUBERT

#### **53° Section : MÉDECINE INTERNE, GÉRIATRIE ET MÉDECINE GÉNÉRALE**

##### **1<sup>re</sup> sous-section : (*Médecine interne ; gériatrie et biologie du vieillissement ; addictologie*)**

Professeur Athanase BENETOS - Professeur Jean-Dominique DE KORWIN - Professeure Gisèle KANNY

Professeure Christine PERRET-GUILLAUME – Professeur Roland JAUSSAUD – Professeure Laure JOLY

##### **3<sup>e</sup> sous-section : (*Médecine générale*)**

Professeur Jean-Marc BOIVIN – Professeur Paolo DI PATRIZIO

**54° Section : DÉVELOPPEMENT ET PATHOLOGIE DE L'ENFANT, GYNÉCOLOGIE-OBSTÉTRIQUE, ENDOCRINOLOGIE ET REPRODUCTION**

**1<sup>re</sup> sous-section : (Pédiatrie)**

Professeur Pascal CHASTAGNER - Professeur François FEILLET - Professeur Jean-Michel HASCOET  
Professeur Emmanuel RAFFO - Professeur Cyril SCHWEITZER

**2<sup>e</sup> sous-section : (Chirurgie infantile)**

Professeur Pierre JOURNEAU - Professeur Jean-Louis LEMELLE

**3<sup>e</sup> sous-section : (Gynécologie-obstétrique ; gynécologie médicale)**

Professeur Philippe JUDLIN - Professeur Olivier MOREL

**4<sup>e</sup> sous-section : (Endocrinologie, diabète et maladies métaboliques ; gynécologie médicale)**

Professeur Bruno GUERCI - Professeur Marc KLEIN - Professeur Georges WERYHA

**55° Section : PATHOLOGIE DE LA TÊTE ET DU COU**

**1<sup>re</sup> sous-section : (Oto-rhino-laryngologie)**

Professeur Roger JANKOWSKI - Professeure Cécile PARIETTI-WINKLER

**2<sup>e</sup> sous-section : (Ophtalmologie)**

Professeure Karine ANGIOI - Professeur Jean-Paul BERROD

**3<sup>e</sup> sous-section : (Chirurgie maxillo-faciale et stomatologie)**

Professeure Muriel BRIX

=====

**PROFESSEURS DES UNIVERSITÉS**

**61° Section : GÉNIE INFORMATIQUE, AUTOMATIQUE ET TRAITEMENT DU SIGNAL**

Professeur Walter BLONDEL

**64° Section : BIOCHIMIE ET BIOLOGIE MOLÉCULAIRE**

Professeure Sandrine BOSCHI-MULLER - Professeur Pascal REBOUL

**65° Section : BIOLOGIE CELLULAIRE**

Professeure Céline HUSELSTEIN

=====

**PROFESSEUR ASSOCIÉ DE MÉDECINE GÉNÉRALE**

Professeure associée Sophie SIEGRIST

Professeur associé Olivier BOUCHY

=====

**MAÎTRES DE CONFÉRENCES DES UNIVERSITÉS - PRATICIENS HOSPITALIERS**

**42° Section : MORPHOLOGIE ET MORPHOGENÈSE**

**1<sup>re</sup> sous-section : (Anatomie)**

Docteur Bruno GRIGNON

**2<sup>e</sup> sous-section : (Histologie, embryologie, et cytogénétique)**

Docteure Isabelle KOSCINSKI

**44° Section : BIOCHIMIE, BIOLOGIE CELLULAIRE ET MOLÉCULAIRE, PHYSIOLOGIE ET NUTRITION**

**1<sup>re</sup> sous-section : (Biochimie et biologie moléculaire)**

Docteure Shyue-Fang BATTAGLIA - Docteure Sophie FREMONT - Docteure Catherine MALAPLATE –

Docteur Marc MERTEN - Docteur Abderrahim OUSSALAH

**2<sup>e</sup> sous-section : (Physiologie)**

Docteure Silvia DEMOULIN-ALEXIKOVA - Docteur Jacques JONAS

**45° Section : MICROBIOLOGIE, MALADIES TRANSMISSIBLES ET HYGIÈNE**

**1<sup>re</sup> sous-section : (Bactériologie – Virologie ; hygiène hospitalière)**

Docteure Corentine ALAUZET - Docteure Hélène JEULIN - Docteure Véronique VENARD

**2<sup>e</sup> sous-section : (Parasitologie et mycologie)**

Docteure Anne DEBOURGOGNE



**46° Section : SANTÉ PUBLIQUE, ENVIRONNEMENT ET SOCIÉTÉ**

**1<sup>re</sup> sous-section : (Epidémiologie, économie de la santé et prévention)**

Docteur Cédric BAUMANN - Docteure Frédérique CLAUDOT - Docteur Alexis HAUTEMANIÈRE  
Docteur Arnaud FLORENTIN (stagiaire)

**2° sous-section (Médecine et Santé au Travail)**

Docteure Isabelle THAON

**3° sous-section (Médecine légale et droit de la santé)**

Docteur Laurent MARTRILLE

**47° Section : CANCÉROLOGIE, GÉNÉTIQUE, HÉMATOLOGIE, IMMUNOLOGIE**

**1<sup>re</sup> sous-section : (Hématologie ; transfusion)**

Docteur Julien BROSEUS – Docteure Maud D'AVENI

**2° sous-section : (Cancérologie ; radiothérapie)**

Docteure Lina BOLOTINE

**3° sous-section : (Immunologie)**

Docteure Alice AARNINK (stagiaire)

**4° sous-section : (Génétiq**

Docteure Céline BONNET

**48° Section : ANESTHÉSIOLOGIE, RÉANIMATION, MÉDECINE D'URGENCE, PHARMACOLOGIE ET THÉRAPEUTIQUE**

**1° sous-section : (Anesthésiologie-réanimation et médecine péri-opératoire)**

Docteur Philippe GUERCI

**2° sous-section : (Médecine intensive-réanimation)**

Docteur Antoine KIMMOUN

**3° sous-section : (Pharmacologie fondamentale ; pharmacologie clinique ; addictologie)**

Docteur Nicolas GAMBIER - Docteure Françoise LAPICQUE - Docteur Julien SCALA-BERTOLA

**49° Section : PATHOLOGIE NERVEUSE ET MUSCULAIRE, PATHOLOGIE MENTALE, HANDICAP ET RÉÉDUCATION**

**2° sous-section : (Neurochirurgie)**

Docteur Fabien RECH (stagiaire)

**3° sous-section : (Psychiatrie d'adultes ; addictologie)**

Docteur Thomas SCHWITZER (stagiaire)

**50° Section : PATHOLOGIE OSTÉO-ARTICULAIRE, DERMATOLOGIE ET CHIRURGIE PLASTIQUE**

**4° sous-section : (Chirurgie plastique, reconstructrice et esthétique ; brûlologie)**

Docteure Laetitia GOFFINET-PLEUTRET

**51° Section : PATHOLOGIE CARDIO-RESPIRATOIRE ET VASCULAIRE**

**3° sous-section : (Chirurgie thoracique et cardio-vasculaire)**

Docteur Fabrice VANHUYSE

**4° sous-section : (Chirurgie vasculaire ; Médecine vasculaire)**

Docteure Nicla SETTEMBRE

**52° Section : MALADIES DES APPAREILS DIGESTIF ET URINAIRE**

**1<sup>re</sup> sous-section : (Gastroentérologie ; hépatologie ; addictologie)**

Docteur Anthony LOPEZ

**2° sous-section : (Chirurgie viscérale et digestive)**

Docteur Cyril PERRENOT

**54° Section : DEVELOPPEMENT ET PATHOLOGIE DE L'ENFANT, GYNECOLOGIE-OBSTETRIQUE, ENDOCRINOLOGIE ET REPRODUCTION**

**4° sous-section : (Endocrinologie, diabète et maladies métaboliques ; Gynécologie médicale)**

Docteure Éva FEIGERLOVA

**5° sous-section : (Biologie et médecine du développement et de la reproduction ; gynécologie médicale)**

Docteur Mikaël AGOPIANTZ (stagiaire)

**55° Section : PATHOLOGIE DE LA TÊTE ET DU COU**

**1<sup>re</sup> sous-section : (Oto-Rhino-Laryngologie)**

Docteur Patrice GALLET

=====

## MAÎTRES DE CONFÉRENCES

### 5<sup>e</sup> Section : SCIENCES ÉCONOMIQUES

Monsieur Vincent LHUILLIER

### 7<sup>e</sup> Section : SCIENCES DU LANGAGE : LINGUISTIQUE ET PHONETIQUE GENERALES

Madame Christine DA SILVA-GENEST

### 19<sup>e</sup> Section : SOCIOLOGIE, DÉMOGRAPHIE

Madame Joëlle KIVITS

### 64<sup>e</sup> Section : BIOCHIMIE ET BIOLOGIE MOLÉCULAIRE

Madame Marie-Claire LANHERS - Monsieur Nick RAMALANJAONA

### 65<sup>e</sup> Section : BIOLOGIE CELLULAIRE

Madame Nathalie AUCHET - Madame Natalia DE ISLA-MARTINEZ - Monsieur Christophe NEMOS

### 66<sup>e</sup> Section : PHYSIOLOGIE

Monsieur Nguyen TRAN

### 69<sup>e</sup> Section : NEUROSCIENCES

Madame Sylvie MULTON

=====

## MAÎTRES DE CONFÉRENCES ASSOCIÉS DE MÉDECINE GÉNÉRALE

Docteur Cédric BERBE - Docteure Kénora CHAU

=====

## DOCTEURS HONORIS CAUSA

Professeur Charles A. BERRY (1982)  
*Centre de Médecine Préventive, Houston (U.S.A)*  
Professeur Pierre-Marie GALETTI (1982)  
*Brown University, Providence (U.S.A)*  
Professeure Mildred T. STAHLMAN (1982)  
*Vanderbilt University, Nashville (U.S.A)*  
Professeur Théodore H. SCHIEBLER (1989)  
*Institut d'Anatomie de Würzburg (R.F.A)*  
Professeur Mashaki KASHIWARA (1996)  
*Research Institute for Mathematical Sciences de Kyoto (JAPON)*

Professeure Maria DELIVORIA-PAPADOPOULOS (1996) *Université de Pennsylvanie (U.S.A)*  
Professeur Ralph GRÄSBECK (1996)  
*Université d'Helsinki (FINLANDE)*  
Professeur Duong Quang TRUNG (1997)  
*Université d'Hô Chi Minh-Ville (VIËTNAM)*  
Professeur Daniel G. BICHET (2001)  
*Université de Montréal (Canada)*  
Professeur Marc LEVENSTON (2005)  
*Institute of Technology, Atlanta (USA)*

Professeur Brian BURCHELL (2007)  
*Université de Dundee (Royaume-Uni)*  
Professeur Yunfeng ZHOU (2009)  
*Université de Wuhan (CHINE)*  
Professeur David ALPERS (2011)  
*Université de Washington (U.S.A)*  
Professeur Martin EXNER (2012)  
*Université de Bonn (ALLEMAGNE)*

## REMERCIEMENTS

**À notre Maître et Président de thèse**

*Monsieur le Professeur Gilles DAUTEL*

Professeur de chirurgie plastique, reconstructrice et esthétique.

Vous nous faites un grand honneur en présidant cette thèse et en jugeant ce travail.

Votre calme, votre savoir chirurgical et la finesse de votre geste sont pour nous un modèle.

Votre ouverture d'esprit, votre plaisir à transmettre vos connaissances et votre respect de chacun sont pour nous une voie à suivre.

Nous espérons par ce travail avoir été dignes de votre confiance et de l'enseignement que vous nous avez apporté. Nous sommes fiers d'être votre élève.

Nous sommes heureux d'avoir le privilège de continuer à travailler et apprendre à vos côtés.



## **À notre Maître et Juge**

*Monsieur le Professeur François DAP*

Professeur de chirurgie plastique, reconstructrice et esthétique.

C'est un grand honneur pour nous que vous jugiez ce travail.

Votre connaissance encyclopédique de la chirurgie et du monde en général nous ont enthousiasmés lors des blocs et des consultations partagés ensemble.

Votre sens clinique et la gestion de la relation avec les patients sont pour nous des exemples. Nous sommes fiers d'être votre élève.

Nous espérons que vous trouverez ce travail digne de votre enseignement.



## **À notre Maître et Juge**

***Monsieur le Professeur Pedro GONDIM TEIXEIRA***

Professeur de radiologie et imagerie médicale

Nous vous remercions de nous faire l'honneur de juger ce travail.

Votre disponibilité et vos connaissances ont été précieuses au cours de l'étude.

Vos nombreux travaux scientifiques et votre implication dans le développement de votre spécialité forcent notre admiration.

Nous sommes heureux de pouvoir continuer travailler et d'échanger avec vous sur le sujet de notre thèse et espérons que vous serez satisfait par ce travail.





## **À notre Juge**

*Madame le Docteur Juliette LOMBARD*

Praticien Hospitalier dans le service de chirurgie de la main, chirurgie plastique et reconstructrice de l'appareil locomoteur, CHU Nancy.

Je te remercie de juger ce travail, j'en suis très honoré.

Ta bonne humeur, ton sens de l'humour ont toujours égayés les heures de travail ensemble.

Ton implication dans ton travail et auprès de tes patients est admirable et j'espère par ce travail te rendre digne de la confiance que tu as placée en moi.



## **À notre Juge**

***Monsieur le Docteur Romain DETAMMAECKER***

Chef de clinique-Assistant des hôpitaux dans le service de chirurgie de la main, chirurgie plastique et reconstructrice de l'appareil locomoteur, CHU Nancy

Je te remercie de juger mon travail de thèse.

Il y a bien des années, nous étions déjà dans la même promotion d'externes, pour ensuite devenir co-internes. puis je devins ton interne (corvée de café).

Ta finesse clinique et ton adresse chirurgicale m'ont toujours impressionnées et j'espère pouvoir me rapprocher de ton niveau un jour.

Plus que d'avoir trouvé un chef admirable et un exemple, j'ai surtout trouvé un ami.

Reçois par ce travail toute ma gratitude pour la confiance que tu m'as accordée.



## **À notre Juge et Directeur de thèse**

*Monsieur le Docteur Lionel ATHLANI*

Praticien Hospitalier universitaire dans le service de chirurgie de la main, chirurgie plastique et reconstructrice de l'appareil locomoteur, CHU Nancy

Je te remercie grandement de la confiance que tu as placée en moi en me confiant ce sujet, particulièrement cher à tes yeux.

Ton implication dans mon travail de thèse est à l'image de ton implication au quotidien dans le service : Passionnée, enrichissante et impressionnante.

J'ai énormément progressé grâce à toi lors des consultations et des blocs communs (sur un fond musical parfois douteux à ton goût).

Je te dois beaucoup, et j'espère que tu es fier du travail accompli ensemble.

Je suis ravi et honoré de pouvoir continuer à apprendre à tes côtés.

Reçois par ce travail toute ma gratitude et mon profond respect.



**À nos Maîtres d'internat :**

Monsieur le Professeur LEMELLE

Monsieur le Professeur AUQUE

Monsieur le Docteur CUNY

Monsieur le Professeur JOURNEAU

Monsieur le Docteur IRRAZI

Monsieur le Professeur MOLE

Monsieur le Professeur DAUTEL

**À nos Praticiens Hospitalier, Chefs de clinique et Assistants :**

Monsieur le Docteur Godefroy DE MISCAULT

Madame le Docteur Aline RANKE-CHRETIEN

Monsieur le Docteur Olivier LARMURE

Monsieur le Docteur Nicolas BERTE

Monsieur le Professeur Jean-Claude MARCHAL

Monsieur le Professeur Thierry CIVIT

Madame le Professeur Sophie COLNAT-COULBOIS

Monsieur le Professeur Olivier KLEIN

Madame le Docteur Catherine PINELLI-KREUTZ

Monsieur le Docteur Anthony JOUD

Madame le Docteur Isabelle MERLOT

Monsieur le Docteur Thomas JULIEN

Monsieur le Docteur Fabien RECH

Monsieur le Docteur Aboubekr BERRICHI

Monsieur le Docteur Julien MAYER

Monsieur le Docteur Emmanuel CARMIER

Monsieur le Docteur Pierre-Yves LE COADOU

Madame le Docteur Joëlle GIROT

Madame le Docteur Armelle BRETON

Madame le Docteur Alice MARTELOTTO

Monsieur le Docteur Stéphane BARBARY

Madame le Docteur Laetitia GOFFINET

Madame le Docteur Madeleine ASLAN  
Madame le Docteur Florence MULLER  
Madame le Docteur Dominique BARBIER  
Madame le Docteur Eva POLIRSZTOK  
Monsieur le Professeur François SIRVEAUX  
Monsieur le Docteur Olivier ROCHE  
Monsieur le Docteur Adrien JACQUOT  
Monsieur le Docteur Guillaume BOUDARD  
Monsieur le Docteur Damien BLOCK  
Monsieur le Docteur Thomas GOETZMANN  
Monsieur le Docteur Yannick VINCELET  
Monsieur le Docteur David MONTOYA-FAIVRE  
Monsieur le Docteur Valentin CALAFAT  
Madame le Docteur Christina STEIGER  
Madame le Docteur Hélène AGNERAY

*Merci à vous tous pour ce que vous m'avez appris sur la chirurgie et d'autres sujets, j'espère être digne de vos enseignements afin pouvoir à mon tour les transmettre.*



## **Mention spéciale à mes chefs de chirurgie de la main de Metz et Nancy :**

**À Madame Girot :** Vous avez été la première à m'avoir enseigné l'art de la chirurgie de la main, votre force de caractère et votre implication professionnelle ont toujours été exceptionnelles.

**À Armelle :** Même si je parlais trop dès le matin, tu m'as beaucoup appris et je t'en remercie.

**À Alice** dixit Maman, tu m'as enseigné la Métacarpologie et bien d'autres choses. Travailler avec toi a toujours été un plaisir et je te remercie pour tout.

**À Valentin** (Calafoutriste) : Co-internes à Mercy puis mon chef sur Nancy. Des Macdonald partagés quand je reprenais tes gardes d'ortho aux prothèses TM que tu me laissais des années plus tard pour me remercier, le temps est passé très vite. Je te remercie pour tout et te souhaite le meilleur loin de Nancy !

**À David :** Merci pour tous les moments partagés aux blocs et en dehors, en plus d'être un brillant chirurgien tu es quelqu'un de drôle et de franc. Je te souhaite tout le meilleur sur tes terres Strasbourgeoises.

**À Christina :** Un petit mot pour te remercier des moments partagés ensemble et te dire combien tes connaissances m'ont toujours impressionné.

**À Hélène :** Bientôt co-chefs, je reprends ton flambeau progressivement et j'en suis ravi. Les moments partagés ensemble ne sont que des bons souvenirs pour moi.

### **A mes co-internes :**

Trop de stages et si peu de place pour tous vous remercier. Merci à tous !

**À la promo chir 2013 :** Tout a commencé un soir d'octobre autour de shooters au Varadéro pour finir tous thésés, casés et sérieux (pour la plupart).

**À Julie et Annabelle,** nos premières expériences chirurgicales en Chirurgie Viscérale Infantile et nos rires dans le bureau sont gravés dans ma mémoire, merci à vous 2 !

**À Paul, Faycal et Jauffrey** : merci pour les moments « détente » en salle de staff de neurochir', c'était dur mais grâce à vous c'était drôle !

**À Nico** pour les barres de rire entre deux blocs et les soirs en faisant les fiches de la grande visite à la CTO.

**À Kunga** pour ses accueils parisiens sa gentillesse et sa bonne humeur !

**À Camille S,** pour sa bonne humeur et son sourire permanent !

**À Camille B,** pour sa gentillesse et sa force de caractère !

**À mes futurs co-chefs :**

**À Hugo :** de Fabert au CCEG, en passant par des après-midis chez ph et Troll, on a fait du chemin ! Je suis heureux de pouvoir continuer à travailler avec toi mon copain.

**À Sophie (Popy) :** Des folles soirées au Gustave aux journées de travail au CCEG, tu es toujours la même : drôle, intelligente et sincère. Les soirées chez vous avec Quentin, Mika et Chloé sont des souvenirs magiques des premiers temps de l'internat ! Je vous embrasse très fort !

**À YK :** Des bières à Metz et des rires au bloc et en dehors, c'est tout ce que je retiens de nos années d'internat ensemble. Je te souhaite tout le bonheur que tu mérites avec ta petite famille !

**Aux équipes de l'Hôpital d'Enfants, des services de Neurochirurgie, de Chirurgie Orthopédique de Metz et de la clinique CCEG (CTO pour les anciens !), et plus particulièrement les équipes du bloc de main, des urgences main et des étages 2A-3B (RIP !) :** Merci pour tout votre travail, sans vous l'hôpital ne tourne pas, sans vous nous ne travaillons pas, sans vous nous ne soignons pas. Tout mon respect.

**Aux anesthésistes du CCEG et de Mercy :** Je suis ravi de pouvoir bientôt partager des cafés avec vous !!! Merci à vous pour votre travail.



**À mes amis :**

**À Marine, Jo et Paul :** comme beaucoup du groupe, je vous ai rencontré à Baudrière il y a 6 ans, une amitié est née en une soirée. J'ai vécu votre mariage et l'arrivée de Paul, je suis heureux pour vous et vous souhaite le meilleur.

**À Marion, Toto et Lou :** Merci pour tous ces moments passés ensemble chez vous, chez nous, pour ce sublime mois de juin 2019 et pour les autres à venir, merci d'avance...On vous aime !

**À Amandine, Simon et Juliette :** Vous êtes parfaits, tous les deux, pas que Simon ! Et Surtout Juliette, belle princesse arrivée tout récemment, je ne vous dis pas bon courage pour les nuits vu qu'elle doit déjà en faire des complètes...Parfaite !

**À Pauline, Thibaut, Victor et bientôt Louis :** Vous êtes beaux, drôles et à chaque fois que l'on se voit on ne veut plus vous laisser. Je vous souhaite tout le bonheur du monde à 4, nous (A+A+moi) vous aimons.

**À Chris, Gas, Stan et Charlie :** Les artistes, les créatifs du groupe ! Vous êtes magnifiques et c'est un plaisir de partager des moments ensemble. Mention spéciale à Gas qui a un véritable démon quand il s'agit de faire la fête (souvenir du dimanche soir à l'EVG de Toto !)

**À Romain, Manue, bébé Brevi, Coco, Jojo, Jeanne, Vinc', Emi' :** Merci à vous pour chaque moment partagé ensemble des soirées de Noel des copains, en passant par des EVG et les mariages !

**À PH Obriot :** à toi mon vieux copain, il est loin le temps des scooters et des boules de neiges, des soirées dans le sous-sol de chez tes parents avec le groupe de Plapp'. Je suis fier de ta réussite.

**À Nathan :** mon plus vieux copain, malgré la distance nous n'avons jamais perdu le contact, peu de gens peuvent se targuer d'avoir une amitié de 20 ans qui perdure. J'ai cette chance avec toi, je suis heureux de t'avoir fait rencontrer ta future épouse **Marine**, hâte de fêter votre union en 2020 !

**Aux amis de ma moitié, devenus mes amis :** il y a quatre ans je vous rencontré tous pour mon plus grand bonheur.

**À Marie :** merci de nous avoir accueillis pour des nombreuses soirées chez toi, ton humour et ta joie de partager nous ont rapprochés même si au début tu pensais que « Ça va un peu vite » !

**À Marine, Clément et Charly :** J'aurai beaucoup d'histoire à raconter à Charly sur ses parents et j'ai le temps de lui transmettre l'amour du Grouilly ! Nos soirées sur fond d'Aya qui nous faisaient dormir à l'improviste chez les uns ou chez les autres, les soirées avec mon partenaire d'Uno, les blind test... Je vous aime.

**À Noor, Max et Félix :** Un soir de mariage, Noorette nous à amener un Ratus qui m'a fait hurler de rire au bout de 2 minutes et ça continue avec nos soirées des darons du mardi au Boulaouane ! Merci pour tous ces bons moments !

**À Maelle et Alexandre :** Vous avez rejoint le continent américain mais ça n'arrête pas l'amour que l'on se porte ! L'humour noir d'Alexandre, la douceur de Maelle vont profiter à notre puce malgré la distance... Promis on vient chez vous rapidement !

**À Manue et Loïc :** Les soirées en été ne seraient pas les même sans une virée habillée dans la piscine pour Manue ou un beer-pong où Loic ne lâche rien ! Je vous embrasse !

**À Emma :** LA référence rap du groupe, tu es une personne en or, grazie per tutto !

**À Margaux et Vincent :** Je vous souhaite tout le bonheur dans votre nouvelle vie de châtelains ! J'imagine déjà des enfants courants bientôt partout dans vos 2000 pièces et l'immense jardin !

**À Charlotte, Ben et Victoria :** Durant l'adolescence, ma sœur a trouvé une sœur, et par voie de conséquence je suis devenu grand frère une deuxième fois... Par chance, elle a rencontré un mec super et tout ça a permis l'arrivée d'une petite fille magnifique. Merci pour ces moments partagés depuis longtemps, hâte de vivre les prochains et de voir nos filles grandir ensemble.

**À Manue et Lilian :** J'ai vu le tout début de votre couple au travers d'une vitre (et non elle n'était pas teintée). J'ai le plaisir de partager des moments d'amitié avec vous. Vous êtes tops, ne changez pas !

**À Ambre et David :** J'ai la chance de vous compter parmi ma famille et mes amis ! Savoir que les prochaines années se dérouleront à vos côtés me remplit de joie. Je vous aime.

### **À mon dernier cercle**

**À mon Titi :** Depuis l'époque du collège « Thibaud il y a interro surprise » à notre année de P1 passée ensemble, pour bientôt travailler dans le même bloc, le chemin a été long... Nietzsche a écrit « Si tu as un ami qui souffre, sois un asile pour sa souffrance ». Tu as été d'une grande aide dans des moments difficiles, pas toujours d'accord avec mes choix mais toujours à mes côtés...Merci pour tout, je t'aime.

**À Ph (dit Riton la Cagoule), Morgane et Hortense :** Le jour des choix de médecine, j'ai retrouvé un ami d'enfance (FC METZ !!!!). Dix ans plus tard, après des journées de révisions plus FIFA que BU, des soirées qui finissaient très (trop) tard, tu m'as fait l'honneur d'être le témoin de ton amour pour **Morgane**, qui est une personne extraordinaire (ne serait-ce que parce qu'elle te supporte) ! Et surtout avant cela, j'ai eu le bonheur de devenir parrain d'**Hortense**. Merci à vous, je vous aime !

**À Johan (Le Beau) et Fanny :** Je ne peux pas tout écrire, car pleins d'évènements passés avec Johan sont improbables mais j'ai passé des supers nuits et des supers siestes dans ton ancien appart... tu es passé d'un garçon plutôt plume (Tu sais genre...) à un homme plus sérieux, marié à une princesse Niçoise drôle, des fois malgré elle (Johan, qui est cette KKchatte ???) et toujours prête à faire la fête. Je vous aime tous les 2.

**À Camille, Antoine, Charles et Octave :** Une bonne soirée copain n'est réussi que si Camille est un peu « pompette » et qu'on a le droit à « un moment De Runz » ! Vos deux petits princes sont des anges et je sais qu'ils seront des bons bodyguard pour Adèle plus tard ! Je vous envoie toute mon affection.

**À Laura, Rirou et Tristan :** Les vacances ne sont pas les mêmes sans les Dars et leur vestiaire de costumes, Lady gaga, un jockey improbable et j'en passe... Que des moments fous que je garde en mémoire et qui pourront me remonter le moral si besoin ! Vous êtes sublimes tous les 3 !

**À Chloé, Mika et Lou :** Mes Fratéeéésssss !!!! Une rencontre incroyable faite il y a déjà 5 ans... Il y a des liens immédiats qui peuvent se créer avec certaine personne et ça a été le cas avec **Mika** dans un premier temps puis avec **Chloé** dans un second... Merci pour les soirées où nous sommes sortis quand on aurait mieux fait de rentrer (L'arc et son magnum à 2), merci pour vos rires et votre joie de vivre... Je vous aime

**À Clémence, Pinpin, Agathe et Juliette :** Au collège j'ai rencontré une fille avec un Eastpak vert pomme, une fille déjà brillante... Sur son chemin, elle a rencontré un guitariste bad-boy (le bad-boy sensible) et avec le temps, ils sont devenus deux de mes meilleurs amis. Tellement de souvenirs qui me viennent en tête, des moments drôles (soirée « jeu de la pièce » au Cuba Libre qui finit en geysers dans les toilettes), des répliques hilarantes (et ben tu t'assois dessus !) et aussi des moments émouvants (les premiers mariés du groupe ... Je vous aime

**À Éléonore, Sam, Rose et Nine (et les 15 prochains enfants...) :** Par où commencer pour décrire l'amour que j'éprouve pour chacun... Mon grand frère de cœur, tu es un ami fidèle, un homme drôle, au rire si communicatif, tes « pas de danse » et ta manière si particulière d'ouvrir les cadeaux sont tes marques de fabrique. Ne change pas ! Ma Léo, je n'arrive plus à me rappeler le moment où je me suis dit qu'on était « ami », probablement parce que c'était destiné et que nous l'avons toujours été même si on ne se connaissait pas encore, voilà pourquoi tout est aussi naturel avec toi... Merci de m'avoir toujours considéré comme un membre de votre famille et de m'avoir laissé utiliser si souvent le canapé en cuir ! Je vous aime.

Mention spéciale aussi pour **Catherine**, toujours bienveillante à mon égard (et de mes chaussures blanches) quand des soirs vous nous laissez partager le canapé avec Lilou !



**À ma belle-famille :**

**À Nanie, Gérard** (que je n'ai pas eu la chance de connaître), **Mamie Astrid, Jean-Luc, Philippe, Lydie, Maxime, Alexandre, Chacha, Anne, Frédéric, Catherine, Pierre, Ambre, David, Mathieu, Anne-Laure, Hugo, Miranda, Clément, Gauthier et Éléonore :**

J'ai le bonheur d'avoir trouvé une famille dans laquelle je me sens bien, dans laquelle je me sens aimé et que j'aime. Chacun d'entre vous à sa façon m'apporte de l'affection et vous avez tous une place dans mon cœur.

**À ma famille :**

**À Fabienne et Alain :** Merci pour les livres en cadeaux de Noël, votre ouverture d'esprit et merci pour votre amour.

**À Françoise et Fabrice :** Merci pour les réunions de familles, les bonnes tartes de Mairaine et les blagues de tonton !

**À Sabine et Gilbert :** Merci pour ces beaux Noël chez vous, ces beaux moments d'enfance. Merci pour votre amour.

**À Corinne et Raymond :** Merci pour les fous rires dans votre cuisine au Sablon, les dimanches de famille qui se prolongent avec un petit kebab. Merci pour votre amour.

**À Isabelle et Frédéric :** Merci pour les chaises cassées dans le jardin sur du Louise Attaque, pour ces beaux moments partagés ensemble, en famille.

**À mon grand-père Gilbert :** J'espère que tu es fier de moi, te quierro abuelo !

**À ma grand-mère Micheline (Mamie Petit-cœur) :** tu es partie avant de m'avoir vu prêter serment...Merci pour les tables de multiplications, ton affection, ta tendresse et tout ton amour...Une partie de mon enfance est parti avec toi. J'espère que de là-haut tu es fière de moi.

**À Concetta et Luc :** Des bisous de cheval sur les cuisses, des rires et de grandes fêtes de famille...Merci pour tous ces souvenirs d'enfance passés chez vous.

**À Rosa et Gérard :** Des soirées à vous voir rire tous les quatre avec mes parents, les moments à discuter avec mon oncle dans le garage quand il racontait ses voyages et rire avec ma tante (ma deuxième maman). Tonton tu es parti trop tôt, j'aurai aimé pouvoir encore entendre tes histoires le soir de ma thèse...Je pense à toi et espère que tu me verras devenir médecin depuis là-haut.

**À Thomas et Claudine :** Pour les soirées passées à Montigny, les rires partagés et tant de bons moments passés ensemble

**À mon grand-père Giuseppe et ma grand-mère Rosa (mami Sarah) :** pour les repas italiens, le sens de la famille et les souvenirs d'enfance passés chez vous... Vous êtes toujours dans mes pensées et j'espère que vous êtes fiers de moi.

**À mes cousins, cousines, leur chéri(e) et leurs enfants : Murielle, Amar, Ines, Mael, Carine, Joris, Claire, Enguerrand, Valentine, Emilie, Matthieu, Benjamin, Julie, Julien, Thomas, Paul, Julien, Alexandre, Hugo, Morgan, Gael, Quentin, Mailys, Lisa, Alexia :**  
Merci pour tous les moments de complicités, les soirées pyjamas, les lames de martinet coupées en cachette, les bêtises d'enfants et les cousinades... Mon enfance à vos côtés n'est qu'une compilation de bons souvenirs et de rires.

**À mon père :** pour mon enfance idyllique, tes sacrifices pour qu'elle le soit. Pour ton amour inconditionnel envers tes enfants et ta force. Papa, je t'aime et j'espère te rendre fier. Aujourd'hui **Karima, Adam et bientôt Camélia** viennent compléter notre belle famille et j'en suis le plus heureux.

**À ma mère :** petit bout de femme à la force surhumaine, tu as toujours fait passer les autres et surtout tes enfants avant toi. Je te dois la vie et encore plus. Je t'aime ma petite mamoun. J'espère que tu es aussi fière de moi que je ne le suis de toi.

**À ma sœur** : Plus qu'une sœur, mon double avec des cheveux longs. Une vie à tes côtés sera dans tous les cas, trop courte, tu me comprends en un regard. Merci d'être comme tu es, merci d'avoir amené **Cédric**, un amour de beau-frère, dans notre famille et merci de m'avoir confié le rôle de parrain pour votre petit ange **Emma** que j'aime déjà éperdument.

Et pour finir, à l'amour de ma vie, **Andréa** (tu vois tu auras presque ta page rien que pour toi...) : Depuis quatre ans, je sais ce que veulent dire les mots heureux et épanoui grâce à toi. Tu es drôle, intelligente et surtout tu me supportes au quotidien (et je sais que ce n'est pas facile). J'ai énormément de chance de t'avoir à mes côtés. Je te remercie de ton soutien pendant ces années d'internat pas toujours simples et particulièrement cette période d'écriture de thèse un brin stressante. Tu es l'oreille qui m'écoute, l'épaule qui me soutient, tu me rends meilleur. J'ai hâte de bientôt pouvoir être ton mari.

Tu m'as surtout fait le plus beau cadeau de la vie, **Adèle**. Ma princesse, tu es encore trop petite pour comprendre cette étape importante dans ma vie mais j'espère qu'un jour tu liras ce texte et que tu seras fière de ton papa.

**Je vous aime, plus que tout.**



## SERMENT D'HYPPOCRATE

*« Au moment d'être admis à exercer la médecine, je promets et je jure fidélité aux lois de l'honneur et de la probité. Mon premier souci sera de rétablir, de préserver ou de promouvoir la santé dans tous ses éléments physiques et mentaux, individuels et sociaux. Je respecterai toutes les personnes, leur autonomie et leur volonté, sans aucune discrimination selon leur état ou leurs convictions. J'interviendrai pour les protéger si elles sont affaiblies, vulnérables ou menacées dans leur intégrité ou leur dignité. Même sous la contrainte, je ne ferai pas usage de mes connaissances contre les lois de l'humanité. J'informerai les patients des décisions envisagées, de leurs raisons et de leurs conséquences. Je ne tromperai jamais leur confiance et n'exploiterai pas le pouvoir hérité des circonstances pour forcer les consciences. Je donnerai mes soins à l'indigent et à quiconque me les demandera. Je ne me laisserai pas influencer par la soif du gain ou la recherche de la gloire.*

*Admis dans l'intimité des personnes, je tairai les secrets qui me sont confiés. Reçu à l'intérieur des maisons, je respecterai les secrets des foyers et ma conduite ne servira pas à corrompre les mœurs. Je ferai tout pour soulager les souffrances. Je ne prolongerai pas abusivement les agonies. Je ne provoquerai jamais la mort délibérément.*

*Je préserverai l'indépendance nécessaire à l'accomplissement de ma mission. Je n'entreprendrai rien qui dépasse mes compétences. Je les entretiendrai et le perfectionnerai pour assurer au mieux les services qui me sont demandés.*

*J'apporterai mon aide à mes confrères ainsi qu'à leurs familles dans l'adversité.*

*Que les hommes et mes confrères m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses ; que je sois déshonoré et méprisé si j'y manque. »*



# TABLE DES MATIÈRES

<b>LISTE DES ABREVIATIONS</b> .....	39
<b>INTRODUCTION</b> .....	41
<b>PREMIERE PARTIE : État des connaissances actuelles</b> .....	43
1. Le complexe Scapho-Lunaire : une entité ligamentaire unique .....	45
2. L'instabilité dissociative scapho-lunaire : définition et concepts actuels .....	49
3. Le diagnostic de l'instabilité scapho-lunaire : un véritable challenge .....	53
4. Le scanner dynamique 4D : un nouvel outil diagnostique et pronostic .....	67
<b>DEUXIEME PARTIE : Corrélation entre évaluations arthroscopique et arthroscannographique dynamique 4D des instabilités scapho-lunaires du poignet : À propos de 16 cas.</b> .....	71
1. Résumé.....	72
2. Introduction .....	73
3. Matériels et Méthodes .....	75
3.1. Population de l'étude .....	75
3.2. Technique chirurgicale.....	75
3.3. Evaluation radiographique .....	76
3.4. Evaluation arthroscannographique.....	77
3.5. Acquisition CT4D.....	79
3.6. Évaluation des données et post-traitement des images CT4D .....	81
3.7. Définition des sous-groupes.....	83
3.8. Analyse Statistique.....	83
4. Résultats .....	85
4.1. Analyse radiographique .....	85
4.2. Analyse arthroscannographique.....	87
4.1. Analyse CT4D .....	89
5. Discussion .....	94
<b>REFERENCES</b> .....	99





## LISTE DES ABREVIATIONS

Amp : intervalle des valeurs  
AR : Absence de rupture ligamentaire  
CLA : Angle capito-lunaire  
CT4D : Scanner dynamique 4D  
CV : Coefficient de variation  
DCISS : Dorsal Capsulo-Scapholunate Septum  
DIC : Ligament inter-carpien dorsal  
DISI : Dorsal Intercalated Segment Instability  
DRU : Déviation radio-ulnaire  
GIM : Groupe ISL modérée  
GIS : Groupe ISL sévère  
GN : Groupe Normal  
Gy : Gray  
ISL : Instabilité scapho-lunaire  
LIOSL : ligament inter-osseux scapho-lunaire  
Max : Valeur maximale  
MC : Médio-carpien(ne)  
Mean : Valeur moyenne  
PPS : Pôle proximal du scaphoïde  
PRSA : Angle postérieur radio-scaphoïdien  
RC : Radio-carpien(ne)  
RDC : Ligament radio-carpien dorsal  
RLL : Ligament long radio-lunaire  
RP : Rupture partielle ligamentaire  
RSA : Angle radio-scaphoïdien  
RSC : Ligament radio-scaphoïdien  
RT : Rupture totale ligamentaire  
Se : Sensibilité  
SLA : Angle scapho-lunaire  
SLAC : Scapho Lunate Advanced Collapse  
SLG : espace scapho-lunaire, D : dynamique, S : statique  
Sp : Spécificité  
SPS : Subluxation postérieure du scaphoïde  
STT : ligament scapho-trapézo-trapézien  
Sv : Sievert  
T : Tesla



## INTRODUCTION

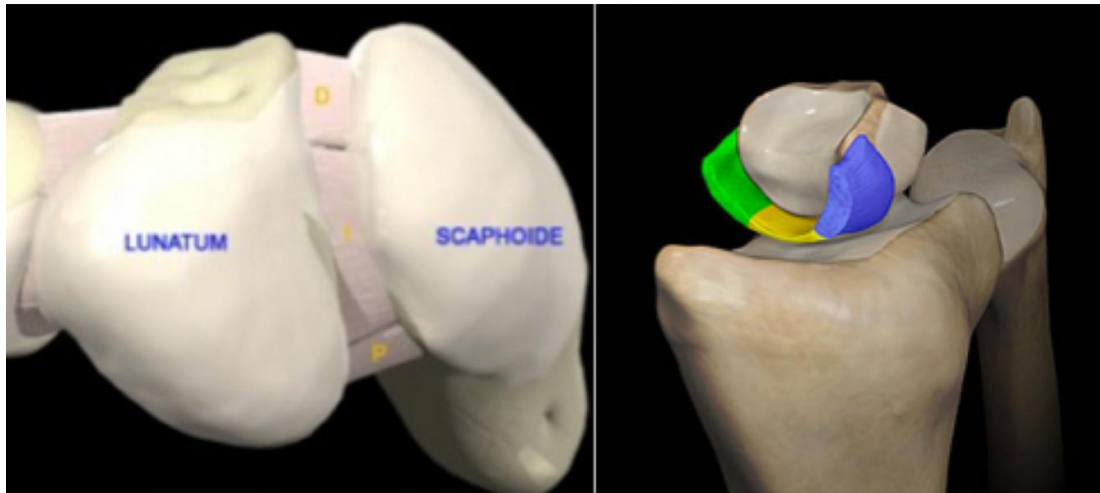
Le LIOSL est un ligament intrinsèque essentiel du carpe (Carlsen et Shin, 2008 ; Kitay et Wolfe, 2012 ; Kijima et Viegas, 2009 ; Kamal et al., 2016 ; Taleisnik, 1985 ; Short et al., 2002 ; Short et al., 2005 ; Short et al., 2007). Selon Ward et al., (2015) il s'agit du ligament le plus fréquemment lésé dans les pathologies ligamentaires du poignet. Des études cadavériques ont mise en évidence la présence de ruptures du LIOSL dans environ un tiers des poignets de patients âgés ; la majorité n'avaient pas d'antécédent connu de traumatisme de poignet (Lee et al., 2004 ; Wright et al., 1994).

L'ISL représente la principale instabilité du carpe (Carlsen et Shay, 2008 ; Kani et al., 2016). Sa prévalence dans la population est évaluée entre 10 et 60% selon l'âge (Pliefke et al., 2007). Elle touche le plus souvent des patients jeunes, ou d'âge moyen en activité professionnelle. Un traumatisme isolé à haute énergie ou des microtraumatismes répétés, dus à l'activité professionnelle, représentent les principaux facteurs en cause (Murphy et al., 2018). Il est acquis que cette pathologie met en cause le LIOSL, mais également d'autres stabilisateurs ligamentaires tels que les ligaments extrinsèques palmaires et dorsaux du carpe (Berger, 1997 ; Viegas et al., 1999 ; Short et al., 2002 ; Short et al., 2005 ; Short et al., 2007). La genèse des différents stades de cette instabilité, et les ligaments progressivement impliqués ne sont pas actuellement établis. Toutefois, Watson et Ballet en 1984 précisaient l'évolution naturelle de cette pathologie vers le développement d'une arthrose SLAC. Cette dernière était présente dans 57% des poignets étudiés par les auteurs, représentant la cause la plus fréquente d'arthrose du poignet

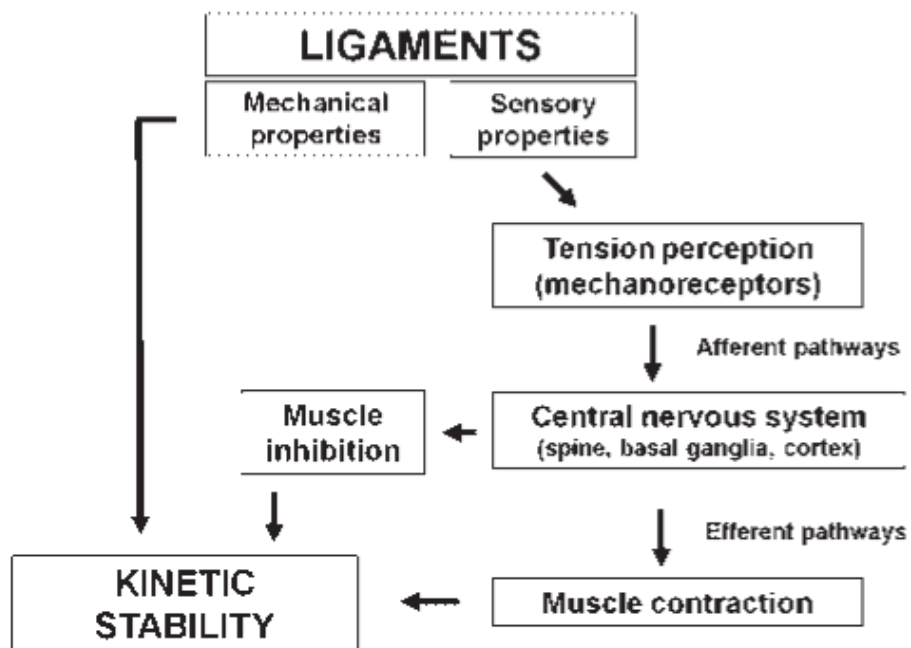
L'ISL est responsable de douleurs chroniques invalidantes de poignet, avec une gêne fonctionnelle responsable d'un retentissement sur les activités quotidiennes et professionnelles. Elle constitue ainsi un réel enjeu socio-économique. L'ISL pose des difficultés tant diagnostic (Schadel-Hopfner et al., 2005 ; Bille et al., 2007 ; Cognet et al., 2008 ; Löw et al., 2017) que thérapeutique (Athlani et al., 2017 ; Kitay et al., 2012). Devant les insuffisances des outils d'imagerie standards, de multiples auteurs recommandent actuellement la réalisation d'une arthroscopie exploratrice à visée diagnostique (Dautel et al., 1993 ; Geissler, 1996 ; Messina et al., 2013 ; Löw et al., 2017).



## **PREMIERE PARTIE : État des connaissances actuelles**



**Figure 1** : Représentation graphique du LIOSL avec ses trois portions. La portion palmaire (P) en vert ; la portion centrale (I) en jaune ; la portion dorsale (D) en bleu.

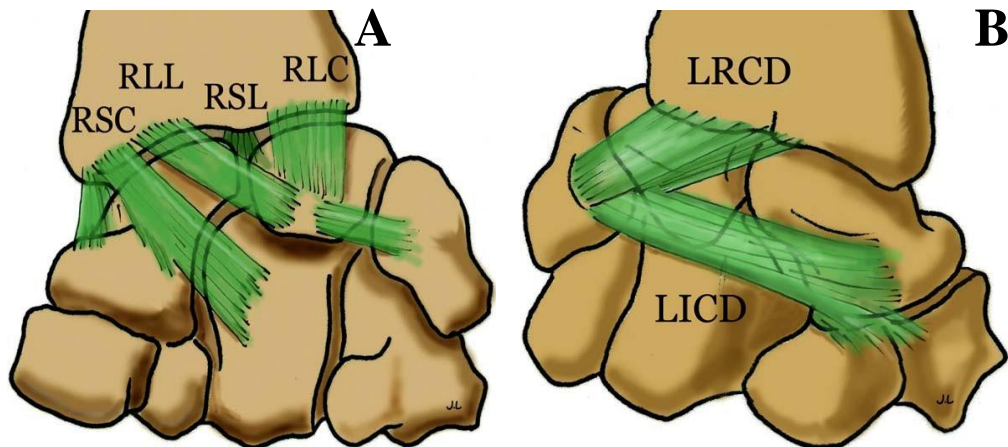


**Figure 2** : Diagramme représentant les éléments impliqués dans la stabilité du carpe (d'après Salva-coll et al., 2013).

## **1. Le complexe Scapho-Lunaire : une entité ligamentaire unique**

Il s'agit d'une réelle entité ligamentaire influençant la cinétique carpienne (Salva-coll et al., 2013; Kamal et al., 2016; Kani et al., 2016; Kijima et al., 2009; Kitay et Wolfe, 2012; Rajan et Day, 2015; Short et al., 2002; Short et al., 2005; Short et al., 2007; Taleisnik, 1985). Au sein de ce complexe, le LIOSL représente la clé de voute. Il s'agit d'un ligament intrinsèque, intra-articulaire, reliant le scaphoïde et le lunatum (Figure 1). En forme de C ou « U » inversé, il s'insère sur les berges dorsales, proximales et palmaires du scaphoïde et du lunatum, laissant entre ces deux os un espace ouvert en distal. Il est formé de trois portions qui ont une structure et des propriétés distinctes : les portions dorsale et palmaire sont de vraies structures ligamentaires, constituées de fibres de collagène et d'un tissu de soutien contenant des pédicules vasculo-nerveux, alors que la portion intermédiaire est un fibrocartilage fin et avasculaire. La portion dorsale, constituée de fibres transversales, est la partie la plus épaisse (3mm) et offre le plus de stabilité du poignet (Ranjan et Day, 2015; Berger et al., 1999; Kitay et Wolfe, 2012). D'après Salva-coll et al., (2013), cette portion ne se rompt qu'après l'application d'une force axiale de 260 newtons, or les pressions exercées sur un poignet en charge peuvent être supérieures à ce seuil. Les ligaments intrinsèques seuls ne sont donc pas suffisants pour assurer l'ensemble de la stabilité du poignet, et nécessite une réponse musculaire stabilisatrice associée (Figure 2). Cette dernière est assurée par une action agoniste-antagoniste lors des mouvements de poignet grâce à des mécano- et propriocepteurs situés aussi bien dans la portion dorsale que palmaire du LIOSL (Hagert et al., 2005 ; Mataliotakis et al., 2009 ; Salva-coll et al., 2013). Pour Viegas et al., (1999) et Short et al., (2002,2005,2007), même si le LIOSL est le stabilisateur principal de l'articulation SL, d'autres ligaments stabilisateurs du complexe SL sont tout aussi importants (Figure 3). Parmi eux, sont classiquement cités des ligaments extrinsèques dorsaux tel que le RDC, le DIC et le DCISS (Von Overstraeten et al., 2013) (Figure 4) ; mais aussi des ligaments extrinsèques palmaires tels que le RSC, le RLL et enfin le complexe ligamentaire STT.

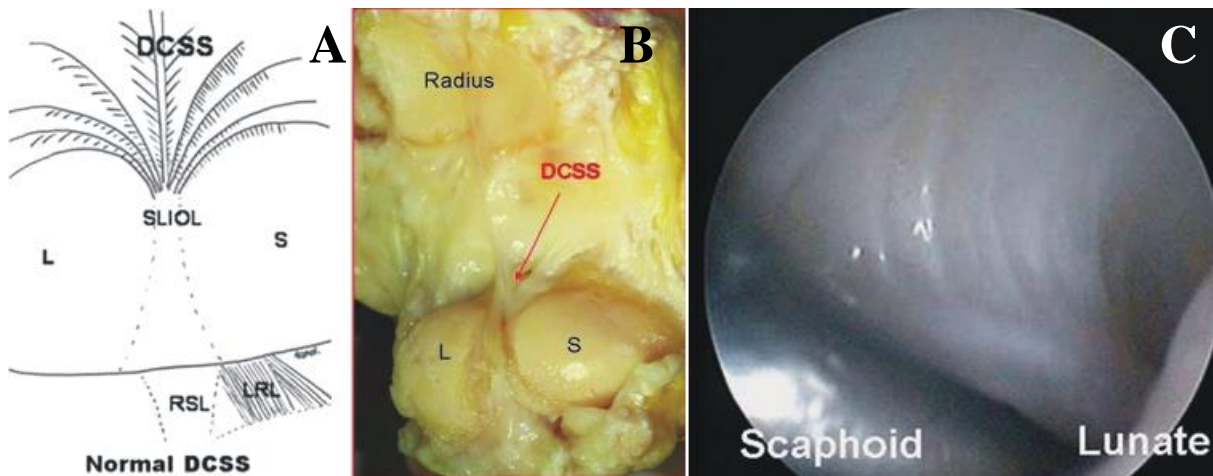
Dans une situation non pathologique, lorsqu'une charge axiale est exercée sur le poignet, cela entraîne une supination de la rangée distale du carpe et le lunatum est alors soumis à deux mouvements opposés : un mouvement d'extension par le triquetrum d'une part et un mouvement de flexion par le scaphoïde d'autre part ; le LIOSL est alors essentiel pour assurer la stabilité du lunatum et du carpe (Salva-coll et al., 2013) (Figure 5). Garcia-Elias et al., (2017) confirmaient le rôle important du LIOSL lorsque le poignet est soumis à une charge axiale, et ajoutaient le principe des Ligaments Hélicoïdaux Anti-pronation (LIHAP) ou



**Figure 3** : Schéma représentant des ligaments extrinsèques palmaires (A) et dorsaux (B) (d'après Laulan, 2009).

**A** : RSC : radio-scapho-capital ; RLL : long radio-lunaire ; RLC : court radio-lunaire ; RSL : radio-scapho-lunaire.

**B** : LRC : ligament radio-carpien dorsal ; LICD : ligament inter-carpien dorsal.



**Figure 4** : Schéma et photographies représentant le DCSS.

**A** : Schéma d'un DCSS lors d'une vue RC (d'après Van Overstraeten et Camus, 2016).

Il s'agit d'une structure fibreuse, étendue depuis la portion dorsale de la capsule articulaire vers la portion dorsale du LIOSL (SLIOL) et du ligament DIC.

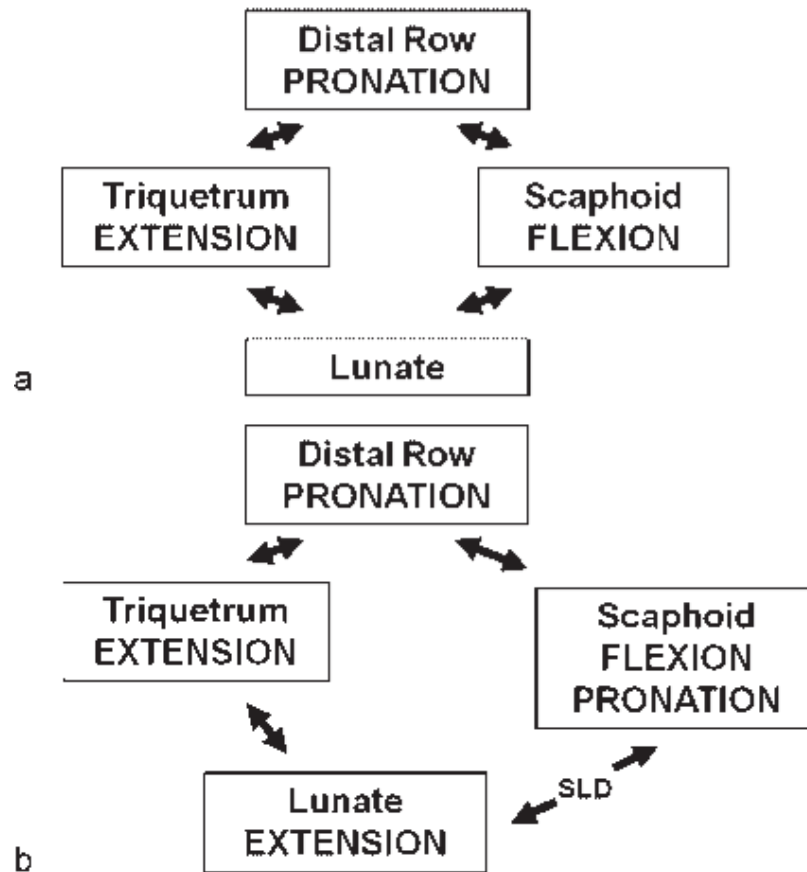
S : scaphoïde ; L : lunatum

**B** : Vue macroscopique d'un DCSS sain, après ouverture capsulaire lors d'une étude cadavérique (d'après Van Overstraeten et al., 2013).

**C** : Vue arthroscopique par voie RC d'un DCSS sain.



Anti-supination (LIHAS). La portion dorsale du LIOSL est incluse dans les LIHAP avec d'autres ligaments extrinsèques et intrinsèques limitant la flexion et la pronation du scaphoïde lors de la mise en charge axiale du poignet. Les LIHAS, dont fait partie la portion palmaire du LIOSL, tentent d'éviter l'hyper-supination du carpe qui apparaît notamment lors de traction du poignet. De Roo et al., (2019) ont montré par une modélisation 3D des mouvements du scaphoïde et du lunatum, que l'axe de rotation du couple SL passait par la portion dorsale du PPS et par l'arête dorsale du lunatum. Le scaphoïde avait une flexion moyenne de 38° par rapport au lunatum lors d'un mouvement de flexion-extension du poignet.



**Figure 5 :** Diagramme illustrant le concept biomécanique de l'anneau (d'après Salva-coll et al., 2013).

(a) Le carpe a été assimilé à un anneau composé de quatre éléments reliés par quatre liens ligamentaires.

(b) Dans l'ISL, le scaphoïde se réduit en flexion et en pronation, et le lunatum suit le triquetrum en extension, ce qui entraîne un DISI.

## **2. L'instabilité dissociative scapho-lunaire : définition et concepts actuels**

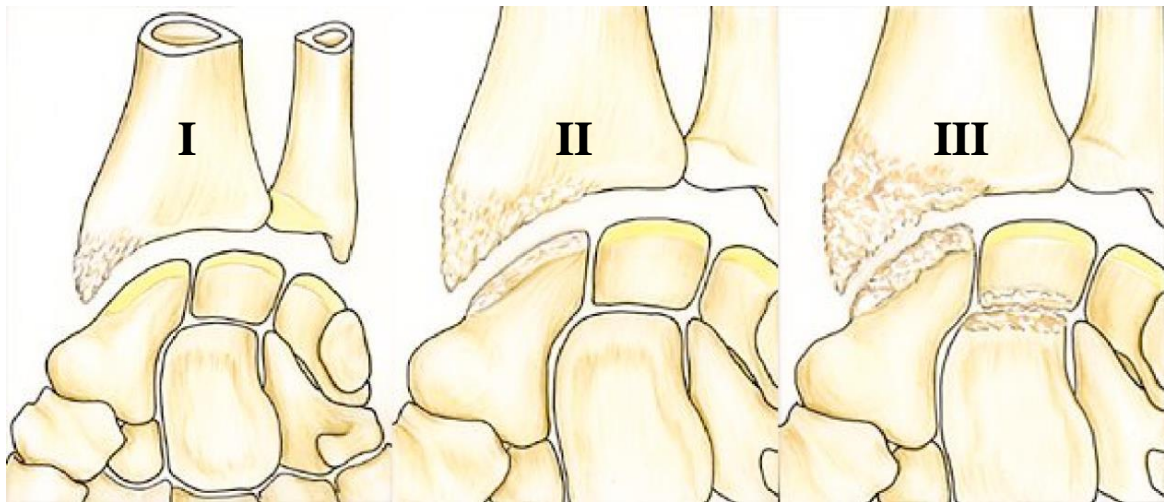
Linscheid et al., (1972) ont décrit le concept d'instabilité du carpe par une modification des rapports normaux entre les os du carpe.

C'est la « Mayo Classification » qui a établi les concepts d'instabilité dissociative (entre deux os d'une même rangée carpienne) et non dissociative (entre un ou plusieurs os des deux rangées carpiennes).

Larsen et al. (1995), ont proposé une classification en fonction du délai du traumatisme supposé responsable de l'instabilité : à moins d'une semaine, il s'agit d'une instabilité aiguë pour laquelle la cicatrisation ligamentaire primaire est envisageable ; entre 2 et 6 semaines, la lésion est classée comme subaiguë et il existe encore des possibilités de cicatrisation primaire mais dans des conditions plus difficile ; au-delà de 6 semaines, on parle de lésion chronique avec de très faibles possibilités de cicatrisation primaire. Taleisnik entre 1985 et 1990 a introduit les notions d'instabilités dynamique et statique ; il s'agit d'une définition radiologique. L'instabilité dynamique est visible sur des clichés dynamiques ou en stress (poing serré) alors que l'instabilité statique est mise en évidence sur des radiographies standards de face et de profil strict.

Watson et al., (1993) ajoutaient la notion d'instabilité pré-dynamique ou occulte qui représente une instabilité sans anomalie radiologique rendant l'exploration arthroscopique primordiale. L'ISL est donc une instabilité dissociative du carpe qui, sous sa forme statique se manifeste radiologiquement de manière typique par un SLG de plus de 3 mm, par une instabilité en extension du lunatum ou DISI et par une SPS (Athlani et al., 2017).

Une lésion complète du LIOSL n'est pas forcément synonyme d'ISL statique (Taleisnik, 1985; Kani et al., 2016; Kijima et al., 2009; Kitay et Wolfe, 2012; Rajan et Day, 2015). C'est l'atteinte associée du LIOSL et d'autres structures ligamentaires stabilisatrices qui entrainerait le passage d'un stade dynamique à stade statique, avec notamment la mise en cause des ligament extrinsèques dorsaux et palmaires dont les ligaments DIC, RDC, DCSS, RSC et les ligaments STT (Viegas et al., 1999 ; Short et al., 2002; Short et al., 2005 ; Short et al., 2007 ; Van Overstraeten et al., 2013). Aucune certitude n'existe en ce qui concerne l'aggravation des ISL occultes vers un stade dynamique (Kitay and Wolfe, 2012). En revanche le passage d'une instabilité dynamique en statique est largement admis ; même si selon Taleisnik (1988), il n'est pas possible de prédire que toutes les instabilités dynamiques évolueraient vers des stades statiques.



**Figure 6** : Représentation graphique de la chronologie des trois étapes d'arthrose SLAC.

- Stade 1** : arthrose Stylo-scaphoïdienne.
- Stade 2** : arthrose Radio-scaphoïdienne.
- Stade 3** : arthrose Capito-lunaire.

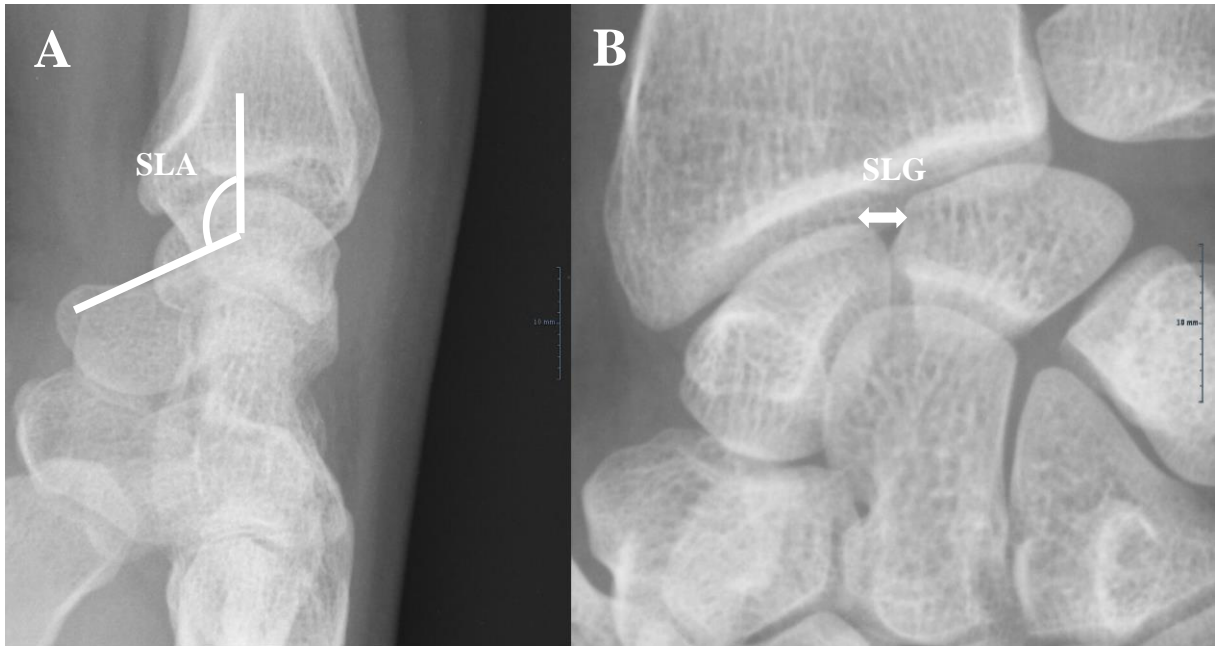


**Figure 7** : Radiographie de face d'un poignet droit atteint de SLAC 3. Les interlignes radio-scaphoïdienne (\*) et capito-lunaire (\*\*) présentent un pincement articulaire. Le SLG (flèche) est largement supérieur à 3mm.

Ces concepts mécaniques ont permis à Laulan (2009) de mieux comprendre et qualifier la SPS qui était décrite jusqu'alors comme uniquement rotatoire (Burgess, 1987 ; Blevens et al., 1989). Il s'agit en fait d'une subluxation postérolatérale de l'ensemble scaphoïde–deuxième rangée.

Cela permet d'expliquer, d'une part, le contact entre la berge dorsale du radius et le PPS aboutissant à de l'arthrose radio-scaphoïdienne et, d'autre part, le décentrage MC, responsable de la déformation en DISI, source de l'arthrose capito-lunaire.

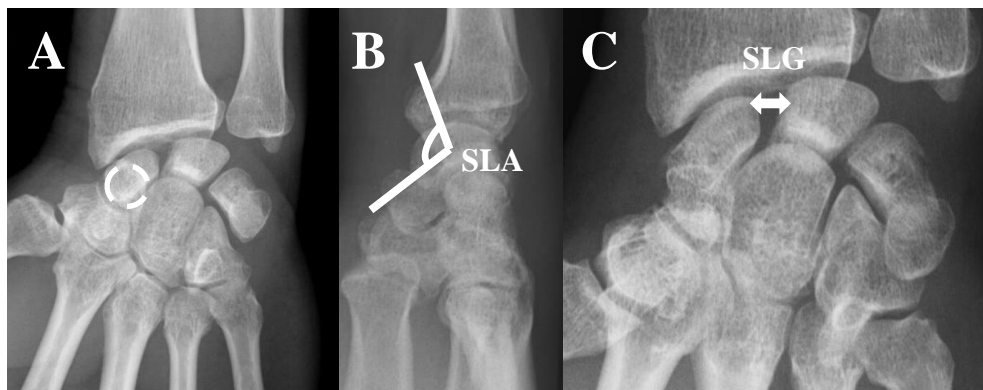
Selon Watson et Ballet (1984), la survenue d'une arthrose « SLAC » n'est certaine qu'au stade d'ISL statique, et elle évolue selon une chronologie prédictible de trois étapes : le stade 1 correspondant à une arthrose stylo-scaphoïdienne, le stade 2 à une arthrose radio-scaphoïdienne puis le stade 3 à une arthrose MC. (Figure 6) (Figure 7)



**Figure 8** : Radiographies de face, et de profil strict de poignet droit montrant les paramètres radiographiques à mesurer.

**A** : SLA normal entre 30 et 70° (Larsen et al.1995).

**B** : SLG  $\leq$ 3mm (Cautili et al.,1991).



**Figure 9** : Radiographies de face (A), de profil strict (B) et de face poing serré (C) d'un poignet droit atteint d'ISL stade 3.

**A** : Signe de l'anneau : projection du tubercule du scaphoïde en superposition à l'isthme par flexion scaphoïdienne (cercle en pointillé).

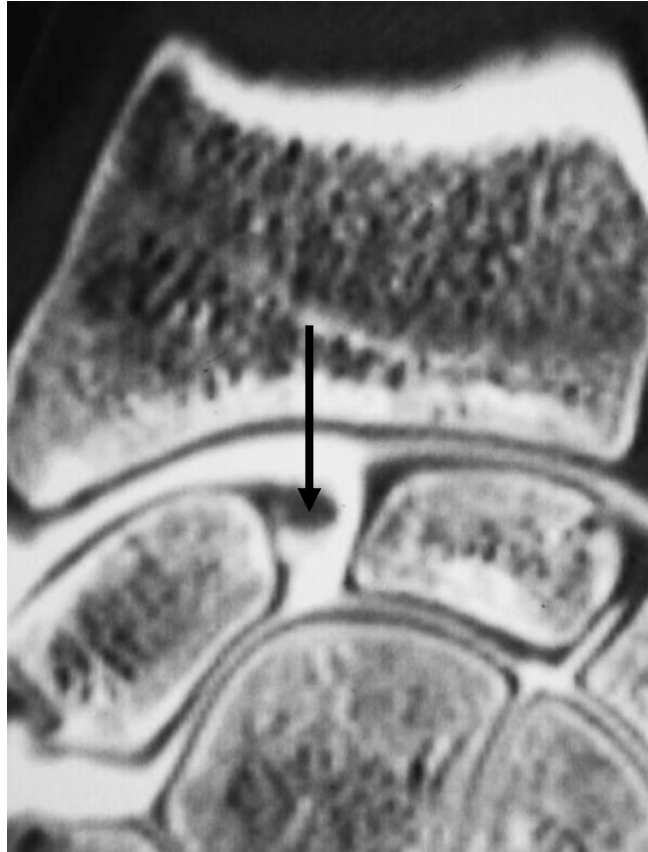
**B** : SLA  $>$ 70° avec DISI.

**C** : SLG de plus de 3 mm

### **3. Le diagnostic de l'instabilité scapho-lunaire : un véritable challenge**

Aucun signe clinique ne semble pathognomonique d'une ISL. La principale plainte est une douleur chronique à la face dorsale du poignet en regard de l'articulation SL majorée à la dorsiflexion. La perte de force est également classique (Kitay et Wolfe, 2012; Guss et al., 2015).

Parmi les manœuvres dynamiques, le test décrit par Watson et al. (1988) a pour objectif de détecter une douleur déclenchée par une pression exercée sur le tubercule scaphoïde lors du passage du poignet d'une position de déviation ulnaire en déviation radiale. Il est classique d'observer en cas d'une dissociation SL, la présence d'un ressaut associé à la douleur. Le bilan d'imagerie conventionnelle associant des radiographies et un arthroscanner représente la première prescription d'examens complémentaires à réaliser devant une suspicion clinique d'ISL. Les radiographies doivent être bilatérales, standards de face et de profil strict, mais également dynamiques de face poings serrés (Gilula, 1978 ; Mergerle et al., 2011; Lawand et Foulkes, 2003; Pliefke et al., 2008). L'objectif est l'identification de signes indirects d'ISL sur les clichés statiques et/ou dynamiques (Figure 8 et 9). Cependant, la présence d'un critère radiographique avec une valeur supérieure à la normale, n'est pas nécessairement synonyme d'une lésion pathologique. Picha et al., (2012) rapportaient une majorité d'anomalies radiologiques (52% d'espaces SL pathologiques, 70% d'angles SL anormaux) bilatérales chez des patients asymptomatiques.



**Figure 10** : Arthroscanner d'un poignet droit en coupe coronale montrant des signes de rupture du LIOSL.

- Passage du produit de contraste depuis l'articulation MC vers l'articulation RC.
- Reliquat ligamentaire LIOSL (pointe de la flèche).



Depuis plusieurs années, l'arthroscanner est l'outil d'imagerie le plus fréquemment utilisé pour le diagnostic de rupture du LIOSL (Shahabpour et al., 2015; Bille et al., 2007; Cognet et al., 2008). Il a pour objectif d'identifier des lésions ligamentaires intrinsèques du carpe de façon indirecte en testant la perméabilité de chaque ligament (Figure 10).

Il permet également d'avoir une analyse fine des surfaces cartilagineuses.

La réalisation de l'injection du produit de contraste doit se faire selon un ordre précis ; en MC puis radio-ulnaire puis RC (Cognet et al., 2008).

Différentes études ont montré la bonne performance diagnostic de l'arthroscanner pour mettre en évidence une RP ou une RT du LIOSL. Pour Schmid et al., (2005) sa Se atteignait 100% et sa Sp de 77%. Pour Kitay et al., (2012) sa Se était de 95% et la Sp de 86%.

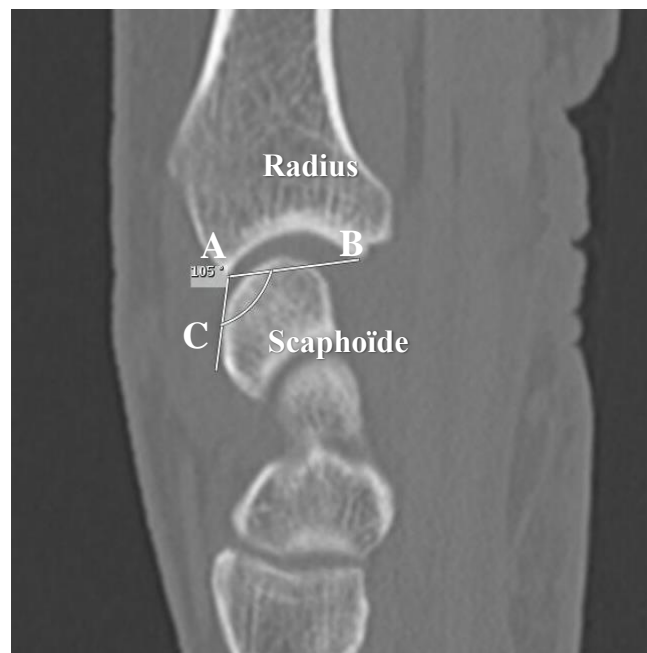
Toutefois, la présence d'un arthroscanner positif pour une lésion ligamentaire ne signifie pas l'existence d'une ISL (Kitay et Wolfe, 2012; Rajan et Day, 2015) car il s'agit le plus souvent d'un état pathologique dynamique, à l'exception des stades statiques plus avancés pour lesquels la dissociation intra-carpienne ne fait aucun doute sur des radiographies standards.



**Figure 11** : Radiographies de poignet de profil strict. Évaluation radiographique de la subluxation postérieure du scaphoïde.

**A** : Aucun déplacement postérieur du pôle proximal n'apparaît en l'absence d'ISL avec un scaphoïde parfaitement centré dans sa fossette radiale.

**B** : En cas d'ISL, on visualise le déplacement dorsal du pôle proximal du scaphoïde par rapport à la tangente à la corne postérieure du lunatum.



**Figure 12** : Arthroscanner de poignet en coupe sagittale. Méthode de mesure du PRSA.

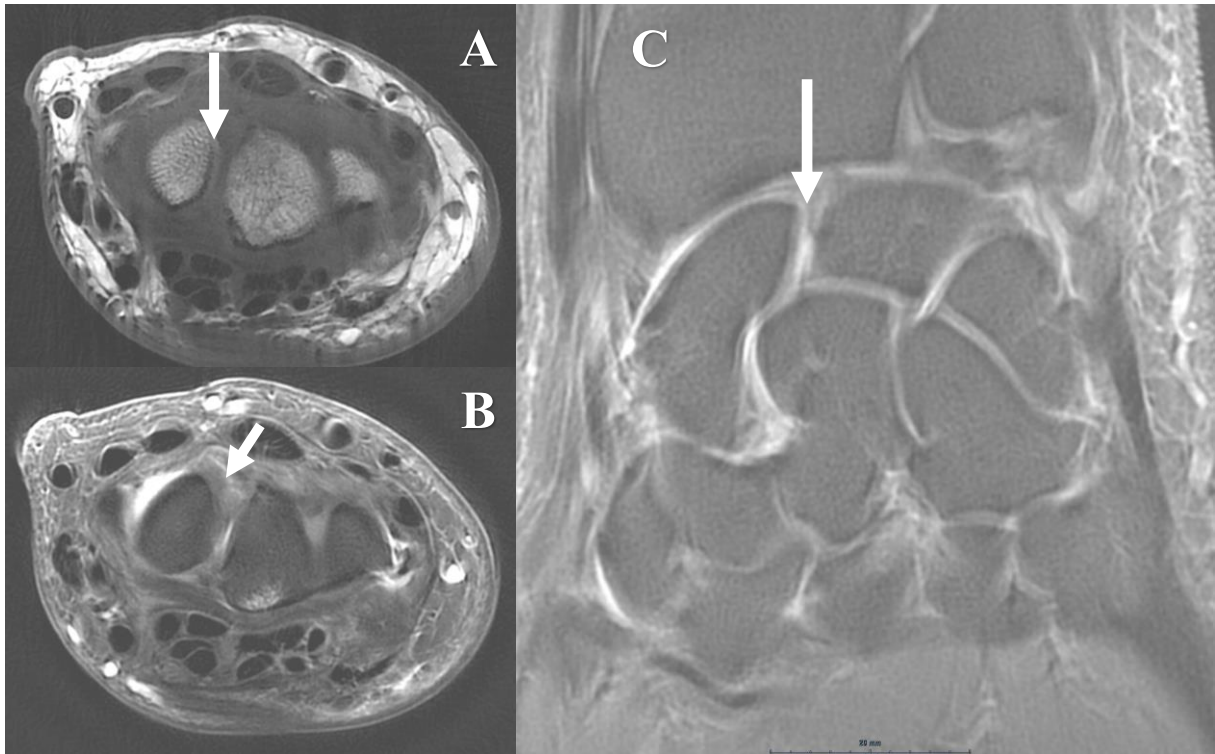
**A et B** : bords postérieur et antérieur de la fossette scaphoïdienne du radius.

**C** : le point le plus postérieur du PPS.

Deux lignes sont ensuite tracées, l'une allant du bord dorsal de la fosse scaphoïde au point postérieur du scaphoïde (**A à C**) et l'autre entre les bords dorsal et palmaire de la fossette scaphoïdienne du radius (**B à C**). L'angle formé par ces deux lignes est le PRSA (ici d'une valeur de  $105^\circ$ ).

La SPS semble représenter un élément essentiel dans le diagnostic d'une ISL quel que soit son stade. Sa mise en évidence sur les radiographies standards de profil est possible (Athlani et al., 2017) en prenant comme repère la tangente à la corne postérieure du lunatum (Figure 11) et la situation du PPS par rapport à celle-ci. Toutefois, la mise en évidence de stade précoce de subluxation et la grande variation des incidences en radiographie rendent cette analyse parfois difficile.

Teixeira et al., (2016) préfèrent ainsi mesurer le PRSA sur des incidences sagittales scannographique (Figure 12). Ils le considèrent comme un facteur pronostic d'évolution arthrosique. Une valeur supérieure à  $114^\circ$  semblerait associée à la présence de signes d'arthrose SLAC dans 80% des cas avec une Se et Sp de 80 % et 89,7%, respectivement.



**Figure 13** : IRM de poignet droit objectivant une RT du LIOSL.

**A** : Incidence axiale en pondération T1 mettant en évidence un hyper-signal dans la portion dorsale du LIOSL (flèche indiquant la localisation de la rupture LIOSL).

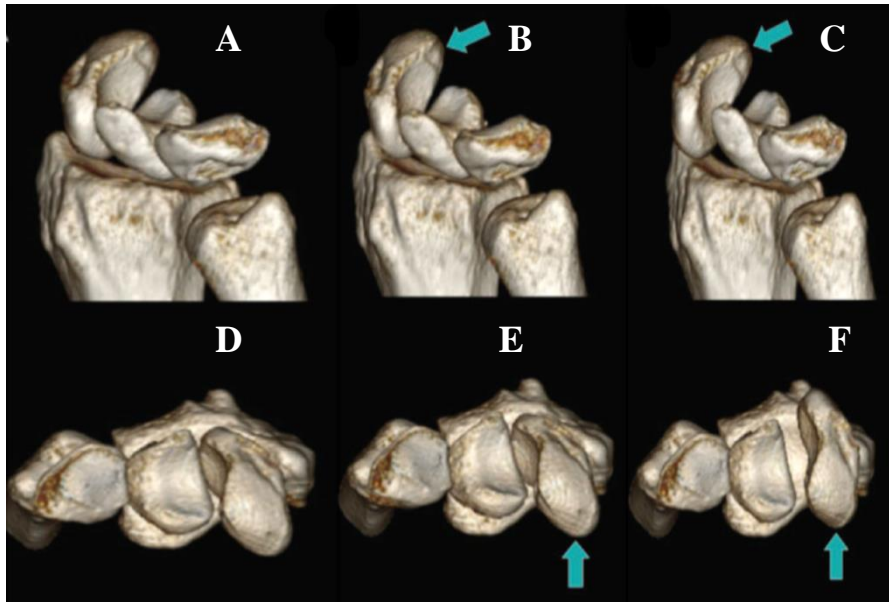
**B** : Incidence axiale en pondération T2 fat-sat mettant en évidence un hypo-signal de cette même lésion LIOSL (flèche indiquant la localisation de la rupture LIOSL).

**C** : Incidence coronale en pondération T2 révélant par hypo-signal une RT du LIOSL (indiquée par la pointe de la flèche).

Alternative non invasive, l'IRM a fait l'objet de beaucoup d'articles (Johnstone et al., 1997 ; Scheck et al., 1997; Schädel-Höpfner et al., 2001; Mahmood et al., 2012; Morley et al., 2001; Moser et al., 2007; Hazefi-Nejad et al., 2016). Par son analyse morphologique, elle permet de visualiser directement les lésions ligamentaires et cartilagineuses. Il est cependant nécessaire d'utiliser des machines performantes de type 3,0 T et des protocoles précis, utilisant notamment des séquences 3D en écho de gradient, afin d'objectiver les lésions des ligaments intrinsèques. Plusieurs études récentes ont comparé les mêmes séquences à 1,5 et 3,0 T (Saupe et al., 2005 ; Anderson et al., 2015) ; la qualité subjective et le rapport signal sur bruit des images étaient significativement plus élevés en 3,0 T. Magee (2009) avec une IRM 3,0 T, retrouvait une Sp de 100% avec une Se de 89% pour le diagnostic d'une lésion du LIOSL. L'injection de gadolinium accentue ces zones déjà hyper intenses en pondération T2. De plus, les structures ligamentaires extrinsèques peuvent être visualisées (Ozkan et al., 2019). L'inconvénient reste toujours sa disponibilité limitée (notamment pour les IRM 3T) et son coût (Figure 13).

Au final, les examens complémentaires en imagerie conventionnelle sont des examens statiques visant à confirmer le diagnostic de lésion du LIOSL (plus ou moins les ligaments extrinsèques du carpe) sans pouvoir affirmer celui d'ISL notamment à des stades précoces. En effet, le comportement dynamique du couple SL est impossible à analyser par ces examens d'imagerie. Seuls des signes indirects d'ISL sont visualisables.

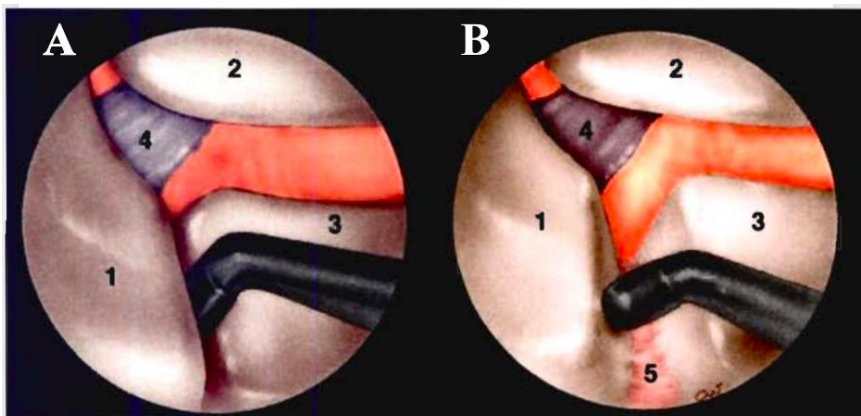
Au stade statique, même si les signes radiologiques sont évidents, il est également difficile d'évaluer la mobilité du scaphoïde et donc la réductibilité de cet état de dissociation.



**Figure 14** : Représentation graphique 3D d'un poignet droit, au niveau de la première rangée du carpe, expliquant la positivité du test arthroscopique de Corella et al., (2013) en cas d'ISL.

**A-B-C** : En vue latérale, l'appui externe sur le tubercule du scaphoïde (flèche verte) entraîne la SPS (C).

**D-E-F** : Vues axiales de la même manœuvre (flèche verte) entraînant un déplacement dorsal du PPS ainsi qu'une augmentation du SLG associé à un déplacement radial du scaphoïde.



**Figure 15** : Schéma représentant la vue arthroscopique d'un poignet au niveau de l'articulation MC. Le testing de la congruence articulaire SL est réalisée par le crochet du palpeur.

**A** : Le crochet est introduit dans l'espace entre le scaphoïde (1) et le lunatum (3). La tête du capitatum est visible en haut (2), de même que le Ligament RSC (4).

**B** : Sous l'effet du mouvement de torsion appliqué au crochet, un diastasis se démasque entre le scaphoïde (1) et le lunatum (3). Le SLG s'ouvre et les reliquats ligamentaires (5) deviennent visibles vers l'articulation RC.

Dès lors, l'arthroscopie exploratrice a pris rapidement une place de choix dans l'analyse diagnostique, la considérant par de nombreux auteurs comme « gold standard » pour l'évaluation ligamentaire et articulaire du carpe et notamment du couple SL (Dautel et al., 1993 ; Bille et al., 2007 ; Johnstone et al., 1997 ; Morley et al., 2001). Cette intervention chirurgicale permet d'établir le diagnostic certain d'une atteinte ligamentaire intrinsèque, mais aussi une gradation de la sévérité lésionnelle. Elle rend précis l'évaluation des surfaces articulaires RC et MC avec des lésions décelables dès le stade de chondrite. Par la réalisation de divers tests dynamiques, l'arthroscopie évalue le comportement du scaphoïde et de l'articulation SL. Ceci permet de confirmer le diagnostic d'ISL à des stades précoces non visibles en imagerie conventionnelle. Classiquement, l'analyse en RC est suivie d'une analyse en MC. L'analyse qualitative du LIOSL paraît la plus pertinente en RC ; il présente un aspect concave avec la visualisation immédiate, dès l'introduction de l'arthroscope, des portions palmaire et intermédiaire. La visualisation de la portion dorsale et de son attache à la capsule dorsale ou « DCSS » est plus délicate, nécessitant de jouer avec la triangulation de l'arthroscope.

L'analyse « quantitative » de l'articulation SL est plus adaptée en MC ; l'intervalle SL doit être normalement serré et congruent sans aucune « ouverture » possible. Parmi les tests dynamiques, un état d'ISL peut être mis en évidence par l'introduction du crochet d'un palpeur dans le SLG et par la dissociation du scaphoïde et lunatum par un mouvement de « twist » ou torsion. Dautel et Merle (1993) puis plus récemment Corella et al. (2013) décrivaient un autre test dynamique complémentaire. Il s'agit d'un équivalent du test de Watson clinique (Figure 14). Il correspond à une pression externe, par l'opérateur, sur le tubercule du scaphoïde en direction dorsale, après avoir relâché la traction de poignet. L'optique, introduit par voies RC et MC permet d'analyser les effets de cette manœuvre sur la congruence de l'interligne SL afin d'identifier un déplacement non harmonieux du scaphoïde par rapport au lunatum lors d'un état d'ISL. La manœuvre se révèle positive lorsqu'elle entraîne un déplacement scaphoïdien de proximal en distal (aspect de marche d'escalier au niveau de l'interligne SL), une translation radiale du scaphoïde par rapport au lunatum (diastasis SL) ainsi qu'une bascule dorsale du PPS.

**Tableau 1 : Classification arthroscopique d'ISL selon Adolfsson (1994).**

Stade	Description
<b>Type A</b>	Le ligament est perforé, mais sa majeure partie est intacte et aucune instabilité n'est mise en évidence lors des manœuvres dynamiques.
<b>Type B</b>	Le ligament est partiellement rompu, mais aucune incongruence du couple SL n'apparaît à l'examen statique de l'espace médiocarpie. Les manœuvres dynamiques mettent, en revanche, en évidence une incongruence d'un à deux millimètres de l'espace SL en médiocarpie.
<b>Type C</b>	Le ligament est totalement rompu et l'espace SL est le siège d'un diastasis supérieur à 2 mm lors des manœuvres dynamiques.
<b>Type D</b>	Le ligament est rompu et l'espace SL est élargi, sans avoir recours aux manœuvres dynamiques. Une légère marche d'escalier est observée en médiocarpie.

**Tableau 2 : Classification arthroscopique de l'ISL selon Geissler (1996).**

Stade	Description
<b>I</b>	Affaiblissement ou hémorragie du ligament interosseux vu dans l'articulation radiocarpie. Aucune instabilité ni incongruence de l'alignement des os du carpe dans l'espace médiocarpie
<b>II</b>	Affaiblissement ou hémorragie du ligament inter- osseux vu dans l'articulation radiocarpie. Incongruence et marche d'escalier dans l'espace médiocarpie. Un léger écart (gap) de moins de la largeur d'un palpateur existe entre les os du carpe
<b>III</b>	Incongruence ou marche d'escalier de l'alignement des os du carpe vu dans les deux articulations radiocarpie et médiocarpie. Un palpateur passe sans difficulté d'une articulation à l'autre à travers les os du carpe
<b>IV</b>	Incongruence ou marche d'escalier de l'alignement des os du carpe vu dans les deux articulations radiocarpie et médiocarpie. Très importante instabilité entre les os. Un arthroscopie de 2,7 mm peut passer d'une articulation à l'autre à travers les os du carpe

**Tableau 3 : Classification arthroscopique de l'ISL selon l'EWAS (Messina et al., 2013).**

Stade arthroscopique	Testing arthroscopique LIOSL par voie médiocarpie	Signification Anatomopathologique
<b>I</b>	Pas d'introduction du crochet du palpateur	Non retrouvé chez les cadavres étudiés
<b>II : lésion portion membraneuse LIOSL</b>	Passage du crochet du palpateur sans twist possible	Lésion de la portion membraneuse du LIOSL
<b>III A : lésion portion palmaire du LIOSL</b>	Ouverture palmaire au testing par le crochet (laxité antérieure)	Lésion de la portion palmaire et membraneuse du LIOSL avec ou sans lésion des RSC/RLL
<b>III B : lésion portion dorsale du LIOSL</b>	Ouverture dorsale au testing par le crochet (laxité postérieure)	Lésion de la portion postérieure et membraneuse du LIOSL avec lésion partielle du DIC
<b>III C : lésion totale du LIOSL avec articulation SL réductible</b>	Ouverture complète de l'espace SL au testing avec réduction de l'espace au retrait du crochet	RT du LIOSL sur ses trois portions. Lésion complète d'un des ligaments extrinsèque (DIC ou RSC/RLL)
<b>IV : lésion totale du LIOSL avec diastasis SL</b>	Diastasis SL avec passage de l'arthroscope au travers de l'espace SL du médio- vers le radiocarpie sans anomalie radiographique	RT du LIOSL sur ses trois portions. Lésion complète des ligaments extrinsèque (DIC et RSC/RLL)
<b>V</b>	Passage de l'arthroscope aisé au travers de l'espace SL du médio- vers le radiocarpie Anomalie radiographique fréquente avec diastasis SL et DISI	RT du LIOSL, du DIC, RSC et RLL associées à un RT d'autres ligament (triquetro-hamatal, STT, RDC)



Depuis 1994, de nombreuses classifications arthroscopiques ont été développées afin de quantifier les stades d'ISL (Tableaux 1-3 ; Figure 16). Le point commun est l'utilisation du crochet du palpeur pour tester l'articulation SL par voie MC (Figure 15). L'analyse du LIOSL en RC est également fréquemment rapportée. Dans tous les cas, le stade 0 correspond à l'état normal avec impossibilité de faire pénétrer le crochet au sein de l'espace SL.

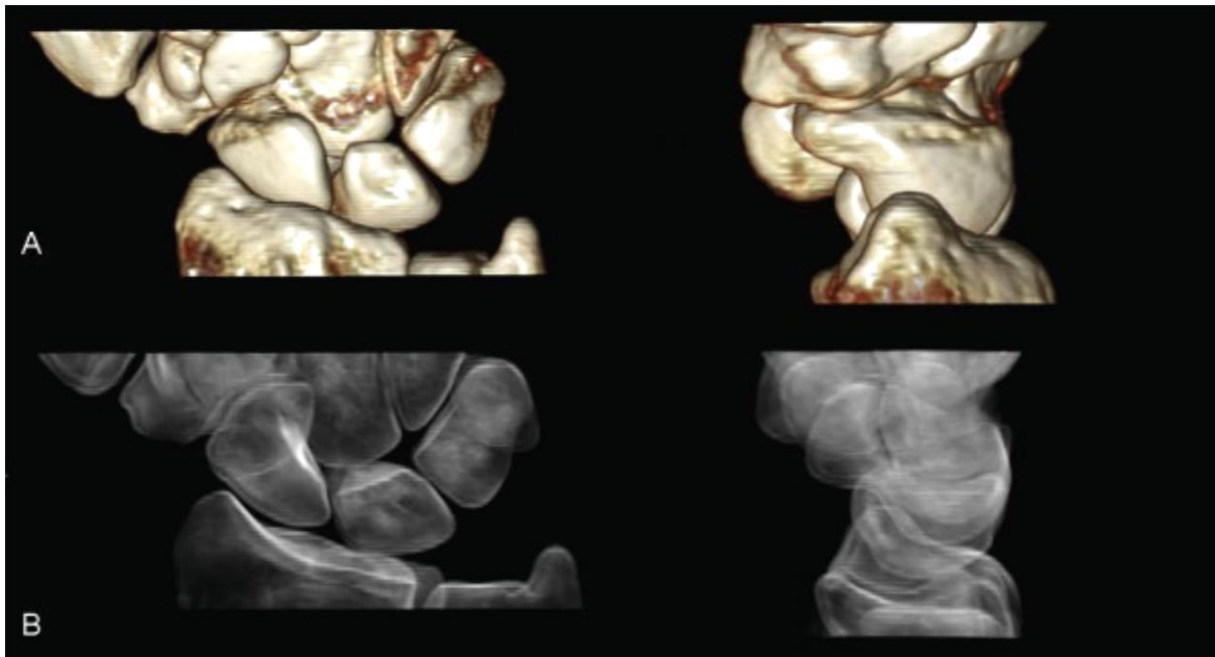
Malgré tout, Löw et al., 2017 rapportaient le fait que malgré l'absence d'ISL, l'introduction du crochet dans l'interligne SL était possible chez des patients présentant une laxité physiologique. Ils confirmaient cependant, l'impossibilité de réaliser un mouvement de « twist » ouvrant l'espace SL. Seule la classification de Dréant et Dautel (2003) prend en compte l'état des surfaces articulaires en précisant la présence (C+) ou l'absence (C-) de chondrite.

Messina et al., (2013) au sein de l'European Wrist Arthroscopy Society (EWAS) ont proposé une classification en 5 stades, chacun ayant une correspondance arthroscopique et anatomopathologique.

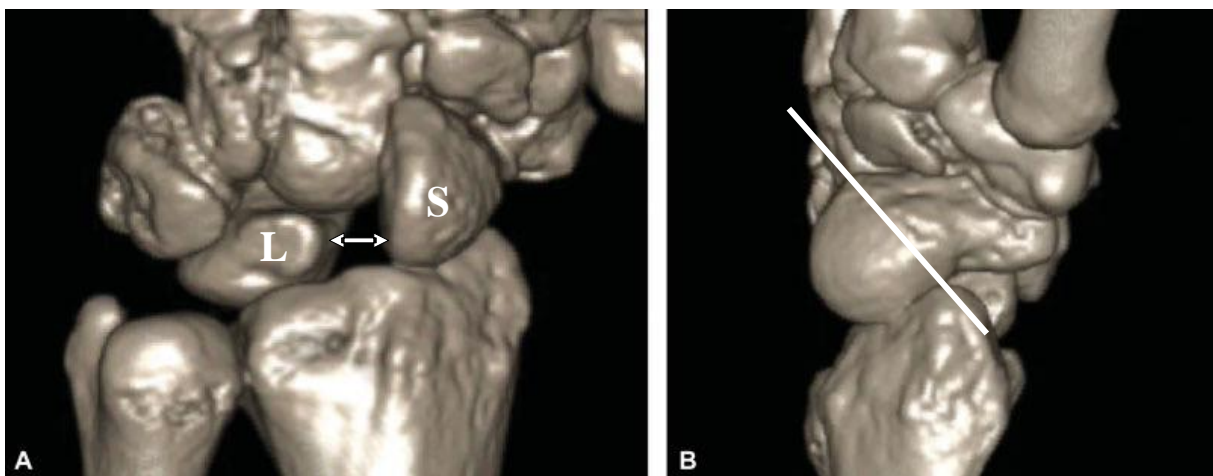
**Tableau 4 :** Classification arthroscopique de l'ISL selon Dautel et Dréant modifiée (2009).

<b>Stade médiocarpien</b>	<b>Description</b>
<b>0</b>	Espace scapholunaire intact
<b>I</b>	Rupture du LIOSL. Il est possible d'insérer la pointe du crochet palpateur entre le scaphoïde et le lunatum en médiocarpien.
<b>II</b>	Il est possible de créer un diastasis entre le scaphoïde et le lunatum en imprimant un mouvement de « twist » au crochet placé dans la lésion du LIOSL
<b>III</b>	Il s'agit du degré le plus sévère dans le spectre lésionnel de l'ISL. Il est possible de faire passer l'optique de la camera de l'articulation médiocarpienne vers la radiocarpienne au travers de la lésion du LIOSL.
<b>Stade Radiocarpien</b>	<b>Description</b>
<b>A</b>	Lésion uniquement de la portion centrale du LIOSL
<b>B</b>	Lésion uniquement de la portion antérieure du LIOSL
<b>C</b>	Lésion uniquement de la portion postérieure du LIOSL
<b>D</b>	Lésion totale du LIOSL

Dans leur étude comparant la classification arthroscopique de Geissler (1996) et celle de Dautel (2003), Dréant et al., (2009) interrogeaient des chirurgiens formés à l'arthroscopie de poignet. Pour 54% d'entre-deux, la classification de Dautel était préférée pour sa simplicité et dans 56% des cas elle était désignée comme la classification ayant le plus orientée la décision thérapeutique. Les auteurs ont ainsi modifié la version initiale de la classification de Dautel (2003) en précisant l'état du ligament en RC. Il est important de souligner que l'arthroscopie reste une intervention chirurgicale avec des complications potentielles non négligeables et des inconvénients (Geissler, 2013). Objedin et al., (2013) mettaient également en évidence la variabilité inter et intra-observateur de l'arthroscopie de poignet due notamment à une longue courbe d'apprentissage. Ces variabilités auraient tendance à freiner la reproductibilité des tests et donc des résultats arthroscopiques. Les risques interventionnels inhérents à ce geste chirurgical étaient rapportés par Leclerc et Mathoulin., (2016) dans leur étude portant sur 10107 arthroscopies de poignet. Un taux de complication de 6% (605 complications) était signalé. Parmi une des plus fréquente, on notait l'échec à réaliser en totalité une procédure d'arthroscopie diagnostic, confirmant les difficultés d'apprentissage relevées par Objedin et al., (2013). Les risques de lésions nerveuses ainsi que les lésions cartilagineuses étaient également mis en avant.



**Figure 17** : Exemple de deux volumes d'une session d'imagerie 4DCT en 18 volumes rendus à l'aide de la technique de rendu de volume (VRT) avec une opacité osseuse supérieure (A) et inférieure (B)



**Figure 18** : Exemple d'une ISL en CT4D après reconstruction 3D (Carr et al.,2018).

**A** : Reconstruction 3D en vue dorsale du poignet. Le SLG est augmenté (flèche) avec projection dorsale du PPS (S) et translation ulnaire du lunatum (L).

**B** : Reconstruction 3D en vue latérale du poignet. La SPS du PPS est visible par rapport à la tangente de la fossette scaphoïdienne de la glène radiale.

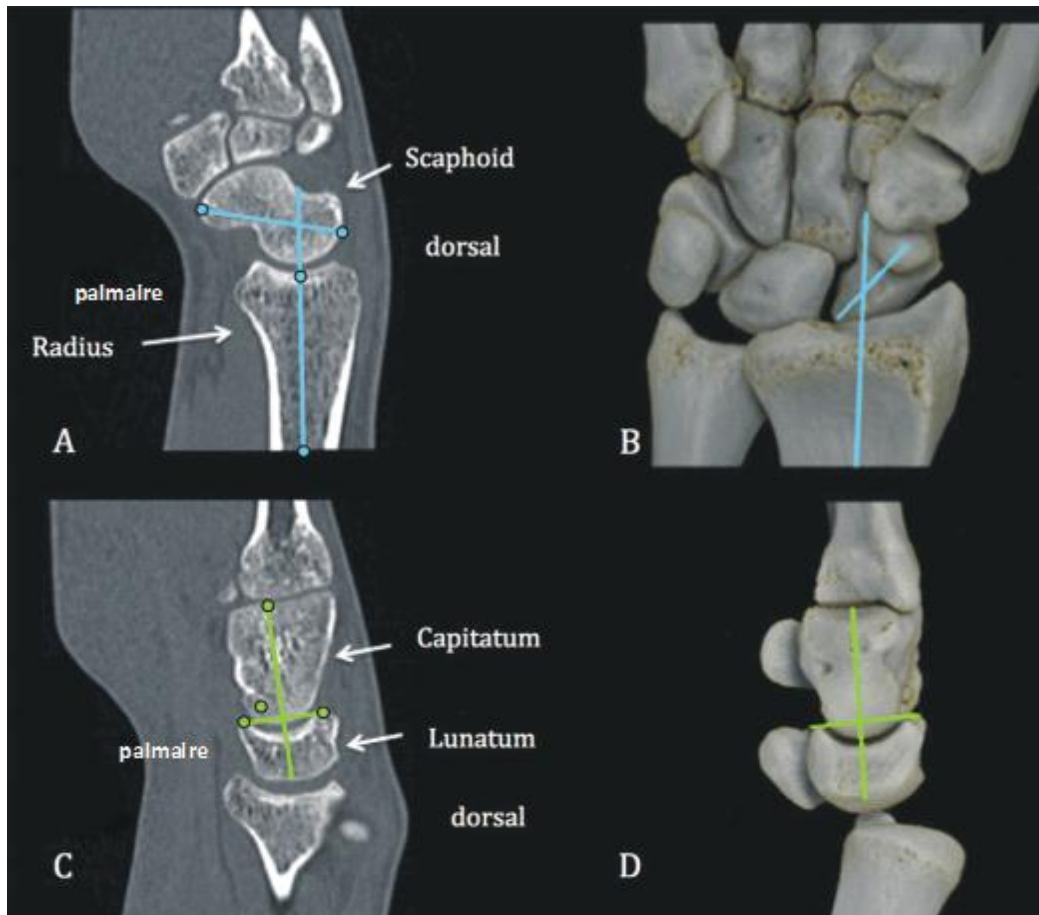
#### **4. Le scanner dynamique 4D : un nouvel outil diagnostique et pronostic**

Le CT4D fait l'objet de nombreux travaux récents (Abou Arab et al., 2017; Gondim-Teixeira et al., 2017; Rauch et al., 2018; Zhao et al., 2015 ;de Roo et al., 2019; Mat Jais et al., 2017; Lengh et al., 2011 ; Kakar et al., 2016 ;Garcia-Elias et al.,2014). Il s'agit d'un examen permettant une étude dynamique d'une région anatomique donnée lors d'un mouvement défini. Cette évaluation cinématique en tomодensitométrie permet l'analyse directe de changements de position d'un os dans les trois plans de l'espace pendant le mouvement. Divers auteurs ont démontré le rôle potentiel de cette technique pour l'évaluation de l'ISL, en particulier en cas d'évaluation non concluante lors du bilan en imagerie conventionnelle (Figure 17-18).

Gondim-Teixeira et al., (2016) ont établi les recommandations d'utilisation du CT4D dans les études musculo-squelettiques en utilisant une vitesse de rotation du tube élevée et une semi-reconstruction des images. L'axe du mouvement influence de manière significative les artefacts de l'image et doit être pris en compte dans la formation du patient et l'évaluation adéquate du protocole d'acquisition.

Leng et al., (2011) ainsi que Mat Jais et al., (2017) ont permis de mettre en évidence la capacité du CT4D à évaluer les déplacements du scaphoïde dans tous les plans de l'espace. Lors d'une déviation radiale, après section de tous les éléments stabilisateurs du complexe SL (Mat Jais et al., 2017), un déplacement palmaire du scaphoïde de 1,39 mm sur l'axe antéro-postérieur était statistiquement significatif par rapport à sa position d'origine native ( $p < 0,001$ ).

Dans l'étude de Carr et al., (2018), l'évaluation en CT4D avait modifié le diagnostic radiographique initial pour 69% des patients. Dans 16% des cas, le diagnostic était totalement différent. Dans 53% des cas, le CT4D avait permis d'affiner le diagnostic initial et cela avait entraîné dans 58% des cas une modification de la prise en charge thérapeutique.



**Figure 19** : CT4D d'un poignet illustrant le positionnement des marqueurs utilisés pour effectuer les mesures angulaires du RSA et du CLA (Rauch et al., 2018).

**A** : Pour la construction du RSA, deux marqueurs ont été placés dans le grand axe sagittal du radius (points bleus et lignes). Ensuite, deux marqueurs ont été positionnés l'un au point le plus palmaire et l'autre au point le plus dorsal du scaphoïde, comme indiqué dans cette image sagittale oblique afin de déterminer le grand axe du scaphoïde (points et lignes bleus).

**B**. L'angle formé entre les axes déterminés par ces quatre marqueurs correspond à l'angle RSA, visible dans l'image de rendu cinématique en 3D (Illumination globale ; Canon Medical Systems, Otawara, Japon) (lignes bleues).

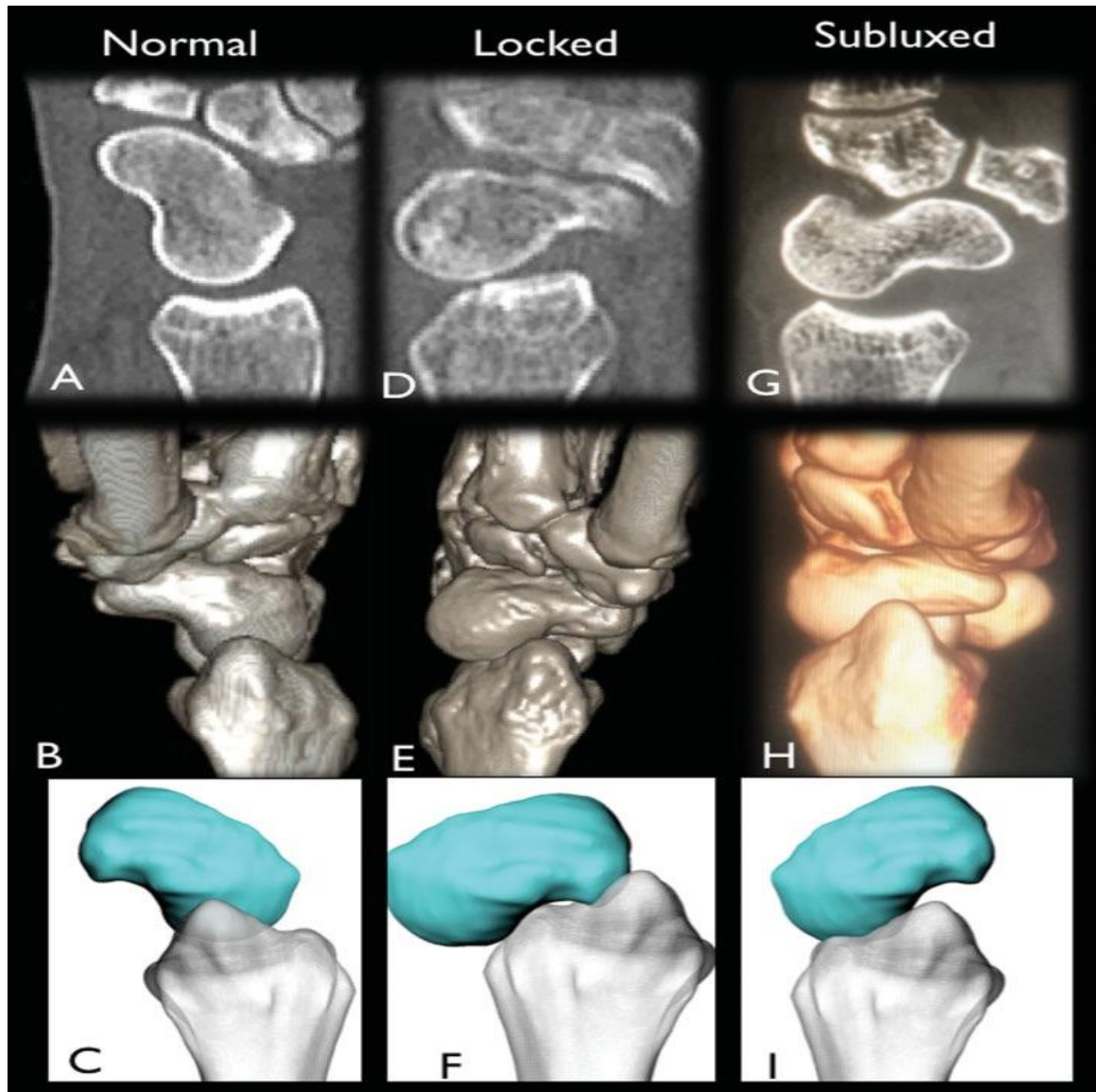
**C** : Pour la construction du CLA, deux marqueurs ont été placés l'un sur la corne antérieure et l'autre sur la corne postérieure du lunatum puis deux autres marqueurs ont été positionnés sur l'axe longitudinal du capitatum dans le plan sagittal (la position des marqueurs du capitatum a également été vérifiée dans le plan coronal pour représenter le grand axe de cet os ; non représentés) (points et lignes verts).

**D** : Image de rendu cinématique tridimensionnelle : vue latérale du poignet après retrait du radius, des os radiaux du carpe et de deux premiers os métacarpiens. L'angle entre les lignes vertes construites avec quatre marqueurs correspond à l'angle CLA.

Récemment, Abou Arab et al. (2018) et Rauch et al. (2018), ont décrit le protocole permettant l'utilisation du CT4D pour l'analyse du carpe dans les mouvements de DRU et de poing serré. Leurs premiers résultats étaient très encourageants en termes de précision diagnostique. Selon les auteurs, quatre paramètres quantifiables avec leurs variations au cours du mouvement étaient mesurables et présentaient un intérêt dans le diagnostic d'ISL : le SLG, le RSA, le CLA et le PRSA (Figure 19). L'analyse dynamique de ces paramètres montrait des différences de valeurs significatives chez les patients porteurs d'une ISL avec une bonne performance diagnostique. Parmi les paramètres évalués, la mesure des variations du SLG offrait une bonne Sp et Se (Se  $SLG_{max}$  86% et Sp  $SLG_{amp}$  91%) pour l'identification d'ISL même dans les cas douteux radiographiquement.

Selon les mêmes auteurs, l'analyse du carpe dans les mouvements de DRU offrait de meilleures performances diagnostiques et une reproductibilité supérieure à celle de la manœuvre du poing serré. L'analyse du SLG en CT4D a l'avantage de prendre en compte à la fois le diastasis SL et la différence de rotation du couple SL. Cette dernière constitue un élément important de la pathogenèse de l'ISL et contribue probablement aux bonnes performances diagnostiques du CT4D. De plus, cet examen dynamique a l'avantage de pouvoir s'affranchir des phénomènes de superposition et des erreurs de mesure liées à la position du poignet du patient lors de la réalisation des radiographies standards.

Pour finir, il est important de préciser que malgré son caractère irradiant, le CT4D reste un examen à faible dose d'irradiation puisque l'index de dose scannographique, le produit dose x longueur et la dose efficace variées respectivement de 16.60 mGy, 133.2 mGy x cm et 0.013 mSv pour une acquisition de huit volumes à 22.3 mGy, 222.8 mGy x cm et 0.022 mSv pour une acquisition de dix-neuf volumes (Rauch et al., 2018). Ces doses sont inférieures aux 2000 mGy x cm nécessaires pour induire un érythème cutané.



**Figure 20 :** Exemple de trois poignets en CT4D. Un poignet sans anomalie du carpe (A-B-C) un deuxième avec luxation franche du scaphoïde (D-E-F) et un dernier avec subluxation du scaphoïde (G-H-I).

**A-D-G :** Incidence sagittale de CT4D montrant la position du scaphoïde par rapport à la fossette scaphoïde de la glène radiale. Le scaphoïde passe d'une position parfaitement centrée (A), à un débord dorsal du PPS (G) vers un PPS complètement luxé (D)

**B-E-H :** Vues latérales en reconstruction 3D montrant les positions de scaphoïde comme précédemment de normal (B) à subluxé (H) et complètement luxé (E)

**C-F-I :** Vue latérale en reconstruction 3D après retrait virtuel du reste des os de la première et deuxième rangée du carpe. Le scaphoïde est dans sa position normale (B), quand il est subluxé en (H) pour être complètement luxé (F).



**DEUXIEME PARTIE : Corrélation entre évaluations  
arthroscopique et arthroscannographique dynamique 4D des  
instabilités scapho-lunaires du poignet : À propos de 16 cas.**

## 1. Résumé

**Objectif :** L'objectif était d'évaluer la corrélation pouvant exister entre l'évaluation arthroscopique et l'analyse arthroscannographique dynamique 4D chez les patients présentant une suspicion d'instabilité scapho-lunaire (ISL) chronique.

**Matériel et méthodes :** 42 patients successifs, présentant une suspicion clinique d'ISL, ont bénéficiés d'une analyse en CT4D associée à une arthrographie. 16 patients (10 hommes, 6 femmes) d'âge moyen  $48,6 \pm 8,6$  ans ont ensuite été opérés d'une arthroscopie du poignet à visée diagnostique. Basé sur la classification arthroscopique de Dautel, quatre sous-groupes ont pu être définis : « normal » ou GN (n=3), ISL « modéré » ou GIM (n=3), ISL « sévère » ou GIS (n=10). Le dernier sous-groupe correspondait aux patients « sans ISL sévère » ou GN+GIM (n=6). Deux examinateurs ont indépendamment évalué en CT4D lors de manœuvres d'inclinaison radiolunaire, l'espace scapho-lunaire (SLG) et l'angle radio-scaphoïdien (RSA) dans différents paramètres (valeur moyenne–mean, valeur maximale–max, coefficient de variation–CV, intervalle de valeurs–amp). Un troisième examinateur a évalué les données de l'arthrographie en termes de rupture du ligament scapho-lunaire (absence de rupture ou AR, rupture partielle ou RP, rupture totale ou RT).

**Résultats :** Les arthrographies du groupe GN+GIM, retrouvaient 50% d'AR et 50% de RP. Dans le groupe GIS, nous avons 16% d'AR, 66% de RP et 18% de RT. Les valeurs médianes des  $SLG_{mean}$ ,  $SLG_{max}$  et  $SLG_{amp}$  étaient progressivement croissantes depuis le groupe GN vers GIS. Entre les groupes GN+GIM et GIS, il y avait une augmentation de 32 à 34% pour le  $SLG_{mean}$ , de 26 à 37% pour le  $SLG_{max}$  et de 38 à 42% pour le  $SLG_{amp}$ . Les valeurs médianes du  $SLG_{cv}$ , augmentaient de 23 à 43% entre les groupes GN et GIM ; elles étaient proche entre GIM et GIS. Le  $RSA_{amp}$  diminuait de 61 à 62 % dans le groupe GIS par rapport à GN+GIM.

**Conclusion :** Au vu de notre étude, l'analyse arthroscopique semblait présenter une bonne corrélation avec les données du CT4D notamment en termes d'évaluation du S LG. Le CT4D apportait en plus une valeur pronostic par la quantification des paramètres.

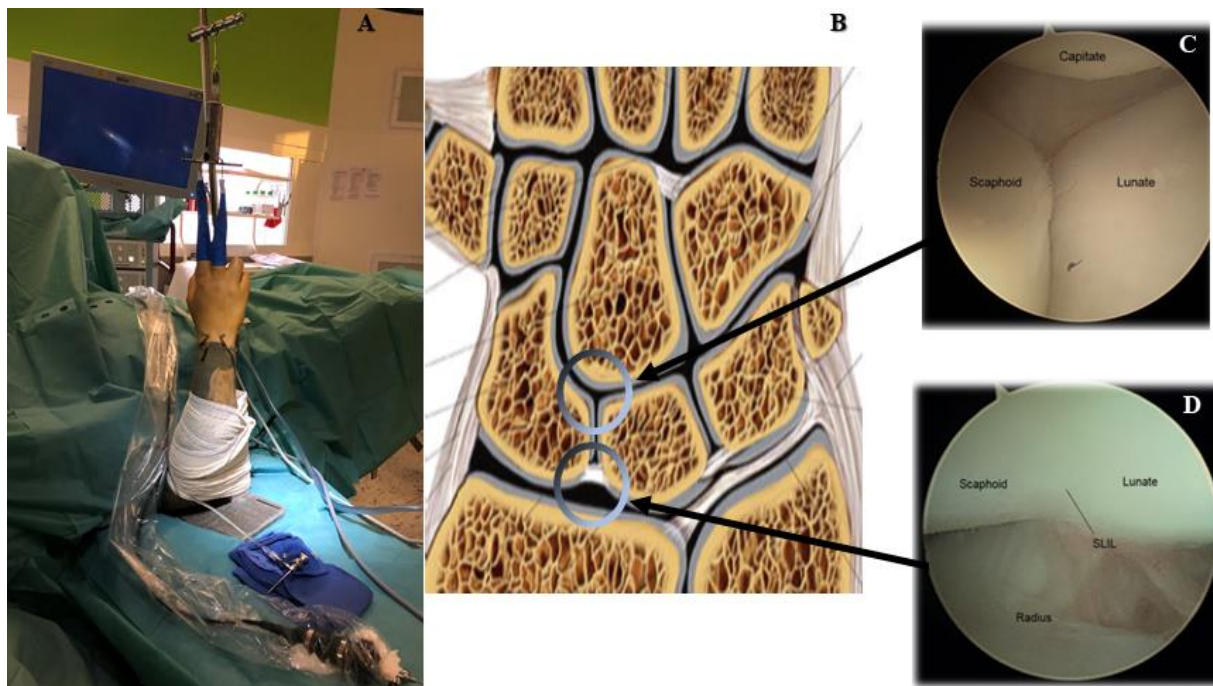
**Mots clés :** Arthroscopie ; Instabilité du carpe ; Ligament scapho-lunaire ; Poignet ; Scanner dynamique 4D ;

## 2. Introduction

L'ISL représente la plus fréquente des instabilités du carpe (Carlsen et Shay, 2008 ; Kani et al., 2016). Elle est responsable de douleurs chroniques entraînant une gêne fonctionnelle retentissant sur les activités quotidiennes et professionnelles. Cette pathologie pose des difficultés diagnostiques (Schadel-hopfner et al., 2005 ; Bille et al., 2007 ; Löw et al., 2017). Aucun signe clinique n'est pathognomonique d'ISL (Kitay et Wolfe, 2012 ; Guss et al., 2015). Toutefois, devant un faisceau d'arguments, un bilan d'imagerie de première intention doit être réalisé, comprenant des radiographies standards (face et profil) et dynamiques (face poing serré) ainsi qu'un arthroscanner. Ces deux examens peuvent uniquement mettre en évidence des signes indirects de lésion du LIOSL et d'ISL. A des stades précoces et purement dynamique d'instabilité, le diagnostic est plus difficile à établir uniquement sur les données de cette imagerie statique positionnant l'arthroscopie comme une étape chirurgicale intermédiaire et la faisant considérer par plusieurs auteurs comme « Gold standard » (Dautel et al., 1993 ; Johnstone et al., 1997 ; Morley et al., 2001). Le CT4D a l'avantage d'analyser les os du carpe et leurs espaces articulaires en trois dimensions lors de différents mouvements du poignet.

Ce nouvel outil a fait l'objet de nombreux travaux récents (Gondim-Teixeira et al., 2017 ; Zhao et al., 2015 ; De Roo et al., 2019 ; Kakar et al., 2016). Abou Arab et al., (2017) et Rauch et al., (2018) décrivaient le protocole permettant l'utilisation du CT4D pour l'analyse du carpe dans les mouvements de DRU. Leurs résultats étaient très encourageants en termes de précision diagnostique d'une ISL. Cependant, il n'y avait aucune confirmation arthroscopique des ruptures du LIOSL et de l'ISL dans ces deux travaux.

L'objectif de notre étude était donc d'évaluer la corrélation pouvant exister entre l'évaluation arthroscopique et l'analyse arthroscannographique dynamique 4D chez les patients présentant une suspicion d'ISL.



**Figure 1 :** Exemple d'arthroscopie normale d'un poignet droit.

**A :** Installation du poignet sur tour de Whipple. Les quatre voies arthroscopiques sont repérées à l'aide d'aiguilles transdermique : deux RC (3-4 et 6R) et deux MC (MCR et MCU).

**B :** Représentation graphique des articulations RC et MC.

**C :** Vue arthroscopique par voie MC de l'espace SL.

**D :** Vue arthroscopique par voie RC du l'espace SL.

### **3. Matériels et Méthodes**

#### **3.1. Population de l'étude**

Il s'agit d'une étude prospective approuvée par le comité d'examen institutionnel et avec le consentement écrit de tous les participants. De Février 2015 à Août 2019, quarante deux patients avaient été vu en consultation par la même équipe chirurgicale pour des douleurs chroniques (au delà de 6 semaines) (spontanée et/ou induite à la palpation) de poignet en regard de l'articulation SL dans un contexte traumatique. Devant cette suspicion clinique d'ISL, l'ensemble des patients avaient bénéficié d'un bilan imagerie complet dans le cadre de leur inclusion à l'étude. Cette évaluation consistait en un bilan radiographique (standard et dynamique) et un CT4D associé à une arthrographie pour le poignet douloureux. Parmi ces quarante deux patients, seize avaient reconsulté leur chirurgien et ont été opérés d'une arthroscopie exploratrice à visée diagnostic du poignet symptomatique. L'ensemble des patients était âgé de plus de 18 ans et ne présentait aucun antécédent de chirurgie préalable du poignet.

Un examinateur indépendant (chirurgien senior, 5 ans d'expérience clinique) a revu l'ensemble des dossiers médicaux.

#### **3.2. Technique chirurgicale**

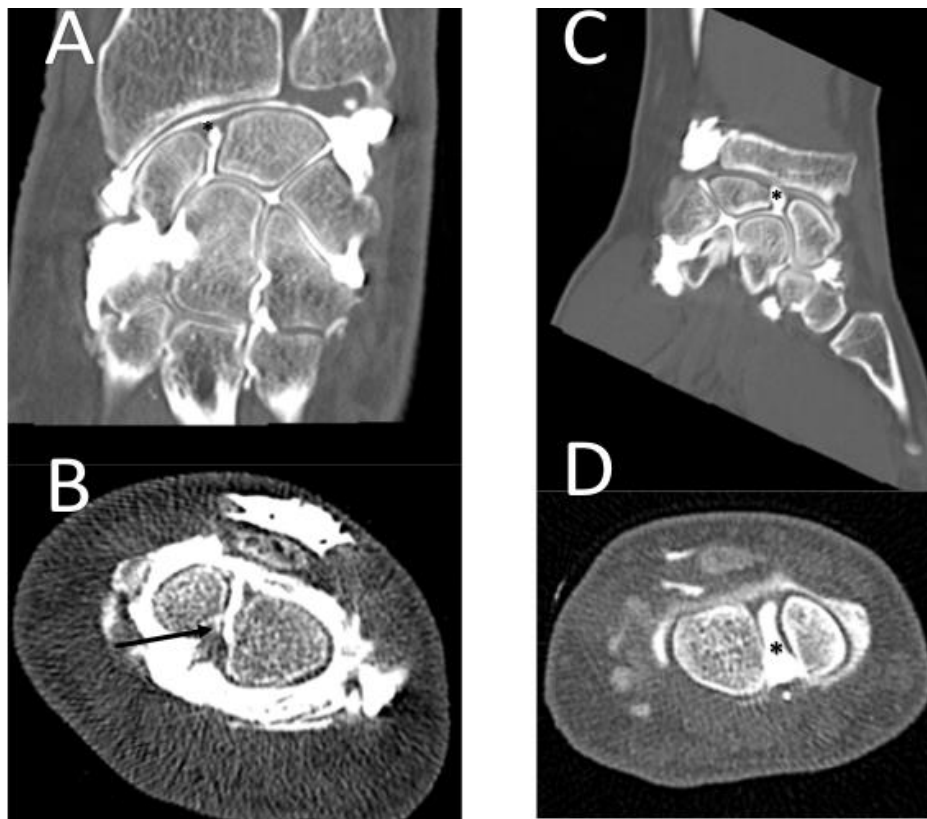
Tous les patients ont été opérés par des chirurgiens séniors (plus de 6 ans d'expérience clinique).

Le membre supérieur était positionné sur une tour de Whipple, poignet en distraction. Quatre voies d'abord arthroscopiques ont été systématiquement réalisées ; deux voies RC (3-4 et 6R) et deux voies MC (MCU et MCR) (Figure 1). Systématiquement, l'opérateur réalisait une évaluation de l'ensemble surfaces cartilagineuses en radio- et médiocarpiens puis un testing dynamique de l'articulation SL en médiocarpien. Sur la base de la classification de Dautel (Dautel et Dréant, 2003), les patients étaient repartis en quatre stades d'ISL (S0 à S3) et en 2 stades d'atteinte cartilagineuse (C- ; C+ ).

### 3.3. Evaluation radiographique

Des radiographies standards de face et de profil strict, ainsi que des clichés dynamiques de face poings serrés ont été réalisés pour tous les patients (Lawand et Foulkes, 2003). Les images ont été visionnées via le logiciel OSA© (J4Care GmbH, Mödling, Austria). Les mesures ont été effectuées séparément par deux examinateurs indépendants (L1, chirurgien senior avec 5 ans d'expérience clinique, et L2, radiologue senior avec 5 ans d'expérience en imagerie ostéoarticulaire).

Les SLG S et SLG D, en mm, ainsi que l'angle SLA en degrés, ont été mesurés (précision de 0,1 mm pour les espaces et de 1° pour les angles). Des valeurs SLG supérieures à 3 mm étaient considérées comme pathologiques, de même qu'un SLA supérieur à 70° (Athlani et al., 2017).



**Figure 5** : Exemple d'arthroscanner de poignet droit avec mise en évidence d'une rupture du LIOSL.

**A et B** : Coupes coronale (A) et axiale (B) objectivant une RP de la portion palmaire du LIOSL représentée par une étoile (A) et localisée à la pointe de la flèche (B).

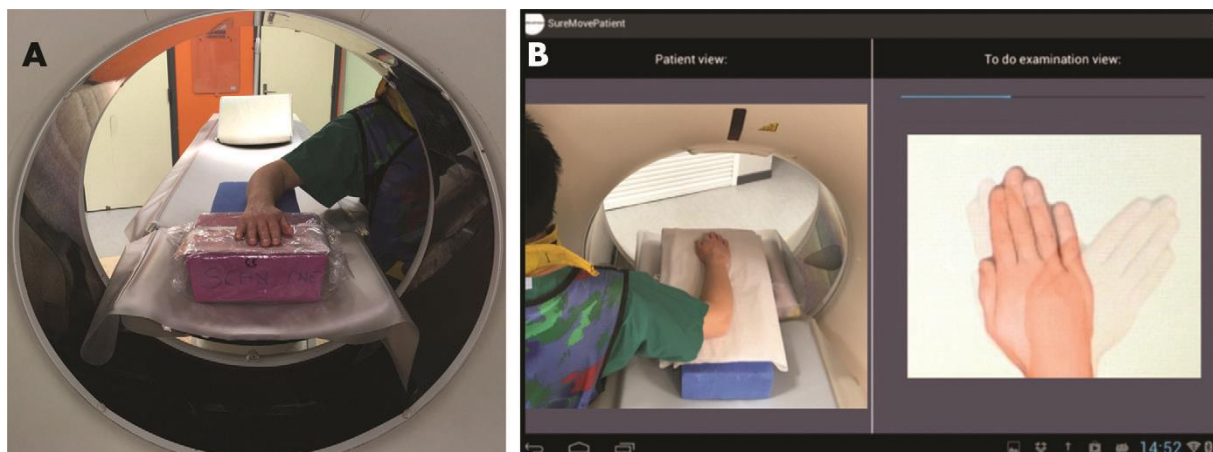
**C et D** : Arthroscanner d'un poignet gauche en coupe coronale (A) et axiale (B) mettant en évidence une RT du LIOSL représentée par une étoile sur les deux coupes.

### **3.4. Evaluation arthroscannographique**

Tous les patients ont bénéficié d'un arthroscanner moins d'une heure après le CT4D avec le même appareil. L'injection de produit de contraste intra-articulaire sous radioscopie a été réalisée sous asepsie stricte par un radiologue ostéo-articulaire avec opacification des compartiments MC et RC. Il s'agissait d'un produit de contraste iodé dédié à l'arthrographie non dilué (Iodixanol, VISIPAQUE 270 mg). Les trois portions du LIOSL (dorsale, palmaire et membraneuse) ont été analysées par un examinateur indépendant (radiologue senior, 12 ans d'expérience en imagerie ostéo articulaire). Sur la base de l'analyse morphologique du ligament, les patients ont été répartis en trois groupes : AR (pas de lésion ou lésion isolée de la portion membraneuse) ; RP (lésion partielle ou totale de la portion dorsale ou palmaire) ; RT (lésion totale des portions dorsale et palmaire). Le PRSA était également mesuré (Gondim-Teixeira et al., 2016).

**Tableau 1** : Paramètres d'acquisition de l'arthroscanner et du CT4D.

Mode d'acquisition	Séquence CT4D	Séquence arthroscannographique
Champs d'étude (cm)	8X10	8X10
Couverture par axe-z (cm)	8	8
Épaisseur de coupe (mm)	0,5	0,5
Vitesse de rotation du tube (sec)	0,35	0,5
Voltage du tube (kVP)	100	100
Milliampérage (mAs)	35	50
Reconstruction matricielle	512X512	512X512
Images de reconstruction	Tissus mou	Fenêtre osseuse



**Figure 2** : Exemple d'installation d'un patient durant l'examen CT4D.

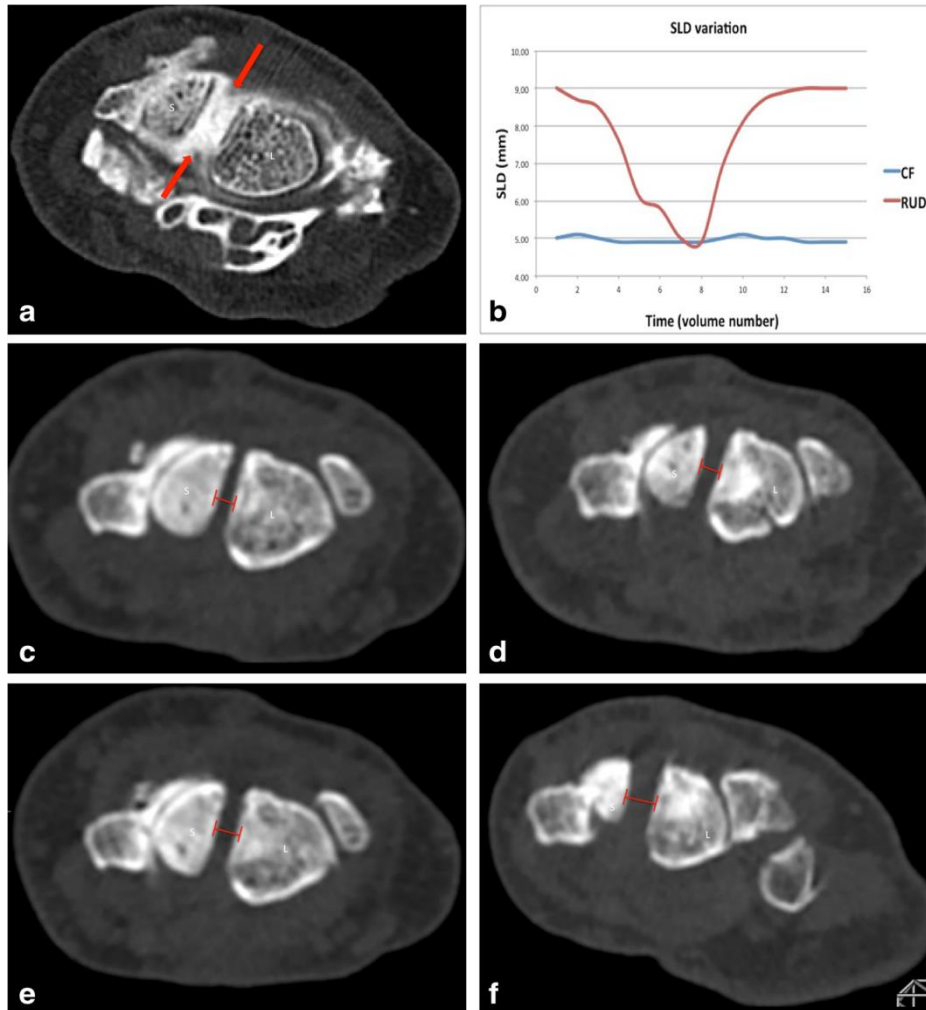
**A** : Patient debout à côté de la table du scanner, le coude fêchée à 90° et le poignet en position neutre, placés sur la table du scanner sur des coussinets en mousse, tout en portant le tablier et le bouclier thyroïdiens.

**B** : À gauche, vision depuis la caméra surveillant le déroulement de l'examen avec un écran de contrôle à disposition du patient et du technicien effectuant l'examen. À droite, l'amplitude et la vitesse de déplacement cible à atteindre par le patient (à droite).



### **3.5. Acquisition CT4D**

Les images ont été acquises avec un scanner à 320 détecteurs (Aquilion ONE ; Canon Medical Systems, Otawara, Japon). Les paramètres d'acquisition étaient présentés dans le tableau 1. Avant l'acquisition, les patients ont suivi une formation à l'extérieur de la salle d'examen. La position du patient dans le scanner était illustrée à la Figure 2. Pour la réalisation de la manœuvre de DRU, il a été demandé aux patients de déplacer leurs poignets de manière continue et homogène, d'une inclinaison radiale maximale à une inclinaison ulnaire maximale et de revenir au point de départ (cycle de DRU). Différents cycles de DRU, d'une durée d'environ 8 secondes chacun, ont été effectués. La durée totale de l'examen était d'environ 5 minutes (installation + acquisition). L'amplitude de mouvement pouvant avoir un impact sur le déplacement du carpe, nous l'avons mesurée chez tous les patients à partir d'images coronales. Une ligne passant par le grand axe du radius et une autre passant par le troisième métacarpien ont été tracées dans les volumes acquis en inclinaison radiale maximale et en inclinaison ulnaire maximale. La somme de ces deux angles a été considérée comme l'amplitude de la DRU.



**Figure 3** : Incidence axiale d’une acquisition CT4D illustrant les modalités de mesure du SLG (Abou Arab et al., 2018).

**a** : Incidence mettant en évidence la perte de continuité du segment dorsal et palmaire (flèche) du LIOSL en faveur d’une RT. S : scaphoïde ; L : lunatum.

**b** : Représentation graphique de la variation des valeurs du SLG (en ordonnée) en fonction du temps (en abscisse) montrant une faible variation de SLG au cours de manœuvres poing serré (courbe bleue) et une variation plus importante lors de manœuvres DRU (courbe rouge).

**c, d, e, f** : Deux marqueurs ont été placés manuellement sur une image multiplanaire axiale, dans le volume sélectionné, au niveau de la partie centrale de l’articulation SL permettant de mesurer la distance la plus courte entre ces deux os et définir le SLG.

**c et d** : Incidences axiales dans le plan de référence lors de manœuvres poing serré montrant un changement minimal de l’écart SL (mesure de la distance en rouge).

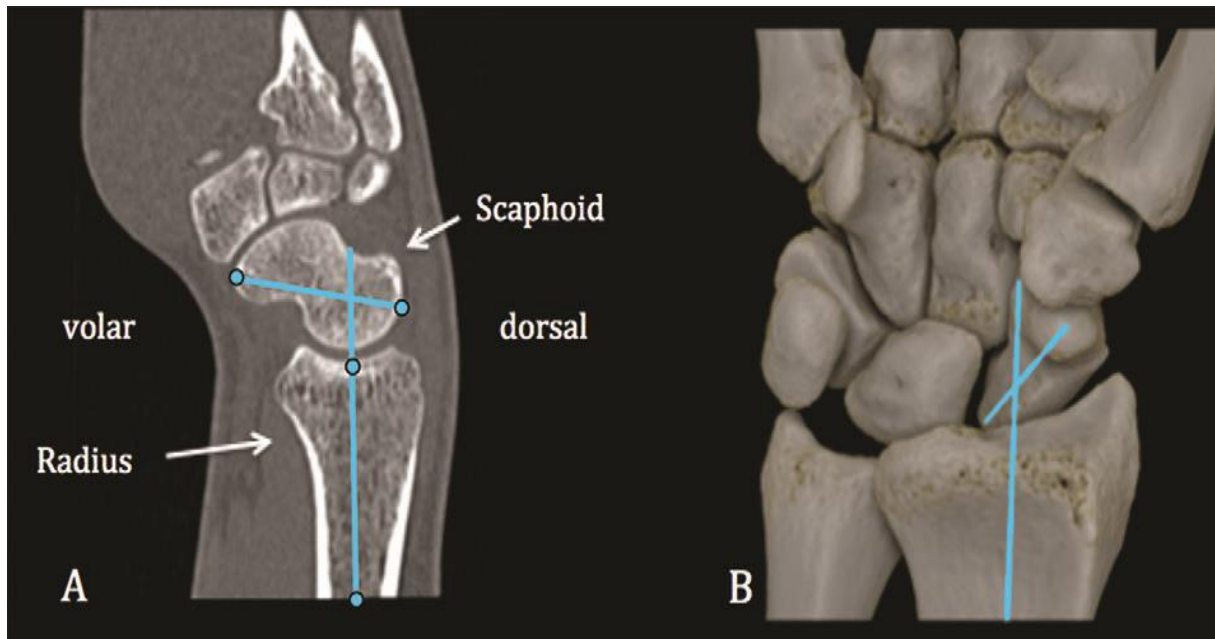
**e et f** : Incidences axiales dans le plan de référence lors de déviations complètes ulnaire (c) et radiales (d) montrant une augmentation de l’écart SL (mesure de la distance en rouge).

### **3.6. Évaluation des données et post-traitement des images CT4D**

L'analyse des images CT4D a été réalisée avec une station de travail de post-traitement indépendante (Vitrea, version 7.0; Canon Medical Systems) à l'aide de l'application 4D Ortho. Les mesures ont été effectuées séparément par deux examinateurs indépendants (L1 et L2) qui ont été aveuglés aux résultats cliniques et arthroscannographiques. Une fois que tous les volumes de l'acquisition CT4D ont été chargés, des images multiplanaires et tridimensionnelles ont été affichées. Tous les volumes de l'acquisition ont été analysés. Les mesures ont été effectuées en suivant les mêmes étapes. Sur une image multiplanaire, les lecteurs ont sélectionné manuellement l'extrémité distale du radius en plaçant un point dans sa cavité médullaire dans l'un des volumes d'acquisition, ce qui a permis de verrouiller cet os. Ensuite, le logiciel a automatiquement enregistré le radius verrouillé dans tous les volumes. Ceci a servi de base pour la sélection des plans de référence sélectionnés manuellement et utilisés pour toutes les mesures en rapport avec le SLG (Figure 3) et le RSA (Figure 4).

Pour le SLG, deux marqueurs étaient placés manuellement sur une image multiplanaire axiale, dans le volume sélectionné, comme indiqué dans la Figure 3.

Pour l'angle RSA, quatre marqueurs étaient positionnés manuellement sur une image multiplanaire sagittal, dans le volume sélectionné, comme indiqué dans la Figure 4. Le logiciel a ensuite automatiquement tracé les marqueurs sélectionnés sur tous les volumes restants de l'acquisition, permettant ainsi le calcul automatique de la distance entre les deux marqueurs ou de l'angle entre les deux lignes dans chaque volume d'acquisition. Sur la base de la variation au cours de la manœuvre de DRU, quatre paramètres ont été calculés pour chacune des mesures : mean (en mm), max (en mm), CV (écart-type du paramètre / moyenne du paramètre, en %) et amp (valeur maximale - valeur minimale).



**Figure 4** : Coupe scannographique sagittale (A) et reconstruction 3D en vue palmaire (B) d'un poignet, illustrant le positionnement des marqueurs utilisés pour effectuer les mesures angulaires du RSA (Rauch et al., 2018)

**A** : Pour la construction du RSA, deux marqueurs ont été placés dans le grand axe sagittal du radius (points bleus et lignes). Ensuite, deux marqueurs ont été positionnés l'un au point le plus palmaire et l'autre au point le plus dorsal du scaphoïde, afin de déterminer le grand axe du scaphoïde (points et lignes bleus).

**B** : L'angle formé entre les axes déterminés par ces quatre marqueurs correspond à l'angle RSA, visible dans l'image de rendu cinématique en 3D (Illumination globale ; Canon Medical Systems, Otawara, Japon) (lignes bleues).

### **3.7. Définition des sous-groupes**

En fonction des données arthroscopiques, quatre sous-groupes ont pu être définis. Le sous-groupe « normal » ou GN comprenait les patients au stade 0. Le sous-groupe ISL « modérée » ou GIM comprenait les patients aux stades 1 et 2. Le sous-groupe ISL « sévère » ou GIS comprenait les patients au stade 3. Le dernier sous-groupe correspondait aux patients sans ISL « sévère » c'est-à-dire, GN+GIM.

### **3.8. Analyse Statistique**

Les paramètres quantitatifs ont été décrits par leurs médianes, et écarts interquartiles. Les paramètres qualitatifs ont été décrits par leurs effectifs et pourcentages. La variabilité inter-observateur a été mesurée par le coefficient de corrélation intra classe (ICC) et son intervalle de confiance à 95%. La comparaison des données quantitatives radiologiques et du CT4D entre les sous-groupes a été effectuée par l'utilisation de tests non paramétriques de Wilcoxon. Cette comparaison a été effectuée pour les deux examinateurs R1 et R2.

Le seuil de significativité est fixé à 5%. Utilisation de pourcentage pour comparer les valeurs médianes des différents paramètres. L'analyse statistique a été faite avec le logiciel R version 3.6.0 incluant le package IRR.

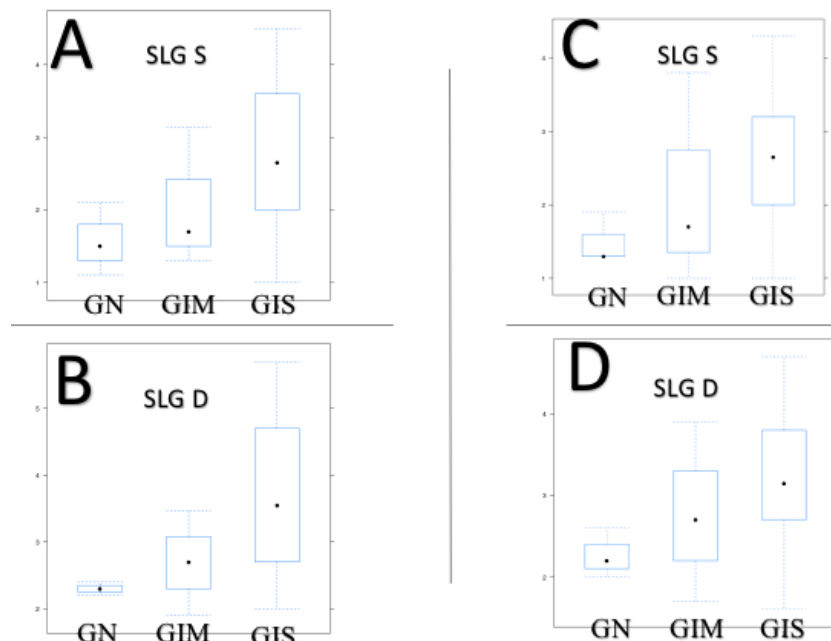
**Tableau 2 :** Variabilité inter observateur des mesures radiographiques et CT4D.

Paramètres		Variabilité inter-observateur L1/ L2 ICC 95%
SLG Statique		0,93 (0,82-0,97)
SLG Dynamique		0,86 (0,61-0,95)
SLA		0,9 (0,75-0,96)
SLG	Mean	0,89 (0,69-0,96)
	Max	0,92 (0,79-0,97)
	Amp	0,88 (0,72-0,95)
	CV	0,77 (0,42-0,91)
RSA	Mean	0,44 (0,32-0,75)
	amp	0,96 (0,91-0,98)

\* valeurs pathologiques

**Tableau 3 :** Résultats radiographiques des différents sous-groupes.

(Médianes(Q1Q3))		GN (n= 3)	GIM (n=3)	GIS (n=10)
SLG statiques (mm)	L1	1,5 (1,3-1,8)	2,4 (2,1-2,8)	2,6 (2,1-3,3)
	L2	1,3 (1,3-1,6)	1,7 (1,3-2,7)	2,6 (2,1-3,1)
SLG dynamiques (mm)	L1	2,3 (2,2-2,3)	3,1 * (2,9-3,3)	3,5 * (2,8-4,5)
	L2	2,2 (2,1-2,4)	2,7 (2,2-3,3)	2,8 (2,7-3,7)
SLA (°)	L1	58 (56-61)	52 (49-56)	68 (57-82)
	L2	57 (55-61)	61 (55-62)	62 (56-82)



**Figure 4 :** Représentations graphiques par Box-Plot des médianes des valeurs radiographiques du SLG S et D (mm) dans les 3 sous-groupes GN, GIM et GIS pour L1(A-B) et L2 (C-D).

## 4. Résultats

Parmi les 16 patients inclus, il y avait 37,5% de femmes (n=6) et 62,5% d'hommes (n=10). L'âge moyen au moment de l'intervention était de  $48,6 \pm 8,6$  ans. A l'issue de l'arthroscopie, tous les patients étaient classés C-. Les groupes GN et GIM comprenaient respectivement trois patients chacun (19% et 19%) et le groupe GIS, dix patients (62%). La variabilité inter- et intra-observateur de chacun des paramètres radiographiques et CT4D évalués était jugée très bonne et excellente (Tableau 2).

### 4.1. Analyse radiographique

Pour les deux lecteurs, les valeurs médianes des différents paramètres radiographiques étaient considérées comme normales, à l'exception du SLG D pour le L1 dans les groupes GIM (3,1 mm) et GIS (3,5 mm). Quantitativement, on observait pour les paramètres SLG S et SLG D une augmentation progressive des valeurs médianes depuis le GN vers le GIS (Figure 4).

Le SLG S montrait une augmentation de 23-38% (L2-L1) entre GN et GIM et de 9-36% (L1-L2) entre GIM et GIS. Entre GN+GIM et GIS, cette augmentation était de 36-43% (L1-L2).

Le SLG D montrait une augmentation de 18-25% (L1-L2) entre GN et GIM et de 4-13% (L1-L2) entre GIM et GIS. Entre GN+GIM et GIS, l'augmentation était de 14-32% (L2-L1).

Les valeurs médianes du SLA étaient proches pour les groupes GN et GIM ; son augmentation était de 2-23% (L2-L1) entre GIM et GIS.

(Tableau 2).

On ne retrouvait pas de différence significative ( $p > 0,05$ ) pour l'ensemble des comparaisons statistiques des différents paramètres radiographiques entre les groupes (tableau 5).

**Tableau 4** : Résultats arthroscannographiques relatifs aux différents sous-groupes.

		<b>GN (n=3)</b>	<b>GIM (n=3)</b>	<b>GN+GIM (n=6)</b>	<b>GIS (n=10)</b>
<b>Rupture du LIOSL</b>	AR	3	0	3	2
	RP	0	3	3	5
	RT	0	0	0	3
<b>PRSA (°)</b>		101 (99-101)	114 (108-115)	102,5 (101-111)	107 (101-114)

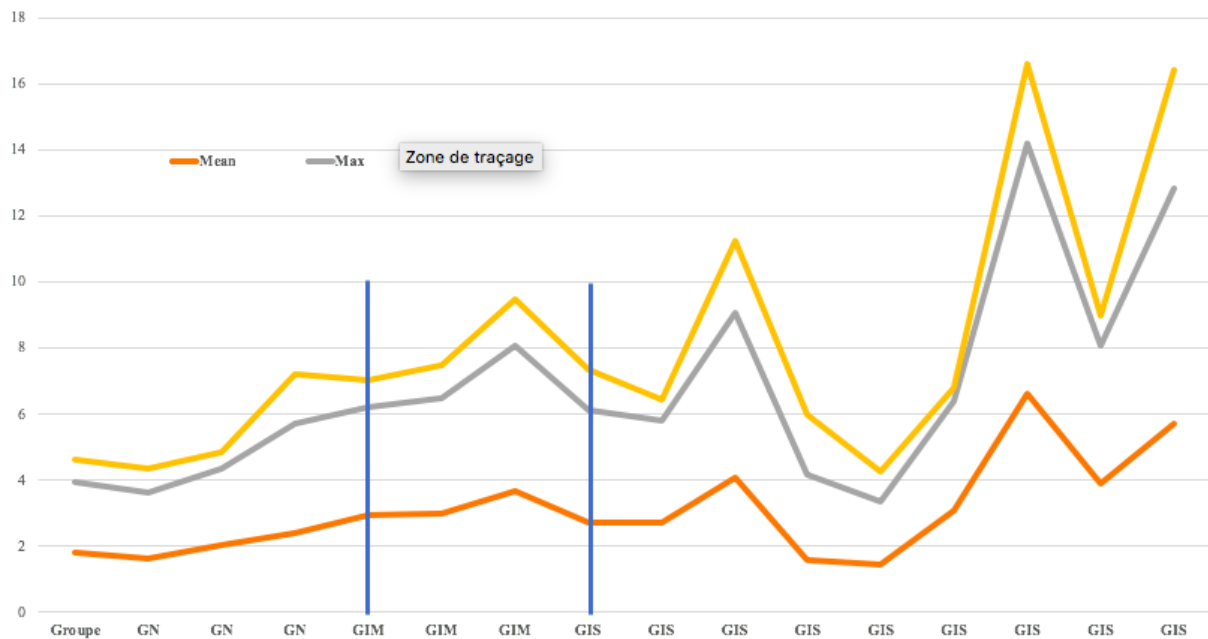


#### **4.2. Analyse arthroscannographique**

Dans le groupe GN+GIM, il y avait 50% d'AR et 50% de RP.

Dans le groupe GIS, nous retrouvions une AR dans 16% des cas, une RP dans 66% des cas et une RT dans 18% des cas.

Pour le PRSA, la comparaison entre GN et GIM montrait une augmentation de 11%. Les valeurs médianes du PRSA étaient proches entre GIM et GIS (tableau 4).



**Figure 5 :** Représentation graphique illustrant en abscisse les valeurs médianes du  $SLG_{mean}$ , du  $SLG_{max}$  et du  $SLG_{amp}$  et en ordonnées les sous-groupes arthroscopiques.

On note une augmentation progressive des valeurs médianes des trois paramètres depuis le groupe GN vers le groupe GIS.

**Tableau 5 :** Comparaison des médianes entre GN+GIM vs GIS.

Paramètre		p value L1 ; L2
<b>Radiographie</b>	SLG S	0,15 ; 0,16
	SLG D	0,07 ; 0,21
	SLA	0,07 ; 0,3
<b>Arthroscanner</b>	PRSA	0,59
	SLG mean	0,15 ; 0,02*
	SLG max	0,11 ; 0,03*
<b>CT4D</b>	SLG CV	0,63 ; 0,63
	SLG amp	0,17 ; 0,15
	RSA mean	0,71 ; 0,18
	RSA amp	0,05 ; 0,13

\* : mesure significative

#### 4.1. Analyse CT4D

Pour les deux lecteurs, les valeurs médianes des trois paramètres (mean, max et amp) du SLG augmentaient progressivement depuis GN vers GIS.

Les  $SLG_{mean}$  et  $SLG_{max}$  montraient une augmentation de 24-38% (L2-L1) et de 31-36% (L2-L1) entre GN et GIM puis, de 13-30% (L1-L2) et de 13-29% (L1-L2) entre GIM et GIS.

Le  $SLG_{amp}$  allait dans le même sens avec une augmentation de 30-50% (L1-L2) entre GN et GIM puis de 4-23% (L2-L1) entre GIM et GIS.

Entre GN+GIM et GIS, l'augmentation était de 32-34% (L2-L1) pour le  $SLG_{mean}$ , de 26-37% (L1-L2) pour le  $SLG_{max}$  et de 38-42% (L2-L1) pour le  $SLG_{amp}$ .

Les valeurs médianes du  $SLG_{cv}$ , augmentaient de 23-43% (L1-L2) entre les groupes GN et GIM ; elles étaient proche entre GIM et GIS.

Seule une différence significative était retrouvée pour L2 concernant les  $SLG_{mean}$  ( $p=0,02$ ) et le  $SLG_{max}$  ( $p=0,03$ ) lors de la comparaison des groupes GN +GIM vs GIS.

La comparaison de GN et GIM montrait des valeurs médianes proches pour les  $RSA_{amp}$  alors qu'entre GIM et GIS, il diminuait de 58-79% (L2-L1). Entre GN+GIM et GS, la diminution du  $RSA_{amp}$  était ainsi de 61-62% (L1-L2).

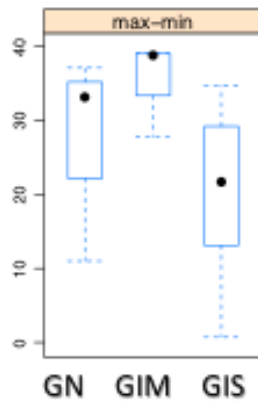
Le  $RSA_{mean}$  avait des médianes proches pour les trois groupes. (Tableau 5 et tableau 6) (Figure 6-7).

Aucune différence significative n'était retrouvée pour le RSA quel que soit les groupes comparés (tableau 5).

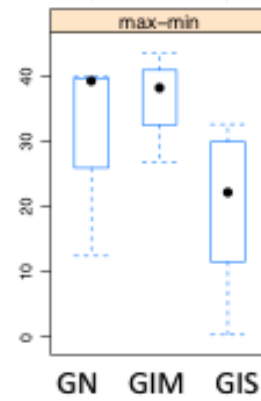
**Tableau 6** : Résultats du CTD4D relatifs aux différents sous-groupes.

Médianes (Q1-Q3)		GN (n=3)	GIM (n=3)	GN+GIM (n=6)	GIS (n=10)
SLG <sub>mean</sub> (mm)	L1	1,8 (1,7-1,9)	2,9 (2,6-2,9)	2,2 (1,8-2,8)	3,8 (2,7-4,0)
	L2	2,1 (2,0-2,1)	2,8 (2,7-2,8)	2,7 (2,2-2,7)	3,9 (2,7-5,1)
SLG <sub>max</sub> (mm)	L1	2,1 (2,0-2,2)	3,3 (3,3-3,4)	2,8 (2,1-2,9)	3,8 (3,1-4,8)
	L2	2,2 (2,2-2,3)	3,2 (3,2-3,5)	2,8 (2,2-3,2)	4,5 (3,1-5,7)
SLG <sub>CV</sub> (%)	L1	9,8 (7,8-13,0)	12,8 (11,3-16,4)	11,3 (9,8-15,3)	13,3 (8,9-17,4)
	L2	6,5 (5,6-8,0)	11,5 (10,2-17,0)	9,2 (7,1-11,0)	10,7 (7,5-13,4)
SLG <sub>amp</sub> (mm)	L1	0,7 (0,6-0,7)	1 (0,9-1,2)	0,7 (0,7-0,9)	1,3 (0,9-2,1)
	L2	0,5 (0,4-0,5)	1 (0,9-1,3)	0,6 (0,5-1,3)	1,1 (0,8-1,5)
RSA <sub>mean</sub> (°)	L1	96,8 (94-97)	100,1 (99-100)	98,0 (97-100)	99,1 (96-103)
	L2	91,4 (90-92)	93,7 (88-100)	92,5 (89-94)	94,3 (93-101)
RSA <sub>amp</sub> (°)	L1	33,3 (22-35)	38,9 (33-39)	35,2 (29-38)	21,7 (13-28)
	L2	39,4 (26-40)	38,2 (32-41)	38,8 (30-40)	24,0 (15-30)

## RSA L1

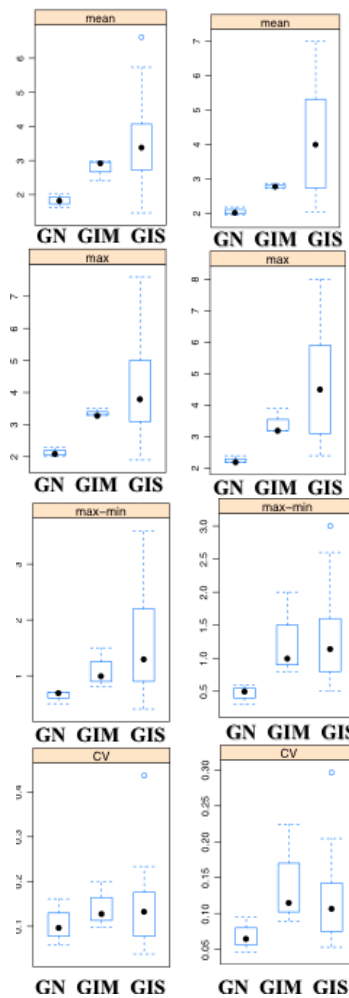


## RSA L2

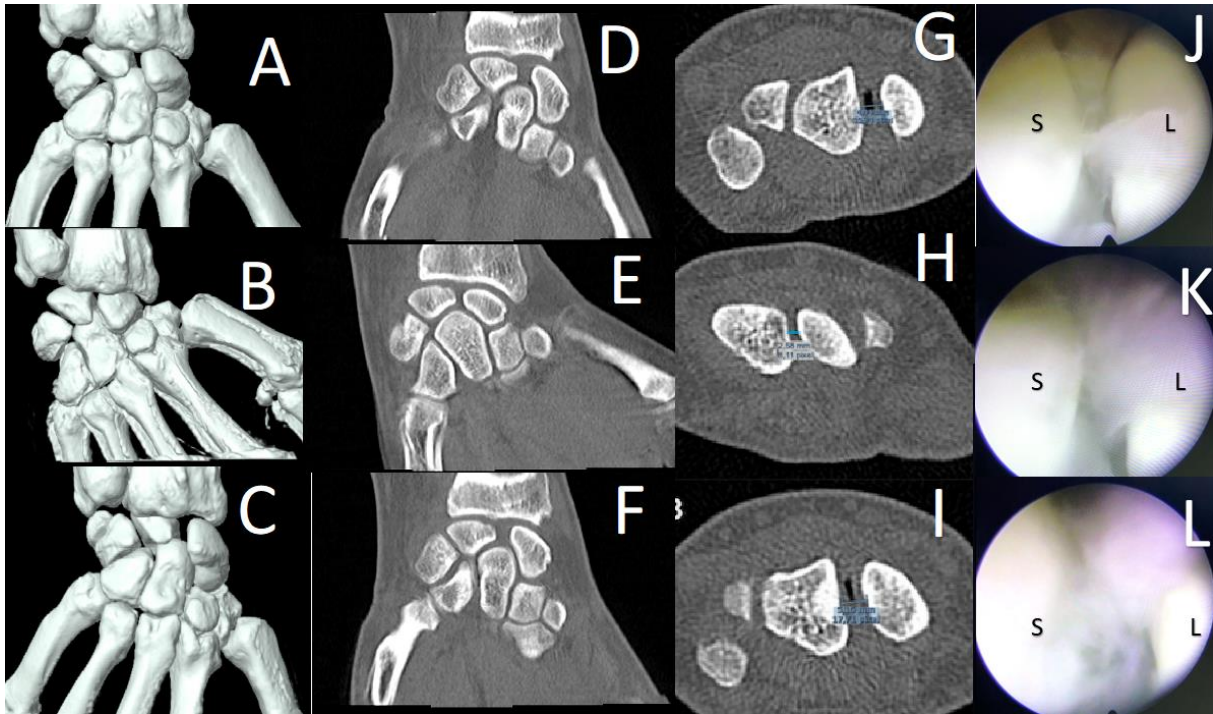


**Figure 8** : Représentations graphiques par Box-Plot des médianes des valeurs CTD4D du  $RSA_{amp}$  dans les 3 sous-groupes GN, GIM et GIS pour L1 et L2.

## SLG L1 SLG L2



**Figure 9** : Représentations graphiques par Box-Plot des médianes des valeurs CTD4D du  $SLG_{mean}$ , du  $SLG_{max}$ ,  $SLG_{amp}$  et du  $SLG_{cv}$  dans les 3 sous-groupes GN, GIM et GIS pour L1 et L2.



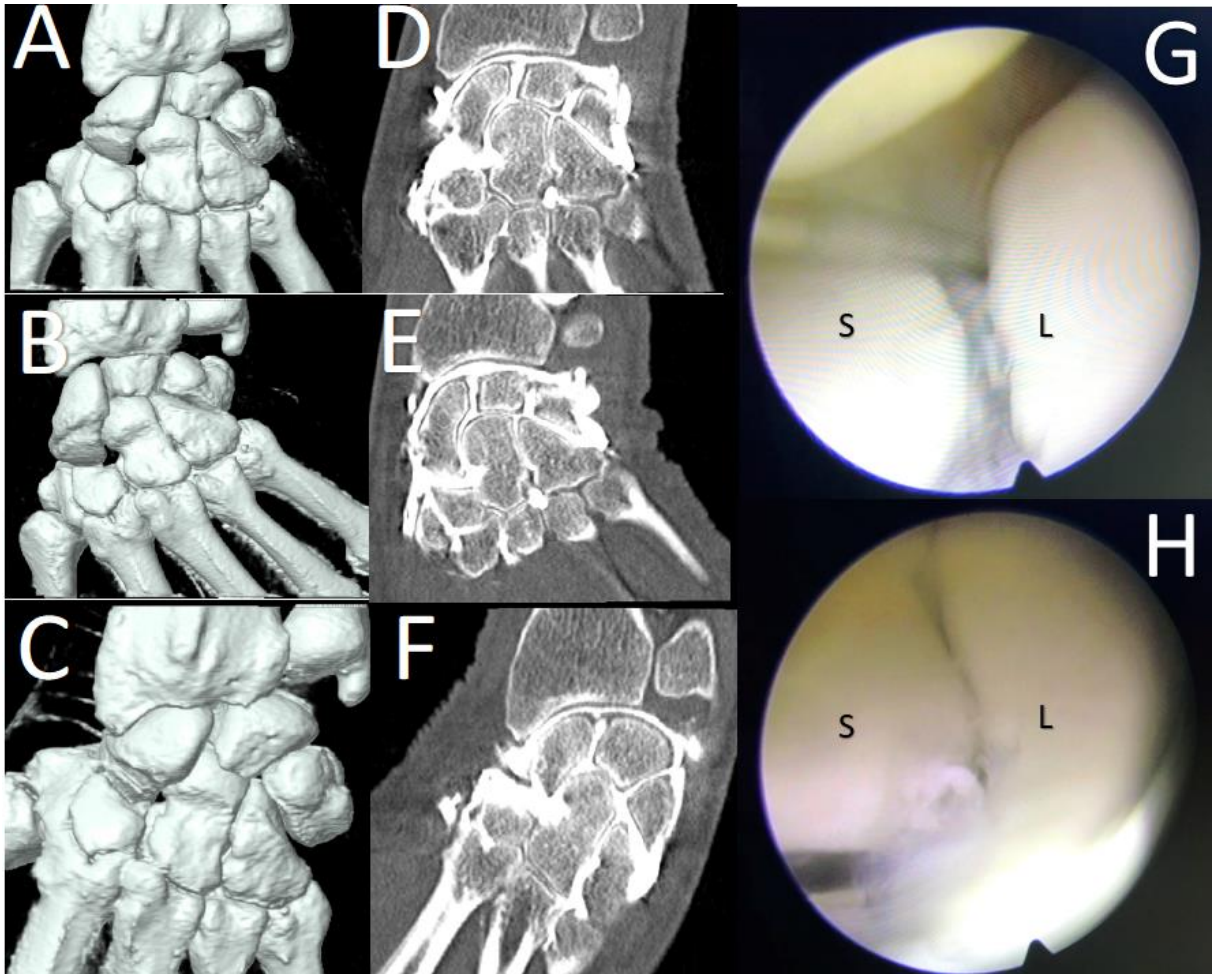
**Figure 10** : Exemple d'un poignet atteint d'une ISL de stade 3 de la classification de Dautel (Dréant et Dautel., 2003).

**A-B-C** : Reconstructions 3D en vue frontale depuis une acquisition CT4D en position neutre de poignet (A) puis en inclinaison radiale (B) et enfin en inclinaison ulnaire (C).

**D-E-F** : Variation du SLG sur une incidence coronale d'une acquisition CT4D en position neutre de poignet (D) puis en inclinaison radiale (E) et enfin en inclinaison ulnaire (F).

**G-H-I** : Mesure du SLG sur une incidence axiale d'un CT4D en position neutre de poignet (G), puis en inclinaison radiale (H) et enfin inclinaison ulnaire (I).

**J-K-L** : Testing dynamique arthroscopique de l'articulation SL. L'optique de l'arthroscopie introduit en MC franchi progressivement (de J à L) cet espace, sans difficulté, pour rejoindre l'articulation RC.



**Figure 11** : Exemple d'un poignet atteint d'une ISL de stade 1 de la classification de Dautel (Dréant et Dautel., 2003).

**A-B-C** : Reconstructions 3D en vue frontale depuis une acquisition CT4D en position neutre de poignet (A), puis en inclinaison radiale (B) puis inclinaison ulnaire (C).

**D-E-F** : Variations du SLG sur une incidence coronale d'un CTD4 en position neutre de poignet (D), puis en inclinaison radiale (E) et enfin en inclinaison ulnaire (F).

**G-H** : Testing dynamique arthroscopique de l'articulation SL.

Le crochet du palpeur était introduit entre le scaphoïde (S) et le lunatum (L). Le crochet ne permettait pas de Twist pour cette RP dorsale.

## 5. Discussion

Les résultats de notre étude mettaient en évidence une bonne corrélation entre l'arthroscopie et le CT4D alors qu'elle était faible avec la radiographie et l'arthroscanner chez les patients suspectés cliniquement d'ISL.

Selon plusieurs auteurs (Mergerle et al., 2010 ; Pliefke et al., 2008) les données radiographiques présentaient une faible corrélation avec l'identification arthroscopique d'ISL. En effet, pour Dornberger et al., (2015), l'analyse des paramètres radiographiques était jugée comme pathologique chez 26 patients pour un premier observateur et 28 patients pour un deuxième. L'analyse arthroscopique retrouvait 6 faux positifs pour l'un et 7 pour l'autre. Cette corrélation moyenne était confirmée par le fait que la présence d'un critère radiographique avec une valeur supérieure à la normale, n'était pas nécessairement synonyme d'ISL. Picha et al., (2012) rapportaient une majorité d'anomalies radiologiques (52% de SLG pathologiques, 70% de SLA anormaux) bilatérales chez des patients asymptomatiques. Dans notre étude, seul le SLG D était corrélé avec la perte de congruence articulaire SL, les valeurs des SLG S et SLA étaient toutes considérées comme normales quel que soit le groupe.

Par ailleurs, l'arthroscanner semblait représenter pour de nombreux auteurs un examen de bonne performance diagnostic de lésion du LIOSL (Shahabpour et al., 2015; Cognet et al., 2008).

Pour Schmid et al., (2005), la Se de l'arthroscanner atteignait les 100% avec une Sp de 77% ; pour Kitay et al., (2012) la Se était de 95% pour une Sp de 86%.

Dans notre étude, les résultats de l'arthroscanner pour les groupes GIM et GIS, étaient très hétérogènes, puisque nous retrouvions 50% d'AR et 50% de RP pour le premier, quand nous retrouvions 16% d'AR, 66% de RP et 18% de RT pour le deuxième.

Lors de cet examen, les faux-négatifs pourraient être expliqués, en partie, par la présence d'un tissu fibreux cicatriciel résiduel au niveau de l'articulation SL, masquant ainsi une authentique rupture du LIOSL. À l'instar de la radiographie, la présence d'un arthroscanner positif pour une lésion du LIOSL ne signifiait pas l'existence d'une ISL car il s'agissait le plus souvent d'un état dynamique, dont la mise en évidence posait des difficultés sur des examens statiques (Kijima et al., 2009; Kitay et Wolfe, 2012; Rajan et Day, 2015).

Au vu de ces insuffisances de performance diagnostique, l'arthroscopie était apparue, pour de nombreux auteurs, comme « gold standard » afin de confirmer l'état d'ISL (Dautel et al., 1993 ; Bille et al., 2007 ; Johnstone et al., 1997 ; Morley et al., 2001). Sa supériorité par rapport à l'arthroscanner était rapportée par Bille et al., (2007) pour l'analyse des surfaces



cartilagineuses (Se 58% pour l'arthroscopie vs Se 45% pour l'arthroscanner) ainsi que pour l'évaluation des lésions des ligaments intrinsèques dont le LIOSL (Se 97% et Sp 91% pour l'arthroscopie vs Se 85% et Sp 79% pour l'arthroscanner). Seule l'arthroscopie permettrait d'établir la différence entre une lésion du LIOSL et une ISL par la réalisation de tests dynamiques (Dautel et Merle., 1993; Corella et al. 2013). Ces tests arthroscopiques reposaient sur l'évaluation RC de l'espace SL via la possibilité d'introduire le crochet du palpateur au sein de l'articulation SL, d'induire un écart SL par un mouvement de « twist » du crochet voir d'admettre un passage de l'arthroscope entre le scaphoïde et le lunatum. Ces observations « quantitatives » permirent à certains auteurs d'établir des classifications arthroscopique de l'ISL (Adolfson., 1994; Dautel et Dréant., 2009 ; Geissler., 2013 ; Messina et al., 2013).

Cependant, Löw et al., (2017) rapportaient une laxité physiologique chez des patients asymptomatiques, permettant l'introduction du crochet dans l'interligne SL même en l'absence d'ISL. Ceci soulevait la question de la validité des tests diagnostiques arthroscopiques proposés.

De plus, l'arthroscopie à visée diagnostic représentait une intervention chirurgicale sans objectif thérapeutique. Des inconvénients étaient à souligner. Objedin et al., (2013) mettaient en évidence la variabilité inter- et intra-observateur de l'arthroscopie de poignet du notamment à une longue courbe d'apprentissage. En effet, selon ces auteurs, 50 arthroscopies de poignet étaient nécessaires avant de pouvoir être reconnu comme un expert. De même, afin de maintenir ce niveau d'expertise 20 à 30 interventions arthroscopiques par an semblaient être indispensables. Ces variabilités auraient tendance à freiner la reproductibilité des tests et donc des résultats arthroscopiques. Les risques interventionnels inhérents à ce geste chirurgical étaient rapportés dans l'étude de Leclerc et Mathoulin., (2016) portant sur 10107 arthroscopies de poignet. Un taux de complication de 6% (605 complications) était signalé. Parmi une des plus fréquente, on notait l'échec à réaliser en totalité une procédure d'arthroscopie diagnostique, confirmant les difficultés d'apprentissage relevées par Objedin et al., (2013). Les risques de lésions nerveuses ainsi que les lésions cartilagineuses étaient également mis en avant.

Au cours des dernières années, des auteurs ont rapporté l'intérêt du CT4D dans les évaluations diagnostique et pronostique de pathologies ostéo-musculaires (Shapeero et al., 1988 ; Totterman et al., 1998 ; Wassilew et al. 2013). Récemment, Gondim Teixeira et al., (2017) s'étaient intéressés à la mise en place d'un protocole d'analyse scannographique du carpe en mouvement. Abou Arab et al., (2018) ainsi que Rauch et al., (2018) montraient dans leurs séries respectives, la performance diagnostic de cet examen dans l'évaluation de l'ISL.

Selon eux, l'analyse dynamique du SLG et du RSA présentaient des différences significatives entre les patients sans et avec une ISL.

En ce qui concerne le type de manœuvre à utiliser lors du CT4D, Abou Arab et al. (2018) comparaient la performance diagnostique des lésions du LIOSL lors des manœuvres DRU et de poings serrés. Selon eux, les deux manœuvres étaient valables pour l'évaluation des lésions du LIOSL cependant, la préférence devait être donnée à la manœuvre DRU plus performante. Ces résultats étaient probablement expliqués par la plus grande amplitude de mouvement du couple SL lors la manœuvre de DRU, facilitant la mise en évidence d'une ISL, y compris à des stades précoces. Toutefois, la définition des sous-groupes comparés était basée sur une analyse arthroscannographique et il n'y avait aucune confirmation arthroscopique des ruptures du LSLIO et des ISL.

La corrélation entre les données du CT4D et celles de l'arthroscopie semblait être confirmée dans notre étude. En effet, nous avons observé une augmentation progressive des valeurs médianes du  $SLG_{mean}$ ,  $SLG_{amp}$  et  $SLG_{max}$  depuis GN jusqu'au groupe GIS. Cette augmentation était même significative pour le  $SLG_{max}$  ( $p=0,03$ ) et le  $SLG_{mean}$  ( $p= 0,02$ ), entre les groupes GN+GIM et GIS. L'importance de l'incongruence articulaire dynamique SL lors de l'arthroscopie allait dans le même sens que l'aggravation des valeurs des données au CT4D. Ceci permettait d'attribuer à ce nouvel outil d'imagerie un double intérêt diagnostique et pronostique.

La mobilité du scaphoïde en flexion-extension apparaissait être un élément important à considérer. En effet, en cas d'ISL, cette mobilité avait tendance à diminuer avec la sévérité d'ISL. Pour Rauch et al. (2018), l'évaluation de cette donnée biomécanique pouvait passer par l'analyse en CT4D du RSA. Les auteurs soulignaient un  $RSA_{amp}$  diminué de 18 à 27% chez les patients présentant une ISL. Nos résultats allaient dans le même sens avec des valeurs du  $RSA_{amp}$  qui diminuaient de 62% chez les patients du GIS par rapport au GIM. Gondim Teixeira et al. (2016) et Athlani et al., (2017) s'étaient intéressés à l'évaluation en imagerie de la SPS dans l'ISL.

Ce signe paraissait d'une grande importance, car probablement pathognomonique de l'ISL quel que soit son stade. Il était la source de développement d'arthrose SLAC par contact avec la berge postérieure du radius et le PPS (Watson et Brenner., 1985).

L'évaluation radiographique d'Athlani et al., (2017) reposait sur des clichés de poignet de profil strict, en prenant comme repère la tangente à la corne postérieure du lunatum, et la situation du PPS par rapport à celle-ci. Toutefois, ces auteurs ne quantifiaient pas cette SPS. Pour Gondim Teixeira et al., (2016), il s'agissait de la mesure de l'angle PRSA sur une coupe

sagittale de TDM. L'intérêt diagnostique et pronostic du PRSA était mis en avant, car ses valeurs différaient significativement ( $p < 0,0001$ ) entre les patients avec et sans ISL, puis avec et sans arthrose SLAC. Des valeurs seuils de PRSA supérieures à  $104^\circ$  étaient corrélées au diagnostic d'ISL alors que des valeurs supérieures ou égales à  $114^\circ$  étaient liées à la présence d'arthrose SLAC (Se 80% et Sp 89,7%).

Nos résultats étaient concordants, avec des valeurs du PRSA à  $101^\circ$  dans le GN et supérieures à  $104^\circ$  pour les GIM et GIS.

Les différentes classifications arthroscopiques d'ISL ne prenaient pas en compte ce paramètre de SPS. Corella et al. (2013) essayaient de le démasquer par un test dynamique arthroscopique basé sur la réalisation d'une pression manuelle sur le tubercule du scaphoïde. Même si cette manœuvre était pertinente pour les auteurs, aucune quantification de la SPS n'était possible.

Notre étude présentait certaines limites. Il s'agissait d'une étude préliminaire dont le faible nombre de patient ne permettait pas de mettre en évidence systématiquement de différences statistiquement significatives et ainsi de pouvoir conclure.

La définition des sous-groupes par la classification purement arthroscopique de Dautel, pouvait entraîner un biais de sélection du fait de la variabilité inter et intra-observateur de cette analyse. De plus, l'utilisation de cette classification, basée uniquement sur une interprétation dynamique MC de l'espace SL, ne rendait pas compte, ni de l'état du LIOSL en RC, ni de l'état des ligaments extrinsèques et du DCSS. De même, nous n'avions pas non plus considéré la recherche d'une SPS.

Le CT4D reste un examen irradiant avec toutefois des doses inférieures aux  $2000 \text{ mGy} \times \text{cm}$  nécessaire pour induire un érythème cutané (Garçia-Elias et al., 2014; Gondim Teixeira et al., 2017; Abou Arab et al., 2018; Rauch et al., 2018).

Enfin, la mise en place de ce nouvel outil d'imagerie nécessite la formation du personnel soignant mais également une éducation préalable du patient à l'exécution correcte des manœuvres du poignet sans mouvement de l'avant-bras. Un mouvement trop rapide occasionnerait un artefact de mouvement et un mouvement trop lent une perte d'images en fin de séquence d'acquisition.

Nous pensons que l'arthroscopie reste un geste chirurgical avec une analyse pertinente par sa disponibilité et la vision directe intra-articulaire qu'elle permet. Malgré tout, il semble que les classifications actuelles pourraient être modifiées afin de prendre en considération l'ensemble des éléments constitutifs d'une ISL. A cet effet, nous proposons d'enrichir la classification de Dautel selon le schéma illustré à la Figure 12.

Au vu des résultats de notre étude et de ceux de la littérature, le CT4D semblait être concluant pour le diagnostic d'ISL chronique, y compris chez les patients présentant une évaluation radiographique ou arthroscannographique initiale douteuse. La corrélation des données de cet examen avec l'analyse arthroscopique, et notamment en termes de comportement dynamique de l'espace SL, lui confère une crédibilité comme alternative aux examens d'imagerie conventionnels. Par la quantification des données qu'il permet, le CT4D pourrait avoir l'avantage d'ajouter à sa capacité diagnostic, une valeur pronostic. Ces résultats serviront de base pour poursuivre les inclusions, afin de conforter nos résultats, et pouvoir envisager par la suite de pallier cette étape interventionnelle d'arthroscopie exploratrice.

Arthroscopie en RC = Siège lésion LSLIO	Arthroscopie en MC = Degré instabilité SL	Chondrite	Subluxation post scaphoïde
A : Lésion partielle sur la portion antérieure	1 : Instabilité mineure (pointe crochet palpateur)	C- : Absence	S+ : Présence
B : Lésion partielle sur la portion postérieure	2 : Instabilité avérée (torsion axiale crochet palpateur)	C+ : Présence	S- : Absence
C : Lésion totale	3 : Instabilité sévère (Arthroscope 2,7mm)		

**Figure 12** : Proposition d'une modification de la classification de Dautel et Dréant (Dréant et Dautel., 2003).

## REFERENCES

**Adolfsson L.** Arthroscopic diagnosis of ligament lesions of the wrist. *J Hand Surg Br.* 1994 Aug;19:505-512.

**Andersson JK, Andernord D, Karlsson J, et al.** Efficacy of magnetic resonance imaging and clinical tests in diagnostics of wrist ligament injuries: a systematic review. *Arthroscopy.* 2015;31:2014–2020.

**Abou Arab W, Rauch A, Chawki M et al.** Scapholunate instability: improved detection with semi-automated kinematic CT analysis during stress maneuvers. *European Radiology.* 2018; 28:4397-4406.

**Athlani L, Pauchard N, Dautel G.** Radiological evaluation of scapholunate intercarpal ligamentoplasty for chronic scapholunate dissociation in cadavers. *J Hand Surg EurVol.* 2018;43:387–393.

**Bain GI, Krishna SV, MacLean S et al.** “Locked” Scapholunate Instability Diagnosed with 4D Computed Toography Scan. *J Wrist Surg.* 2019;8:321-326.

**Berger, R.A.** The ligament of the wrist. A current overview of anatomy with considerations of their potential functions. *Hand Clin.* 1997;13:63–82.

**Bille B, Harley B, Cohen H.** A comparison of CT arthrography of the wrist to findings during wrist arthroscopy. *J Hand Surg Am.* 2007;32:834 – 841.

**Blevens AD, Light TR, Jablonsky W et al.** Radiocarpal articular contact characteristics with scaphoid instability. *J Hand Surg Am.* 1989;14:781–790.

**Burgess RC.** The effect of rotatory subluxation of the scaphoid on radio-scaphoid contact. *J Hand Surg Am.* 1987;12:771-774.

**Carlsen, BT, Shin, AY.** Wrist Instability. *Scandinavian Journal of Surgery.* 2008;97:324–332.

**Carr R, MacLean S, Slavotinek J. et al.** Four-Dimensional Computed Tomography Scanning for Dynamic Wrist Disorders: Prospective Analysis and Recommendations for Clinical Utility. *J Wrist Surg.* 2019;8:161-167.

**Cautilli GP, Wehbé MA.** Scapho-lunate distance and cortical ring sign. *J Hand Surg Am* 1991;16:501–503.

**Cognet, J.-M, Baur, P, Gouzou, S.** Un ligament scapholunaire bombé, signe arthrotoomodensitométrique d'instabilité scapholunaire traumatique. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot.* 2008 ;94:182-187.

**Corella F, Del Cerro M, Ocampos M et al.** Arthroscopic ligamentoplasty of the dorsal and volar portions of the scapholunate ligament. *J Hand Surg Am.* 2013, 38:2466–2477.

**Dautel G, Goudot B, Merle M.** Arthroscopic diagnosis of scapho-lunate instability in the absence of X-ray abnormalities. *J Hand Surg Br* 1993;18:213–218 .

**De Roo MGA, Muurling, M., Dobbe, JGG et al.** A four-dimensional-CT study of in vivo scapholunate rotation axes: possible implications for scapholunate ligament reconstruction. *J Hand Surg Eur Vol.* 2019;44:479–487.

**Dreant N, Dautel G.** Development of an arthroscopic severity score for scapholunate instability. *Chir Main.* 2003;22:90–94.

**Dreant N, Mathoulin C, Lucchetti R, et al.** Comparison of two arthroscopic classifications for scapholunate instability. *Chir main.* 2009;28:74–77

**Dornberger JE, Rademacher G, Mutze S et al.** Accuracy of simple plain radiographic signs and measures to diagnose acute scapholunate ligament injuries of the wrist. *Eur Radiol.* 2015 Dec;25(12):3488-98

**Garcia-Elias M, Alomar Serrallach X, Monill Serra J.** Dart-throwing motion in patients with scapholunate instability: a dynamic four- dimensional computed tomography study. *J Hand Surg Eur Vol* 2014;39:346–352

**Garcia-Elias M, Lluch AL, Stanley JK.** Three-ligament tenodesis for the treatment of scapholunate dissociation: Indications and surgical technique. *J Hand Surg Am.* 2006;31:125–134.

**Garcia-Elias M, Puig de la Bellacasa I, Schouten C.** Carpal Ligaments: A Functional Classification. *Hand Clin.* 2017;33:511-520.

**Geissler W.B.** Arthroscopic management of scapholunate instability. *J Wrist Surg.* 2013;2:129-135.

**Geissler WB, Freeland AE, Savoie FH et al.** Intracarpal soft-tissue lesions associated with an intra-articular fracture of the distal end of the radius. *J Bone joint surg Am.* 1996;78:357-365.

**Gilula LA, Weeks PM.** Post-traumatic ligamentous instabilities of the wrist. *Radiology* 1978;129:641–651.

**Gondim Teixeira PA, De Verbizier J, Aptel S et al.** A. Posterior Radioscaphoid Angle as a Predictor of Wrist Degenerative Joint Disease in Patients With Scapholunate Ligament Tears. *AJR Am J Roentgenol.* 2016;206:144-50.

**Gondim Teixeira PA, Formery AS, Hossu G et al.** Evidence-based recommendations for musculoskeletal kinematic 4D-CT studies using wide area-detector scanners: a phantom study with cadaveric correlation. *Eur Radiol.* 2017;27:437–446.

**Guss MS, Bronson WH, Rettig ME.** Acute Scapholunate Ligament Instability. *J Hand Surg Am.* 2015;40:2065-2067.

**Hafezi-Nejad N, Carrino JA, Eng J et al.** Scapholunate interosseous ligament tears: diagnostic performance of 1.5 T, 3 T MRI, and MR arthrography-a systematic review and meta-analysis. *Acad Radiol.* 2016;23:1091–1103.

**Hagert E, Forsgren S, Ljung BO.** Differences in the presence of mechanoreceptors and nerve structures between wrist ligaments may imply differential roles in wrist stabilization. *J Orthop Res.* 2005;23:757–763.

**Hagert E, Persson JK, Werner M et al.** Evidence of wrist proprioceptive reflexes elicited after stimulation of the scapholunate interosseous ligament. *J Hand Surg Am.* 2009;34:642–665.

**Johnstone DJ, Thorogood S, Smith WH et al.** A comparison of magnetic resonance imaging and arthroscopy in the investigation of chronic wrist pain. *J Hand Surg Am.* 1997;22:714–718.

**Kakar S, Breighner RE, Leng S et al.** The role of dynamic (4D) CT in the detection of scapholunate ligament injury. *J Wrist Surg.* 2016;5:306–310.

Kamal RN, Starr A, Akelman E. Carpal kinematics and kinetics. *J Hand Surg Am.* 2016;41:1011–1018.

Kani K.K, Mulcahy H, Chew FS. **Understanding carpal instability: a radiographic perspective.** *Skeletal Radiol.* 2016;45:1031-1043.

**Kijima Y, Viegas SF.** Wrist anatomy and biomechanics. *J Hand Surg Am.* 2009;34: 1555–1563

**Kitay, A. and Wolfe, S.W.** Scapholunate Instability: Current Concepts in Diagnosis and Management. *J Hand Surg Am.* 2012;37:2175-2196.

**Kwong Y, Mel AO, Wheeler G et al.** Fourdimensional computed tomography (4DCT): a review of the current status and applications. *J Med Imaging Radiat Oncol.* 2015 ;59:545-54

**Larsen CF, Amadio PC, Gilula LA et al.** Analysis of carpal instability: I. Description of the scheme. *J Hand Surg Am.* 1995;20:757–764.

**Laulan J.** Rotatory subluxation of the scaphoid: Pathology and surgical management. *Chir main.* 2009;28:192–206.

**Lawland A, Foulkes GD.** The “clenched pencil” view:a modified clenched fist scapholunate stress view. *J Hand Surg Am.* 2003;28:414-418.

**Leclercq C, Mathoulin C.** Complications of Wrist Arthroscopy: A Multicenter Study Based on 10,107 Arthroscopies. *J Wrist Surg* 2016;5:320–326.



**Lee SK, Desai H, Silver B et al.** Comparison of radiographic stress views for scapholunate dynamic instability in a cadaver model. *J Hand Surg am.* 2011;36:1149–1157.

**Lee YH, Choi YR, Kim S et al.** Intrinsic ligament and triangular fibrocartilage complex (TFCC) tears of the wrist: comparison of isovolumetric 3D- THRIVE sequence MR arthrography and conventional MR image at 3 T. *Magn Reson Imaging.* 2013;31:221–226.

**Leng S, Zhao K, Qu M et al.** Dynamic CT technique for assessment of wrist joint instabilities. *Med Phys.* 2011;38:S50–S56.

**Linscheid RL, Dobyns JH, Beabout JW et al.** Traumatic carpal instability of the wrist. Diagnosis, classification and pathomechanics. *J Bone Joint Surg* 1972;54:1612–32.

**Löw S, Erne H, Strobl U, et al.** Significance of Scapholunate Gap Width as Measured by Probe from Midcarpal. *J Wrist Surg.* 2017;06:316-324.

**Magee T.** Comparison of 3-T MRI and arthroscopy of intrinsic wrist ligament and TFCC tears. *AJR Am J Roentgenol* 2009;192:80–85.

**Mahmood A, Fountain J, Vasireddy N et al.** Wrist MRI arthrogram v wrist arthroscopy: what are we finding? *Open Orthop J.* 2012; 6:194–198.

**Mat Jais IS, Tay SC.** Kinematic analysis of the scaphoid using gated four-dimensional CT. *Clin Radiol.* 2017;72:794.e1–794.e9

**Mataliotakis G, Doukas M, Kostas I, et al.** Sensory innervation of the subregions of the scapholunate interosseous ligament in relation to their structural composition. *J Hand Surg Am.* 2009;34:1413–1421.

**Meade TD, Schneider LH, Cherry K.** Radiographic analysis of selective ligament sectioning at the carpal scaphoid: a cadaver study. *J Hand Surg Am.* 1990;15:855–862.

**Megerle K, Pöhlmann S, Kloeters O et al.** The significance of conventional radiographic parameters in the diagnosis of scapholunate ligament lesions. *Eur Radiol.* 2011;21:176–181.

**Messina JC, Van Overstraeten L, Luchetti Ret al.** The EWAS classification of scapholunate tears: an anatomical arthroscopic study. *J Wrist Surg.* 2013;2:105–109.

**Mitsuyasu H, Patterson RM, Shah MA et al.** The role of the dorsal intercarpal ligament in dynamic and static scapholunate instability. *J Hand Surg Am* 2004;29:279–88.

**Morley J, Bidwell J, Bransby-Zachary M.** A comparison of the findings of wrist arthroscopy and magnetic resonance imaging in the investigation of wrist pain. *J Hand Surg Am.* 2001;26:544–546.

**Murphy BD, Nagarajan M, Novak CB et al.** The Epidemiology of Scapholunate Advanced Collapse. *Hand (N Y).* 2018;01:1558944718788672

**Obdeijn MC, Tuijthof G JM, van der Horst C et al.** Trends in Wrist Arthroscopy. *J Wrist Surg* 2013;2:239–24

**Overstraeten L V, Camus E J, Wahegaonkar A et al.** Anatomical description of the dorsal capsulo-scapholunate septum (DCSS)-arthroscopic staging of scapholunate instability after DCSS sectioning. *J Wrist Surg.* 2013;2:149–154.

**Özkan S, Kheterpal A, Palmer W et al.** Dorsal Extrinsic Ligament Injury and Static Scapholunate Diastasis on Magnetic Resonance Imaging Scans. *J Hand Surg.* 2019;44:641-648.

**Picha BM, Konstantakos EK, Gordon DA.** Incidence of bilateral scapholunate dissociation in symptomatic and asymptomatic wrists. *J Hand Surg Am.* 2012;37:1130–1135.

**Pliefke J, Stengel D, Rademacher G et al.** Diagnostic accuracy of plain radiographs and cineradiography in diagnosing traumatic scapholunate dissociation. *Skeletal Radiol.* 2008;37:139–145.

**Rajan PV, Day CS.** Scapholunate Interosseous Ligament Anatomy and Biomechanics. *J Hand Surg Am.* 2015;40:1692-1702.

Salva-Coll G, Garcia-Elias M, Hagert E. Scapholunate instability: proprioception and neuromuscular control. *J Wrist Surg.* 2013;3:136-140.

**Saupe N, Prussmann KP, Luechinger R et al.** MR imaging of the wrist: comparison between 1.5 and 3 T MR imaging—preliminary experience. *Radiology.* 2005; 234:256–264.

**Schädel-Höpfner M, Böhringer G, Gotzen L et al.** Traction radiography for the diagnosis of scapholunate ligament tears. *J Hand Surg Br.* 2005, 30:464–467.

**Schadel-Hopfner M, Iwinska-Zelder J, Braus T et al.** MRI versus arthroscopy in the diagnosis of scapholunate ligament injury. *J Hand Surg Am.* 2001;26:17–21.

**Scheck RJ, Kubitzek C, Hierner R et al.** The scapholunate interosseous ligament in MR arthrography of the wrist: correlation with non-enhanced MRI and wrist arthroscopy. *Skeletal Radiol.* 1997;26:263–271.

**Schmid MR, Schertler T, Pfirrmann CW et al.** Interosseous ligament tears of the wrist : a comparaison of multidetector row CT arthrography and MR imaging. *Radiology.* 2005;237:1008-1013.

**Shahabpour M, De Maeseneer M, Pouders C et al.** MR imaging of normal extrinsic wrist ligaments using thin slices with clinical and surgical correlation. *Eur J Radiol.* 2011;77:196-201.

**Shapeero LG, Dye SF, Lipton MJ et al.** Functional dynamics of the knee joint by ultrafast, cine-CT. *Invest Radiol.* 1988; 23:118–123

**Short WH, Werner FW, Green JK et al.** Biomechanical evaluation of the ligamentous stabilizers of the scaphoid and lunate: Part II. *J Hand Surg Am.* 2005;30:24–34.

**Short WH, Werner FW, Green JK et al.** Biomechanical evaluation of ligamentous stabilizers of the scaphoid and lunate. *J Hand Surg Am.* 2002;27:991–1002.

**Short WH, Werner FW, Green JK et al.** Biomechanical evaluation of the ligamentous stabilizers of the scaphoid and lunate: part III. *J Hand Surg Am.* 2007;32:297–309.

**Taleisnik J.** *The wrist.* Edinburgh: Churchill Livingstone; 1985.

**Totterman S, Tamez-Pena J, Kwok E et al.** 3D visual presentation of shoulder joint motion. *Stud Health Technol Inform.* 1998;50:27–33

**Van Overstraeten L, Camus E.** Arthroscopic Classification of the Lesions of the Dorsal Capsulo-Scapholunate Septum (DCSS) of the Wrist. *Tech Hand Up Extrem Surg.* 2016;20:125–128.

**Viegas SF, Yamaguchi S, Boyd NL et al.** The dorsal ligaments of the wrist: Anatomy, mechanical properties, and function. *J Hand Surg Am.* 1999;24:456–468.

**Ward PJ, Fowler JR.** Scapholunate Ligament Tears: Acute Reconstructive Options. *Orthop Clin North Am.* 2015;46:551-559.

**Wassilew GI, Janz V, Heller MO et al.** Real time visualization of femoroacetabular impingement and subluxation using 320-slice computed tomography. *J Orthop Res.* 2013; 31:275–281

**Watson H, Ottoni L, Pitts EC et al.** Rotary subluxation of the scaphoid: a spectrum of instability. *J Hand Surg Br.* 1993;18:62–64.

**Watson HK, Ashmead D IV, Makhoul MV.** Examination of the scaphoid. *J Hand Surg Am.* 1988;13:657–660.

**Watson HK, Brenner LH.** Degenerative disorders of the wrist. *J Hand Surg.* 1985;10:1002-6

**Watson HK, Ballet FL.** The SLAC wrist: scapholunate advanced collapse pattern of degenerative arthritis. *J Hand Surg Am.* 1984;9: 358 –365.

**Wright TW, Dobyns JH, Linscheid RL et al.** Carpal instability non-dissociative. *J Hand Surg Br.* 1994;19:763–73.

**Zhao K, Breighner R, Holmes D III et al.** A technique for quantifying wrist motion using four-dimensional computed tomography: approach and validation. *J Biomech Eng.* 2015;137:074501–1–5.

---

## ABSTRACT

**OBJECTIVE:** The purpose was to evaluate the correlation that could exist between arthroscopy observations and 4D kinematic CT analysis of patients with suspected chronic scapholunate instability (SLI).

**METHODS:** 42 patients with clinical SLI suspected were prospectively evaluated with radiographs, arthrography and CT4D. 16 patients (10 men, 6 women) with mean age of  $48.6 \pm 8.6$  years underwent wrist arthroscopy for diagnostic purposes. Based on the Dautel's arthroscopic classification, four subgroups were defined: Normal Group (NG) (n=3), moderate SLI (MG) (n=3) severe SLI (SG) (n=10), the last corresponding to a group without severe SLI NG + MG (n=6). Two independent examiners have assessed CT4D data during radio-ulnar deviation and evaluated scapholunate gap (SLG) and radioscaphoid angle (RSA) in different parameters (mean value - mean, maximum value - max, coefficient of variation - CV, range of values - amp). A third reviewer assessed the arthrography data in tear of scapholunate ligament (absence of tear or AT, partial tear or PT and full tear or FT).

**RESULTS:** Arthrography of NG+MG found 50% of AT and 50% of PT. In SG, we found 16% of AT, 66% of PT and 18% of FT. Median values of  $SLG_{mean}$ ,  $SLG_{max}$  and  $SLG_{amp}$  were progressively increasing from NG to SG. Comparing NG+MG and SG, we found an increase of 32 to 34% for  $SLG_{mean}$ , 26 to 37% for  $SLG_{max}$  and 38 to 42% for  $SLG_{amp}$ . Median value of  $SLG_{CV}$  increased of 23 to 43% from NG to MG; values were similar between MG and SG.  $RSA_{amp}$  was decreasing of 61 to 62% in SG comparing to NG+MG.

**CONCLUSION:** Based on our results, arthroscopy analysis seemed to present good correlation with CT4D data, especially for the SLG. CT4D had also a prognostic value due to parameters quantification.

---

**TITLE:** Correlation between arthroscopy observations and 4D kinematic CT analysis of scapholunate instabilities: case series of 16 patients.

---

**THÈSE:** MEDECINE- CHIRURGIE ORTHOPEDIQUE-2019

---

**KEY WORDS:** arthroscopy; Four-dimensional computed tomography; carpal instability; kinematics; scapholunate ligament; wrist;

---

**INTITULÉ ET ADRESSE:**

**Université de Lorraine, Faculté de Médecine Nancy**

9, avenue de la foret de Haye

54505 VANDOEUVRE-LES-NANCY

---