



**HAL**  
open science

# L'arthrodèse scapho-trapézo-trapézoïdienne dans le traitement chirurgical de l'arthrose isolée : résultats d'une série au recul moyen de 8 ans

Martin Cholley Roulleau

► **To cite this version:**

Martin Cholley Roulleau. L'arthrodèse scapho-trapézo-trapézoïdienne dans le traitement chirurgical de l'arthrose isolée : résultats d'une série au recul moyen de 8 ans. Médecine humaine et pathologie. 2020. hal-04042683

**HAL Id: hal-04042683**

**<https://hal.univ-lorraine.fr/hal-04042683>**

Submitted on 23 Mar 2023

**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>

**UNIVERSITÉ DE LORRAINE**  
**2020**

**FACULTÉ DE MÉDECINE NANCY**

## **THÈSE**

pour obtenir le grade de

### **DOCTEUR EN MÉDECINE**

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

par

**Martin CHOLLEY ROULLEAU**

le 11 septembre 2020

**L'arthrodèse scapho-trapézo-trapézoïdienne dans  
le traitement chirurgical de l'arthrose isolée : résultats  
d'une série au recul moyen de 8 ans**

**Membres du jury :**

M. le Professeur G. DAUTEL

Président

M. le Professeur F. DAP

Juge

M. le Professeur P. GONDIM TEIXEIRA

Juge

M. le Docteur L. 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

**Assesseurs :**

*Premier cycle* : Dr Nicolas GAMBIER  
*Deuxième cycle* : Dr Antoine KIMMOUN  
*Troisième cycle* : Pr Laure JOLY  
*Formation à la recherche* : Pr Nelly AGRINIER  
*Relations Grande Région* : Pr Thomas FUCHS-BUDER  
*CUESIM* : Pr Stéphane ZUILY  
*SIDES* : Dr Julien BROSEUS  
*Vie Facultaire* : Dr Philippe GUERCI  
*Étudiant* : Mme Audrey MOUGEL

**Chargés de mission**

*Docimologie* : Dr Jacques JONAS  
*Orthophonie* : Pr Cécile PARIETTI-WINKLER  
*PACES* : Pr Mathias POUSSEL  
*Relations internationales* : Pr Jacques HUBERT

*Présidente du Conseil de la Pédagogie* : 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 - François GUILLEMIN - Philippe HARTEMANN –  
Gérard HUBERT - Claude HURIET - Michèle KESSLER - François KOHLER - Henri LAMBERT - Pierre LANDES  
- Pierre LASCOMBES - 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 - Faïez ZANNAD

=====

## 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° sous-section : (Chirurgie infantile)**

Professeur Pierre JOURNEAU - Professeur Jean-Louis LEMELLE

**3° sous-section : (Gynécologie-obstétrique ; gynécologie médicale)**

Professeur Philippe JUDLIN - Professeur Olivier MOREL

**4° 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° sous-section : (Ophtalmologie)**

Professeure Karine ANGIOI - Professeur Jean-Paul BERROD

**3° 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° 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° 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° 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 : (Génétique)**

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

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

**3° sous-section : (Médecine générale)**

Docteure Kénora CHAU (stagiaire)

**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

=====

## 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 (VIÊTNAM)*

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**

## **A notre Maître et Président de Thèse**

*Monsieur le Professeur Gilles DAUTEL*

Professeur des Universités – Praticien Hospitalier en chirurgie plastique, reconstructrice et esthétique.

Nous sommes honorés que vous présidiez cette thèse et jugiez ce travail.

Nous souhaiterions exprimer notre profonde gratitude à l'égard de votre enseignement et de votre disponibilité. Votre sens pédagogique est exemplaire, apprendre à vos côtés la chirurgie de la main, dans un esprit de compagnonnage et de confiance, est propice au perfectionnement.

Merci de nous transmettre votre esprit critique, si important dans notre métier.

Nous nous souviendrons de l'intelligence, de la technicité, de l'humilité et du calme qui vous caractérise.

Soyez assuré de notre respect sincère et de notre profonde admiration.

Nous espérons que ce travail sera à la hauteur de votre enseignement et digne de votre confiance. Ce fut un honneur d'être votre élève et nous nous réjouissons de poursuivre notre apprentissage à vos côtés.

## **A notre Maître et Juge**

*Monsieur le Professeur François DAP*

Professeur des Universités – Praticien Hospitalier en chirurgie plastique, reconstructrice et esthétique.

Vous nous faites l'honneur de juger ce travail.

Apprendre à vos côtés la chirurgie de la main est une véritable chance.

Votre savoir-faire technique et votre imposante culture chirurgicale et bibliographique sont des atouts majeurs pour nous.

Nous nous souviendrons de l'enthousiasme, de la disponibilité et de la sérénité dont vous faites preuve.

Soyez assuré de notre admiration, nous sommes honorés de pouvoir continuer à apprendre à vos côtés.

## **A notre Maître et Juge**

*Monsieur le Professeur Pedro Augusto GONDIM TEIXEIRA*

Professeur des Universités - Praticien Hospitalier en radiologie et imagerie médicale.

Nous sommes honorés que vous jugiez ce travail.

Nous souhaitons vous remercier pour votre disponibilité et votre professionnalisme.

Grâce à ce travail, vous nous avez permis d'améliorer nos connaissances sur ce nouvel outil d'imagerie qu'est le scanner dynamique 4D.

Nous nous souviendrons de votre pertinence et de votre exactitude dans l'exercice de votre métier ainsi que dans le domaine de la recherche.

Pouvoir travailler avec votre équipe renommée est un honneur et soyez assuré de notre reconnaissance.

**A notre Maître et Directeur de Thèse**

*Monsieur le Docteur Lionel ATHLANI*

Praticien Hospitalo-Universitaire en chirurgie orthopédique et traumatologique.

Nous te remercions chaleureusement d'avoir dirigé ce travail et de nous avoir accordé ta confiance.

Nous respectons particulièrement ton implication indéfectible durant la réalisation de cette thèse.

Ton professionnalisme et ton savoir-faire scientifique ont été des atouts majeurs pour nous et resteront un modèle à suivre. Définir un cap, réussir à le garder, tout en faisant preuve d'adaptabilité, en chirurgie comme en recherche, est une des clés que tu nous as enseignée.

Ta passion pour la chirurgie de la main est admirable et nous te remercions de nous la transmettre.

Nous nous souviendrons de ta précision chirurgicale et intellectuelle ainsi que de ton esprit de discernement.

Nous sommes honorés d'avoir travaillé avec toi et de pouvoir encore apprendre à tes côtés dans les années à venir.

Sois assuré de notre grande admiration.

**A nos Maîtres d'internat**

*Madame le Professeur Manuella PEREZ*  
*Monsieur le Dr Mahmoud KHALIFE*  
*Monsieur le Professeur Pierre JOURNEAU*  
*Monsieur le Professeur Sergueï MALIKOV*  
*Monsieur le Docteur Olivier GOSSELIN*  
*Monsieur le Professeur Didier MAINARD*  
*Monsieur le Professeur Gilles DAUTEL*  
*Monsieur le Professeur François DAP*  
*Monsieur le Docteur Lionel ATHLANI*  
*Monsieur le Professeur François SIRVEAUX*

**A nos Praticiens Hospitaliers**

*Monsieur le Docteur Nicolas REIBEL*  
*Madame le Docteur Joëlle SIAT*  
*Monsieur le Docteur Damien PILLOT*  
*Monsieur le Docteur Marc LEGNAME*  
*Monsieur le Docteur Kaïs TRABELSI*  
*Madame le Docteur Florence MULLER*  
*Madame le Docteur Nicla SETTEMBRE*  
*Monsieur le Docteur Zakariyae BOUZIANE*  
*Monsieur le Docteur Mohamad KAAIK*  
*Monsieur le Docteur Guillaume ANDRE*  
*Monsieur le Docteur Damien BLOCK*  
*Monsieur le Docteur Julien UHRING*  
*Monsieur le Docteur M'Barek IRRAZI*  
*Madame le Docteur Joëlle GIROT*  
*Monsieur le Docteur Stéphane BARBARY*  
*Madame le Docteur Sibille BEVILACQUA*  
*Madame le Docteur Juliette LOMBARD*

*Monsieur le Docteur Philippe BELLEMERE*  
*Monsieur le Docteur Etienne GAISNE*  
*Monsieur le Docteur Marc LEROY*  
*Monsieur le Docteur Yves BOUJU*  
*Madame le Docteur Flore Anne LECOQ*  
*Monsieur le Docteur Yves KERJEAN*  
*Monsieur le Docteur Thierry LOUBERSAC*

**A nos Chefs de clinique et Assistants**

*Monsieur le Docteur Cyril PERRENOT*  
*Madame le Docteur Béatrice ALVES-NETO*  
*Monsieur le Docteur Apostolos AGRAFIOTIS*  
*Madame le Docteur Eva POLIRSZTOK*  
*Madame le Docteur Dominique BARBIER*  
*Monsieur le Docteur Olivier LARMURE*  
*Monsieur le Docteur Nicolas BERTE*  
*Monsieur le Docteur Charbel SABA*  
*Monsieur le Docteur François EGRISE*  
*Monsieur le Docteur Manuella BARLA-JOURNE*  
*Monsieur le Docteur Bertrand GAVANIER*  
*Monsieur le Docteur Bogdan ZAHARIA*  
*Madame le Docteur Hélène AGNERAY*  
*Madame le Docteur Sophie SABAU*  
*Monsieur le Docteur Romain DETAMMAECKER*  
*Monsieur le Docteur Yoan-Kim DE ALMEIDA*  
*Monsieur le Docteur Hugo MASCHINO*  
*Monsieur le Docteur Jonathan GRANERO*  
*Monsieur le Docteur Camillo CHAVES*  
*Monsieur le Docteur Victor LESTIENNE*

Soyez assurés de ma profonde reconnaissance. Merci de m'avoir transmis vos connaissances et votre passion pour la chirurgie dans le respect des patients. J'aimerais pouvoir un jour me hisser à votre hauteur et transmettre à mon tour, tout ce que vous m'avez enseigné.

### **A tous mes co-internes**

Et tout particulièrement à mes co-internes de CGU, Fred, Louis et Antoine P., à nos premiers pas en tant qu'internes. Une réelle amitié est née et je me souviendrai de nos moments partagés ensemble.

Pensée particulière pour mes co-internes du service de chirurgie de la main : Colin, Élise (« Bernard »), Marie-Cécile, Océane, Aude et Claire. A nos journées de labeur passées et futures. Merci à mes compagnons du confinement pour ces apéros qui nous ont remonté le moral.

A tous mes autres co-internes.

**A l'ensemble de l'équipe de rééducation** du centre chirurgical Émile Gallé : Docteur Amélie Touillet, Docteur Anne Foisneau-Lottin et leurs équipes.

**A l'équipe d'anesthésie** de mes différents stages et particulièrement à l'équipe de la salle de réveil du centre chirurgical Émile Gallé.

**A l'ensemble de l'équipe du bloc opératoire Émile Gallé.** Merci pour votre soutien indéfectible et votre aide dans l'exercice de notre métier. La qualité exceptionnelle des soins vous revient en grande partie. Merci de votre bonne humeur, je suis heureux de pouvoir continuer à travailler avec vous.

**Aux différentes équipes paramédicales** de l'ensemble de mes stages : CGU, Thionville, Hôpital d'enfant, Chirurgie vasculaire, clinique Claude Bernard, COTA, CH Metz, Émile Gallé. Un grand merci, vous qui avez toujours été enthousiastes et accueillants à mon égard malgré votre charge de travail importante. Vous qui avez su me remonter le moral dans les moments pénibles. Vous étiez les premiers à nous soutenir au début de mon internat.

**A l'ensemble du personnel paramédical des consultations.** Particulièrement un grand merci à Claude de CGU, pour ton soutien si important durant mes premiers jours d'internat, et à l'équipe des consultations de la main.

**A l'ensemble des secrétaires** et tout spécialement à Gaëlle BLANQUIN qui m'a beaucoup soutenu et aidé dans mon parcours (ainsi que pour les fautes d'orthographe !) et à Aurore SIMON, doublée par Marlène KLIMCZAK qui m'ont été d'une grande aide lors de mon arrivée dans le service de chirurgie de la main ainsi que pour le recueil de données pour ma thèse. Soyez assurées de ma profonde reconnaissance.

**A mes amis de l'internat de Nancy / Thionville / Nantes.**

**A mes amis de promo de chirurgie générale.**

**A mes amis de promo d'anesthésie/IADE.**

**A mes amis Chambériens.**

**A mes amis Grenoblois.**

**A mes amis de la gym** de Chambéry et de Grenoble.

**A ma Famille**

A ma mère : A toi qui m'as apporté tout l'amour dont j'ai eu besoin. Tu as surmonté toutes les épreuves à mes côtés en m'apportant ton soutien inaltérable. Je te dois énormément et c'est grâce à toi que j'en suis arrivé là aujourd'hui.

A mon père et mes sœurs Marion et Mylène : Merci d'avoir toujours été là pour moi.

A mes grands-parents.

A la famille Tramaille.

**A ma chère et tendre Fanny**

Je suis heureux de partager tous ces moments de bonheur avec toi. Merci de me comprendre et d'être présente.

Merci pour tout le temps que tu as passé à la relecture de cette thèse.

## SERMENT D'HYPPOCRATE

*« Au moment d'être admis à exercer la médecine, je promets et je jure d'être fidèle 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 les perfectionnerai pour assurer au mieux les services qui me seront 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 ABRÉVIATIONS</b> .....	20
<b>PREMIÈRE PARTIE : ÉTAT DES CONNAISSANCES ACTUELLES</b> .....	22
1. Introduction .....	22
2. Rappels anatomiques et biomécaniques de l'articulation scapho-trapézo-trapézoïdienne .....	23
2.1. Os et surfaces articulaires .....	23
2.2. Complexe ligamentaire scapho-trapézo-trapézoïdien .....	24
2.3. Biomécanique normale de l'articulation scapho-trapézo-trapézoïdienne .....	26
3. Étiologies, physiopathologie et évolution de l'arthrose scapho-trapézo-trapézoïdienne isolée.....	28
3.1. Étiologies .....	28
3.1.1. La chondrocalcinose .....	28
3.1.2. Prédispositions anatomiques .....	31
3.2. Physiopathologie et évolution de l'arthrose scapho-trapézo-trapézoïdienne vers la désaxation adaptative du carpe.....	33
4. Diagnostic et pronostic de l'arthrose scapho-trapézo-trapézoïdienne isolée.....	34
4.1. Examen clinique.....	34
4.2. Bilan d'imagerie.....	35
4.2.1. Radiographies standards .....	35
4.2.2. Les classifications radiologiques .....	37
4.2.3. Le carpe adaptatif.....	38
4.2.4. Tomodensitométrie et arthrographie .....	39
5. L'arthrodèse scapho-trapézo-trapézoïdienne et ses alternatives dans le traitement chirurgical de l'arthrose isolée. ....	41
5.1. L'arthrodèse scapho-trapézo-trapézoïdienne .....	41
5.2. Le débridement arthroscopique.....	47
5.3. Résection du pôle distal du scaphoïde avec ou sans interposition .....	47
5.3.1. Résection simple du pôle distal du scaphoïde à ciel ouvert.....	47

5.3.2. Résection du pôle distal du scaphoïde et interposition d'implant en silicone .....	48
5.3.3. La résection simple du pôle distal du scaphoïde sous arthroscopie.....	48
5.3.4. Résection du pôle distal du scaphoïde et interposition tendineuse ou capsulaire .....	50
5.3.5. Résection du pôle distal du scaphoïde ou des cornes distales du trapèze et du trapézoïde et interposition d'un implant en pyrocarbon .....	51
5.3.6. Résection du pôle distal du scaphoïde et interposition d'un implant de resurfaçage .....	54
5.4. Trapézectomie totale ou trapézectomie et trapézoïdectomie partielle .....	56
6. Conclusion .....	58
7. Références de la première partie .....	59
<b>DEUXIÈME PARTIE : ARTICLE SCIENTIFIQUE .....</b>	<b>67</b>
1. Abstract.....	68
2. Introduction .....	69
3. Methods .....	69
3.1. Patients .....	69
3.2. Surgical procedure and postoperative protocol.....	70
3.3. Clinical and functional evaluation .....	70
3.4. Radiological evaluation.....	71
3.5. Statistical analysis .....	71
4. Results .....	72
4.1. Clinical and functional outcomes.....	72
4.2. Radiological outcomes .....	72
4.3. Complications and surgical revisions .....	74
5. Discussion.....	75
6. Références de la deuxième partie .....	78
7. Annexes de la deuxième partie.....	81
7.1. Score de QuickDASH .....	81
7.2. Score de PRWE.....	82

<b>TROISIÈME PARTIE : L'APPORT DU SCANNER DYNAMIQUE 4 DIMENSIONS DANS L'ANALYSE CINÉMATIQUE DU CARPE APRÈS ARTHRODÈSE SCAPHO- TRAPÉZO-TRAPÉZOÏDIENNE</b> .....	83
<b>1. Introduction</b> .....	83
<b>2. Matériel Et Méthode</b> .....	84
2.1. Population .....	84
2.2. Réalisation des acquisitions 4DCT .....	84
2.3. Analyse des données et post-traitement des images 4DCT .....	85
2.4. Analyse statistique .....	88
<b>3. Résultats</b> .....	88
3.1. Analyse descriptive 4DCT .....	90
3.2. Analyse angulaire 4DCT.....	93
<b>4. Discussion</b> .....	95
<b>5. Conclusion</b> .....	99
<b>6. Références de la troisième partie</b> .....	100

## LISTE DES ABRÉVIATIONS

2D, 3D et 4D : 2, 3 ou 4 Dimensions

4DCT : 4 Dimensions Computerized Tomography

A/P : AnteroPosterior

CCA : ChondroCalcinose Articulaire

CLA ou ACL : Capito-Lunar Angle ou Angle Luno-Capital

DASH : Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand

DISI : Dorsal Intercalated Segment Instability

RUD ou DRU : Radio-Ulnar Deviation ou Déviation Radio-Ulnaire

E : Extension

e.g. : *exempli gratia*

F : Flexion

FCR : *Flexor Carpi Radialis*

INCA<sup>®</sup> : nom de marque

IRM : Imagerie par Résonance Magnétique

K-wire : Kirschner-wire

LC : Luno-Capital

mSv : Milli Sievert

M3 : 3<sup>ème</sup> Métacarpien

OA : OsteoArthritis

Pa : Pseudarthrodèse

PRWE : Patient-Rated Wrist Evaluation

Pyrocardan<sup>®</sup> : Nom de marque

R : Radial

RMC : Radiale Médio-Carpienne

ROM : Range Of Motion

RSA ou ARS : Radio-Scaphoid Angle ou Angle Radio-Scaphoïdien

SC : Scapho-Capital

SCAC : Scaphoid Chondrocalcinosis Advanced Collapse

SS: Stylo-Scaphoïdien

SD : Standard Deviation

SLA ou ASL : Scapho-Lunar Angle ou Angle Scapho-Lunaire

SLAC : Scapho-Lunar Advanced Collapse

SNAC : Scaphoid Nonunion Advanced Collapse

STPI<sup>®</sup> : Scaphoid Trapezium Pyrocarbon Implant, nom de marque

STT : Scapho-Trapézo-Trapézoïdienne ou Scapho-Trapezio-Trapezoidal

TFCC : Triangular Fibro-Cartilage Complex

TM : Trapézo-Métacarpienne

Tpd : Trapézoïde

Tpz : Trapèze

TT : Trapézo-Trapézoïdienne

U : Ulnaire

VAS : Visual Analog Scale

Vs : Versus

# PREMIÈRE PARTIE : ÉTAT DES CONNAISSANCES ACTUELLES

## 1. Introduction

L'arthrose scapho-trapézo-trapézoïdienne (STT) isolée est une affection rare qui se définit par la dégénérescence arthrosique de l'articulation STT sans atteinte de l'articulation trapézo-métacarpienne (TM). Elle a été décrite pour la première fois par Carstam et al. (1968). Elle est la seconde localisation arthrosique au poignet (Patterson et al., 2003) avec une prévalence estimée entre 2% et 16% selon les études anatomiques (Brown et al., 2003 ; Moritomo et al., 2000). Il semble exister une prépondérance chez la femme de plus de 50 ans (Armstrong et al., 1994 ; Crosby et al., 1978 ; Garcia-Elias et al., 1999 ; Pegoli et al., 2016 ; Pequignot et al., 2005). Armstrong et al. (1994) rapportaient une prévalence à 2% chez les femmes ménopausées, de même pour Brown et al. (2003) avec un taux de 3 %, alors que le taux était de 14% pour Watson et Ballet (1984). L'arthrose STT peut être isolée mais elle est fréquemment associée à l'arthrose trapézo-métacarpienne (Bathia et al., 1996), formant ainsi l'arthrose pan-trapézienne ou péri-trapézienne. Brown et al. (2003) retrouvaient ainsi une arthrose combinée péri-trapézienne dans 60% des cas.

Lorsqu'elle devient symptomatique, l'arthrose STT se manifeste pas des douleurs invalidantes sur le versant radial du poignet mais aussi par la présence d'une perte de force et de mobilité du poignet, notamment dans les mouvements d'inclinaisons radio-ulnaires. De plus, une tendinite du *Flexor Carpi Radialis* (FCR) peut être associée au tableau clinique. Toutefois, il n'existe pas de réelle corrélation radio-clinique (Brown et al., 2003).

Le traitement de première intention est médical. Il associe une prise d'antalgiques et une mise au repos de l'articulation par une orthèse thermoformée à porter la nuit et lors des activités sollicitant activement le poignet. Des anti-inflammatoires et éventuellement des injections intra-articulaires de corticoïdes peuvent être utilisés. L'injection de corticoïdes dans l'articulation STT n'a pas fait l'objet de publications spécifiques pour l'arthrose STT isolée. Cependant, plusieurs études ont prouvé qu'une première injection de corticoïdes, radioguidée dans une articulation trapézo-métacarpienne (TM) arthrosique au stade débutant, est efficace entre 3 et 6 mois pour les variables du DASH (Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand score) et de la douleur, allant même jusqu'à 2 ans chez certains patients (Swindells et al., 2010 ; Wolf, 2008 ; Khan et al., 2009). La deuxième injection est systématiquement moins efficace en termes de durée (Swindells et al., 2010).



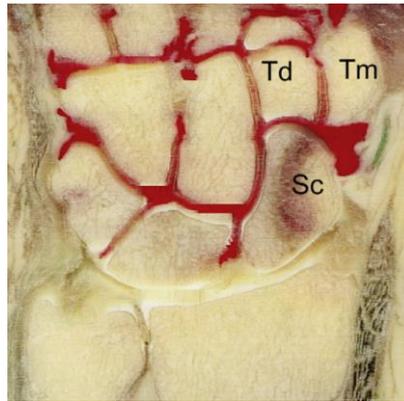


Figure 2 - Coupe anatomique frontale passant par les os du carpe. Les articulations intra-carpiennes sont colorées en rouge.

Sc : scaphoïde, Td : trapézoïde, Tm trapèze (Wolf, 2008)

Moritomo et al. (Part 1, 2000) ont décrit trois formes articulaires du pôle distal du scaphoïde en fonction de l'orientation de cette crête (Figure 3).

- Type A (58%) : surface dorso-ulnaire évasée et surface radio-palmaire effilée
- Type B (32%) : surface dorso-ulnaire évasée et surface radio-palmaire arrondie
- Type C (10%) : surface dorso-ulnaire étroite et surface radio-palmaire arrondie

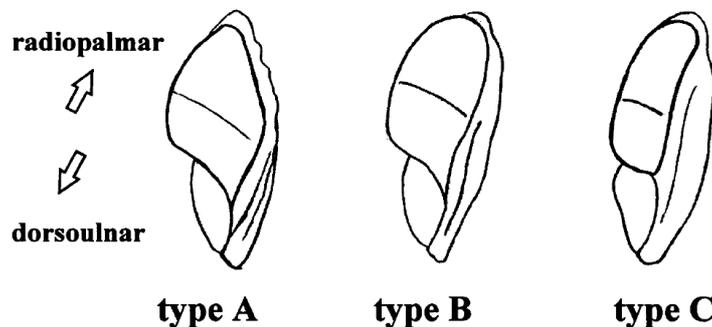


Figure 3 - Aspect des trois types de surfaces articulaires du pôle distal du scaphoïde selon Moritomo (2000).

## 2.2. Complexe ligamentaire scapho-trapézo-trapézoïdien

La stabilité de l'articulation STT est double :

- intrinsèque, par la forme et l'orientation des surfaces articulaires.
- extrinsèque, par les éléments capsulo-ligamentaires.

Les éléments stabilisateurs extrinsèques sont regroupés sous le nom de complexe capsulo-ligamentaire STT (Boabighi et al., 1993 ; Crosby et al., 1978 ; Drewniany et al., 1985 ; Moritomo et al., part 1 and 2, 2000 ; Nagao et al., 2005).

D'après les dernières études anatomiques (Moritomo et al., part 1, 2000 ; Nagao et al., 2005), nous distinguons trois structures principales :

1- Le ligament scapho-trapézien, élément stabilisateur principal (Deans et al., 2017), est formé de deux faisceaux formant un « V ». Il est localisé à la partie palmo-radiale de la tubérosité du scaphoïde, radialement par rapport au FCR. La branche ulnaire est profonde, épaisse et très résistante. La portion radiale est plus fine et superficielle (Figure 4).

2- Le ligament scapho-capital, un ligament court, est situé entre la partie distale ulno-palmaire du scaphoïde et la partie radio-palmaire du capitatum. Il se différencie anatomiquement du ligament radio-scapho-capital, même si leurs fibres sont proches.

3- Le ligament capito-trapézien, tendu entre la partie antérieure du capitatum et le trapèze, ne donne aucune fibre pour le trapezoïde. Il chemine juste en dessous du tendon du FCR. Il existe des variations individuelles avec parfois un ligament très peu développé. Il serait alors un facteur de risque de complications arthrosiques selon Moritomo et al. (part 1, 2000) (Figure 5) .

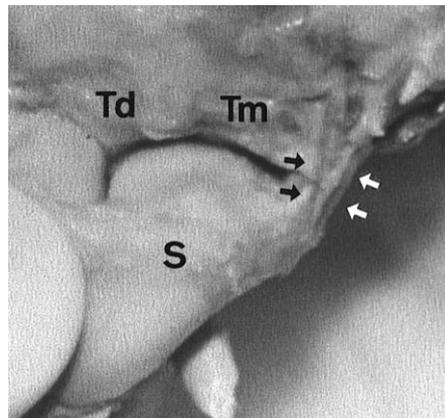


Figure 4 - Vue anatomique palmaire des ligaments stabilisateurs STT.

S : scaphoïde. Td : trapézoïde. Tm : trapèze. Flèches blanches et noires : ligament scapho-trapézien

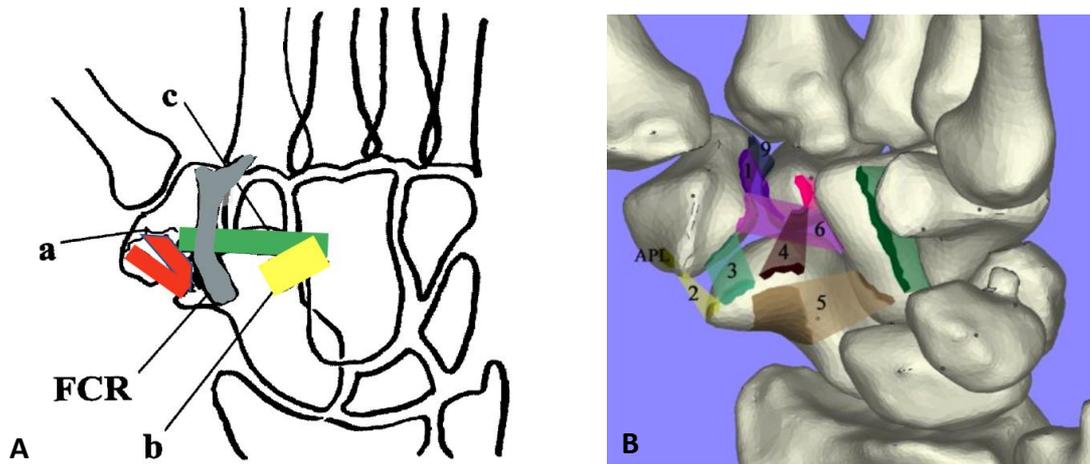


Figure 5 – A) Le complexe ligamentaire scapho-trapézo-trapézoïdien, a) ligament scapho-trapézien, b) ligament scapho-capital, c) ligament capito-trapézien, FCR: Flexor Carpi Radialis. B) Vue palmaire 3D d'un poignet gauche. 1 et 9 : ligaments trapézo-trapézoïdaux. 2 et 3 : ligaments scapho-trapéziens. 4 : ligament scapho-trapézoïdal. 5 : ligament scapho-capital. 6 : ligament capito-trapézien. APL : Abductor Pollicis Longus

D'autres structures viennent renforcer ce complexe mais ne jouent qu'un rôle accessoire dans la stabilité de l'articulation : les ligaments trapézo-trapézoïdiens, le ligament scapho-trapézoidal et le renfort capsulo-ligamentaire dorsal de l'articulation STT (DaRin et Mathoulin, 2006).

### 2.3. Biomécanique normale de l'articulation scapho-trapézo-trapézoïdienne

Sur le versant radial du poignet, le scaphoïde représente le lien anatomique et mécanique entre la première et la deuxième rangée des os du carpe. L'articulation STT est une articulation peu mobile, contrainte par la crête distale du scaphoïde.

Moritomo et al. (part 1 et 2, 2000) ont décrit un axe de rotation du scaphoïde par rapport au couple TT (Figure 6). Ce dernier correspond à la droite passant par le ligament scapho-capital et par l'insertion proximale du ligament scaphotrapézien. Cette droite est parallèle à l'axe de l'articulation TT. Ainsi, le mouvement du scaphoïde n'a qu'un degré de liberté et il est décrit comme une flexion ulnaire et une extension radiale. Les auteurs ont également démontré que durant l'extension du poignet, la mobilité scapho-trapézienne est la même que lors de l'inclinaison radiale. Inversement, durant la flexion du poignet, la mobilité scapho-trapézienne est identique à celle lors de l'inclinaison ulnaire.

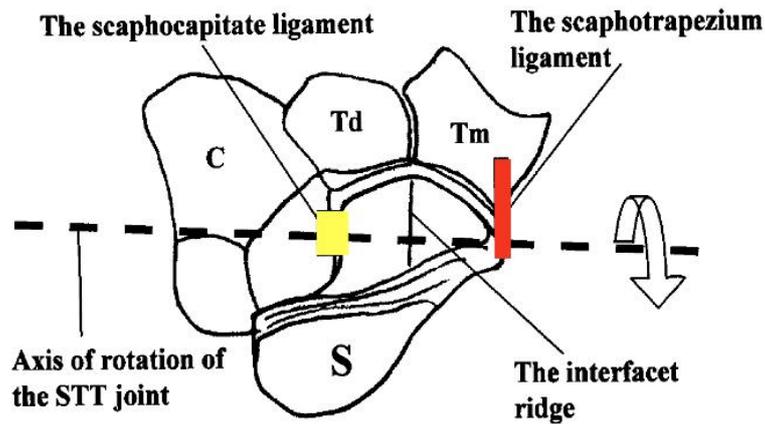


Figure 6 - Vue radio-dorsale d'un poignet gauche, illustrant la relation entre l'axe de rotation du scaphoïde par rapport au couple TT et les ligaments scapho-trapézien et scapho-capital.

S : scaphoïde, C : capitatum, Td : trapézoïde, Tm : trapèze

D'après l'étude de Patterson et al., (2003), 23% des forces transmises au poignet passent par l'articulation STT (Figure 7).

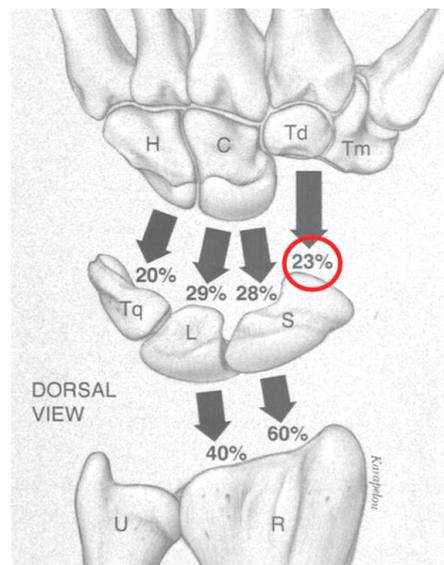


Figure 7 - Reconstruction 3D d'une vue éclatée d'un poignet (radio et médio-carpienne) montrant la proportion des forces appliquées à chaque os du carpe durant un transfert de force de la main au poignet. La proportion des forces passant par la STT est entourée en rouge (Patterson et al., 2003).

Le complexe ligamentaire STT est également un stabilisateur secondaire de l'articulation scapho-lunaire. Il participe au maintien de la position verticale du scaphoïde, et lutte contre sa subluxation rotatoire en cas d'atteinte du ligament inter-osseux scapho-lunaire. L'arthrodèse STT est d'ailleurs proposée par certains auteurs comme le traitement chirurgical des instabilités scapho-lunaires chroniques statiques irréductibles sans atteinte arthrosique (Watson et Hempton, 1980 ; Watson et al., 1986 ; Watson et al, 1993).

### **3. Étiologies, physiopathologie et évolution de l'arthrose scapho-trapézo-trapézoïdienne isolée**

#### **3.1. Étiologies**

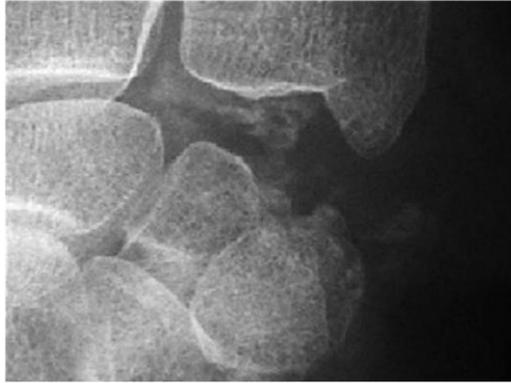
Dans la majorité des cas, aucune étiologie n'est associée ; il s'agit alors d'une arthrose STT dite « essentielle » ou « idiopathique ». Toutefois, la chondrocalcinose est une étiologie fréquemment retrouvée dans l'arthrose STT isolée. Certains auteurs ont également mis en évidence des prédispositions anatomiques reliées à un taux plus important d'arthrose STT.

##### **3.1.1. La chondrocalcinose**

La chondrocalcinose articulaire (CCA) est une arthropathie microcristalline correspondant à un dépôt de pyrophosphate de calcium déshydraté dans les articulations, et se retrouvant principalement au niveau du genou, de la symphyse pubienne et du poignet. Il faut savoir l'évoquer en cas de découverte d'arthrose STT isolée. Tout comme l'arthrose STT idiopathique, elle touche particulièrement les femmes de plus de 50 ans. Elle atteint à la fois les tissus mous et les os. Les cristaux passent successivement du liquide synovial à la membrane synoviale puis dans la capsule articulaire, les fibrocartilages, le cartilage et enfin dans l'os. Il existe également des formes familiales et des atteintes secondaires (hypomagnésémie, hyperparathyroïdie, hémochromatose...). Au poignet, une atteinte bilatérale est retrouvée dans 66% des cas (Saffar, 2004).

Elle est souvent asymptomatique, de découverte fortuite. Les signes cliniques habituels associent une douleur et un gonflement articulaire du poignet ou du pouce, une perte de force, une raideur et une synovite réactionnelle dorsale.

A la radiographie, nous retrouverons classiquement des calcifications des tissus mous du poignet et particulièrement du fibrocartilage triangulaire ou « TFCC » pour « Triangular Fibro-Cartilage Complex », et parfois du ligament luno-triquétral (Figures 8 et 9). Dans ce contexte, la présence d'une dégénérescence arthrosique de l'articulation STT isolée peut constituer un signe pathognomonique d'une chondrocalcinose avec une sensibilité de plus de 80% (Saffar, 2004).

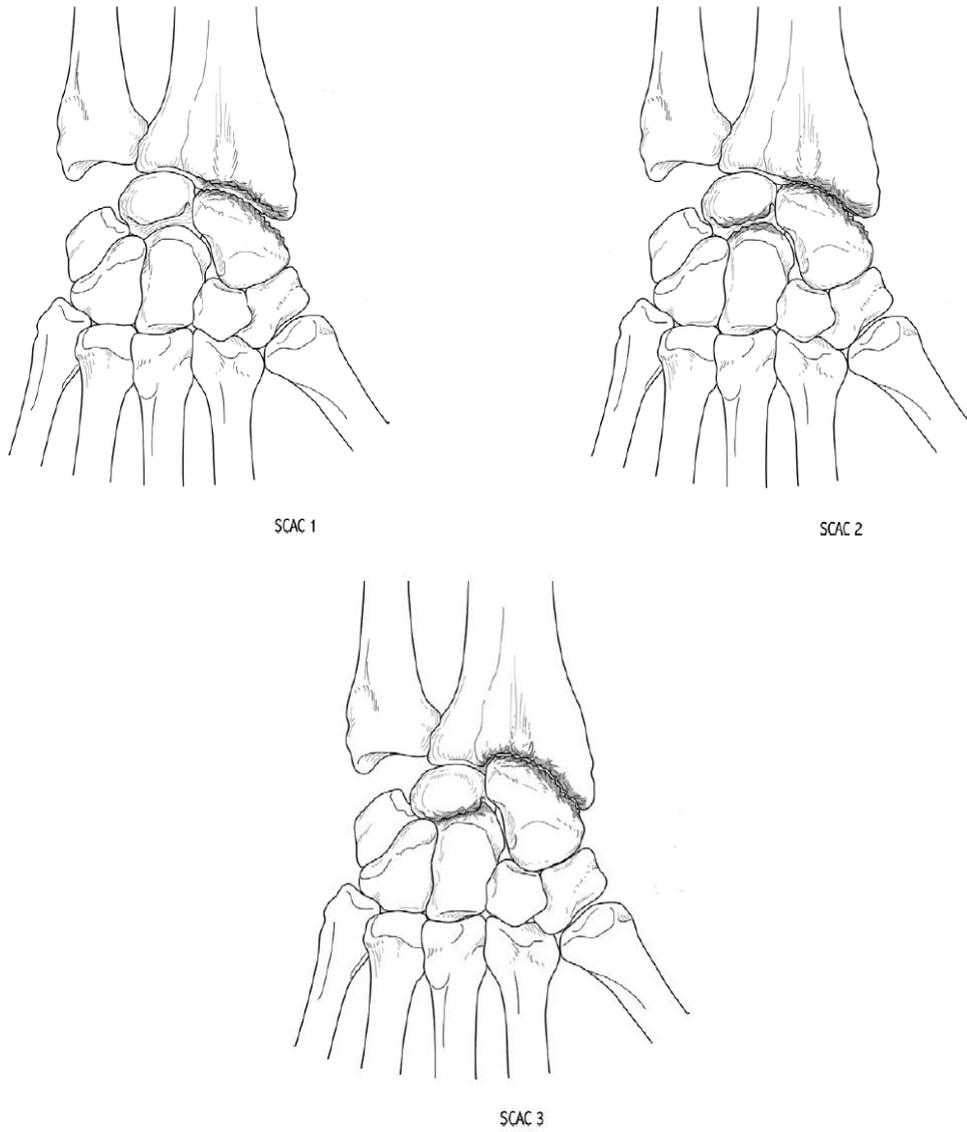


*Figure 8 - Dépôts calciques dans le complexe triangulaire (Romano, 2003).*



*Figure 9 - Atteinte scapho-trapézo-trapézoïdienne majeure, calcifications ligamentaires luno-triquétrales et du complexe triangulaire (Merle et Jager, 2017).*

En 2003, Romano introduit la notion de SCAC wrist ou « Scaphoid Chondrocalcinose Advanced Collapse ». Il décrit 4 stades en fonction de l'importance de la dégénérescence articulaire sur le versant radial du poignet (Figure 10). A partir du stade 3, le scaphoïde « s'incruste » dans le radius par érosion de la fossette scaphoïdienne (Figure 11). Le SCAC 4 correspond à une atteinte de l'ensemble des articulations du carpe et notamment de l'articulation radio-lunaire. L'atteinte est plus diffuse que dans les arthroses SLAC (Scapho-Lunate Advanced Collapse) et SNAC (Scaphoid-Nonunion Advanced Collapse), et l'évolution de l'instabilité est sensiblement différente.



*Figure 10 - Stades SCAC (Romano, 2003).*



*Figure 11 - Radiographie d'une SCAC 3, le pôle proximal du scaphoïde est « incrusté » dans la fossette scaphoïdienne (Romano, 2003).*

### 3.1.2. Prédipositions anatomiques

Certaines prédispositions anatomiques favoriseraient la survenue d'arthrose STT. Parmi elles, nous pouvons citer l'inclinaison des facettes articulaires du trapèze et du trapézoïde, qui correspond au degré de couverture du pôle distal du scaphoïde (Patterson et al, 2003). Une inclinaison du couple TT de plus de  $70^\circ$  serait significativement corrélée à la présence de changements dégénératifs de l'articulation STT (Moritomo et al., part 1, 2000), (Figure 12).

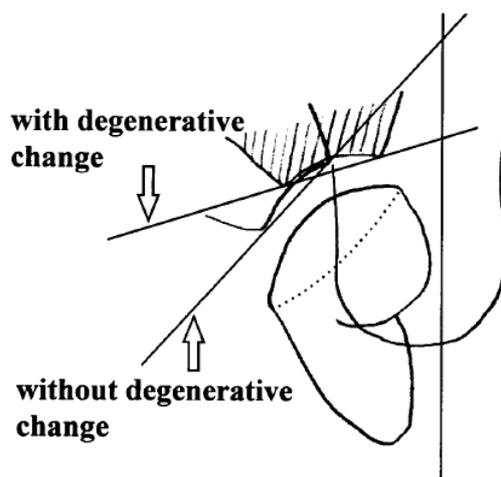


Figure 12 – Dessin schématisant une coupe passant par le grand axe du scaphoïde. Il représente la corrélation entre l'inclinaison du couple trapèze-trapézoïde et la présence de changements dégénératifs scapho-trapézo-trapézoïdiens.

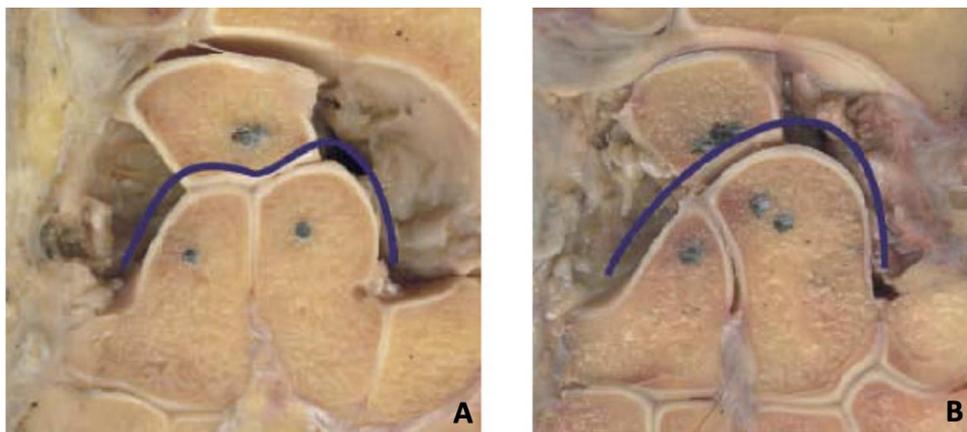
L'anatomie de la crête du pôle distal du scaphoïde est également un facteur prédisposant car elle contraint l'articulation STT. Moritomo et al. (Part 1, 2000) retrouvent un taux d'arthrose de 40%, 43% et 20% en fonction des types A, B ou C respectivement.

La laxité ligamentaire et l'absence de développement du ligament capito-trapézien sont associées à un taux d'arthrose STT plus important (Moritomo et al., part 1, 2000). La macro-mobilité induite par l'incompétence ligamentaire entraînerait une usure prématurée du cartilage articulaire. De plus, l'hyper-laxité ligamentaire peut être la cause d'une instabilité médio-carpienne.

Selon Viegas et al. (1993), il existerait une corrélation entre l'arthrose STT et l'instabilité scapho-lunaire. En effet, l'arthrose STT entraîne une usure du pôle distal du scaphoïde menant à sa verticalisation, puis progressivement, à une désaxation intra-carpienne avec une déformation en DISI pour « Dorsal Intercalated Segment Instability ». Les forces appliquées au couple scapho-lunaire augmentent et peuvent aboutir à des lésions du ligament inter-osseux scapho-lunaire (28). Inversement, l'instabilité scapho-lunaire, quelle que soit son

étiologie, entraîne une flexion du scaphoïde puisque le ligament scapho-lunaire n'est plus compétent. La conséquence est une hausse des pressions dans l'articulation STT usant progressivement les surfaces articulaires. Dans ce cas précis, l'arthrose STT n'est plus une arthrose STT isolée mais une arthrose STT secondaire. Viegas et al. (1993) ont également montré que 45% des patients présentant une lésion anatomique du ligament scapho-lunaire avaient également des signes d'arthrose STT, contre 14% seulement chez les patients sans lésion ligamentaire intrinsèque.

Enfin, la forme articulaire distale de type II du lunatum serait associée à un taux plus important d'arthroses STT isolées. La surface articulaire distale du lunatum est alors divisée en deux, une radiale pour le capitatum, et une ulnaire pour l'hamatum. Le type I, quant à lui, correspond à une articulation unique entre le lunatum et le capitatum (McLean et al., 2009 ; Viegas, 1990), (Figure 13).



*Figure 13 - Coupes anatomiques coronales passant par l'articulation médio-carpienne. Le scaphoïde a été excisé.*

*A) Type II ; B) Type I*

Cette corrélation pourrait s'expliquer par des modifications des mobilités du scaphoïde, secondaires au type morphologique du lunatum. Le type II présenterait un complexe ligamentaire plus rigide, contraignant d'avantage le scaphoïde dans ses mouvements de rotation et de translation, ce qui augmenterait le risque d'arthrose (Kapoutsis et al., 2011).

### 3.2. Physiopathologie et évolution de l'arthrose scapho-trapézo-trapézoïdienne vers la désaxation adaptative du carpe

D'après l'étude de Bathia et al. (1996) portant sur 73 spécimens anatomiques, l'arthrose STT se développerait de façon prépondérante sur le versant trapézoïdien de l'articulation (Figure 14).

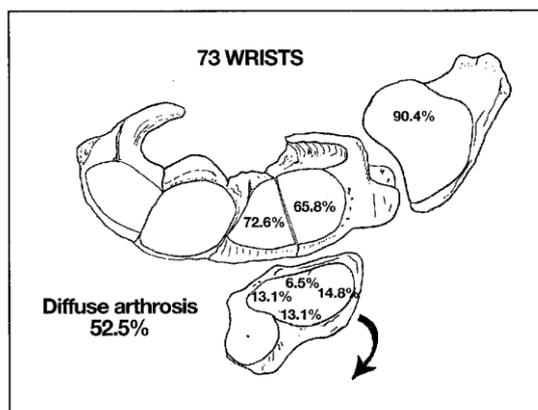


Figure 14 - Schéma montrant la surface articulaire distale scaphoïdienne (retournée), et la surface articulaire proximale du trapèze et du trapézoïde. Les nombres correspondent à l'incidence anatomique de l'arthrose sur chaque facette articulaire.

North et Eaton (1983) ont montré la présence d'une atteinte cartilagineuse trapézo-métacarpienne dans 60% des cas et une atteinte cartilagineuse scapho-trapézienne dans 34% des cas.

La destruction progressive de l'articulation STT entraîne un raccourcissement du scaphoïde qui tend à se verticaliser. Au stade précoce, le complexe ligamentaire STT s'oppose à cette extension. La persistance des forces de contraintes provoque progressivement une fragilisation mécanique de ce complexe ligamentaire STT. Le ligament scapho-lunaire étant intact, l'extension du scaphoïde entraîne une extension de l'ensemble de la première rangée des os du carpe (Lluch et al., 2013).

Le carpe adaptatif constitue le stade ultime de la maladie. Il s'agit d'une instabilité non dissociative caractérisée par la présence d'une déformation en DISI du lunatum.

Si la situation persiste, le tableau évoluera vers une arthrose médio-carpienne puis à terme, pan-carpienne.

La perte de mobilité du pôle distal du scaphoïde engendre une perte de mobilité médio-carpienne et donc une perte de mobilité globale du poignet principalement en extension et en inclinaison radiale (Kaufmann et al., 2005 ; Pequignot et al., 2005).

Une désaxation adaptative peut également apparaître après un traitement chirurgical et notamment après une résection trop importante du pôle distal du scaphoïde en emportant les ligaments stabilisateurs (Corbin et Warwick, 2009 ; Garcia-Elias et al., 1999 ; Tay et al., 2007). La suppression de la transmission des forces passant par l'articulation STT, supprime également le moment de flexion normal du scaphoïde lors de la compression axiale. Le lunatum, habituellement en équilibre entre le moment de flexion du scaphoïde, transmis par le ligament scapho-lunaire, et le moment d'extension du triquétrum, transmis par le ligament luno-triquétral, est ainsi déséquilibré en faveur du mouvement anormal d'extension. De plus, les forces passant par l'articulation STT ont tendance à se transférer vers l'articulation capito-scapho-lunaire, entraînant une subluxation dorsale adaptative de la tête du capitatum. Le lunatum adopte alors une attitude en DISI.

## **4. Diagnostic et pronostic de l'arthrose scapho-trapézo-trapézoïdienne isolée**

### **4.1. Examen clinique**

L'arthrose STT isolée peut être asymptomatique quel que soit l'aspect radiologique. Toutefois, sa principale manifestation clinique se caractérise par des douleurs d'horaire mécanique en regard de l'articulation STT, c'est-à-dire en regard du versant radial du poignet. Les symptômes peuvent apparaître au décours d'un simple traumatisme faisant décompenser cette arthrose. Classiquement les douleurs sont exacerbées par la palpation de l'interligne articulaire et lors des mouvements d'opposition du pouce et d'inclinaisons latérales du poignet. Ces douleurs sont difficiles à localiser avec précision car elles sont souvent confondues avec celles provenant de l'articulation trapézo-métacarpienne. Ces douleurs sont décrites comme étant plus proximales que dans la rhizarthrose (Figure 15).

Les conséquences fonctionnelles de cette arthrose sont une diminution progressive des mobilités globales du poignet ainsi qu'une perte de force de poigne et de la pince pollicidigitale. L'ensemble de ces symptômes aboutit à une perte de fonction et d'autonomie dans les actes de la vie quotidienne. A la différence de l'arthrose trapézo-métacarpienne, l'arthrose STT isolée n'évolue jamais vers la déformation de la colonne du pouce.

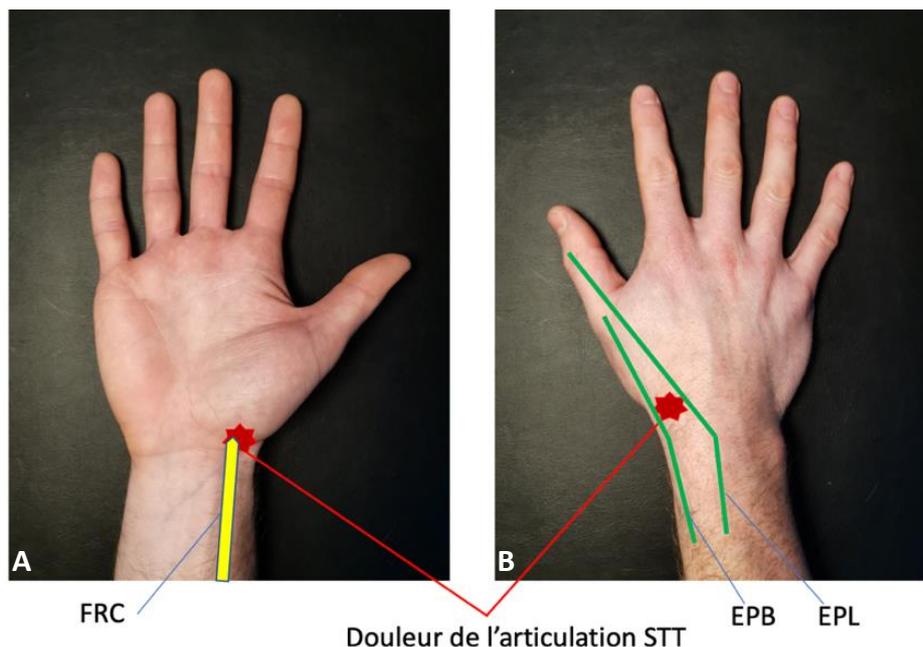


Figure 15 – A) Main droite face palmaire, B) Main droite face dorsale.

FRC : Flexor Carpi Radialis. EPB : Extensor Pollicis Brevis. EPL : Extensor Pollicis Longus.

On retrouve fréquemment des signes cliniques de tendinite du FCR, avec des douleurs en regard de l'insertion tendineuse distale, pouvant remonter le long de sa gaine jusqu'à l'avant-bras. Cette tendinite est secondaire au frottement de la gaine du tendon contre des ostéophytes antérieurs issus de l'articulation STT. Un kyste synovial peut également être retrouvé à la face antérieure du poignet ou encore un syndrome du canal carpien.

Il est important de rechercher des signes cliniques d'instabilité médio-carpienne. Elle se présente comme un ressaut lors des inclinaisons radio-ulnaires en pronation et lors des manœuvres de tiroir antéro-postérieures. Si elle est présente, elle constitue alors une contre-indication à la résection simple du pôle distal du scaphoïde (voir ci-après).

## 4.2. Bilan d'imagerie

Le bilan d'imagerie standard associe des radiographies standards et un scanner ou arthroscanner du poignet.

### 4.2.1. Radiographies standards

Les radiographies de face et de profil du poignet suffisent généralement à poser le diagnostic et à évaluer la présence ou non d'une désaxation intra-carpienne par la présence d'une déformation en DISI du lunatum. Des incidences radiographiques particulières ont été décrites par Bett puis modifiées par Taleisnik (Backhouse, 1986) mais elles restent peu utilisées en

pratique courante. Il est utile de réaliser des radiographies en inclinaisons latérales afin d'évaluer les mobilités du scaphoïde, notamment en préopératoire (Deans et al., 2017).

La découverte fortuite d'une arthrose STT lors d'un bilan radiographique de base pour un traumatisme récent du poignet, laisse à penser que l'arthrose STT peut rester longtemps asymptomatique. En effet, dans leur étude anatomique, Brown et al. (2003) soulignaient le manque de corrélation (39%) entre la radiographie et la présence réelle d'arthrose confirmée macroscopiquement. D'une manière générale, les radiographies sous-estimeraient le stade d'évolution de l'arthrose STT (Brown et al., 2003 ; Moritomo et al., part 1, 2000 ; North et Eaton, 1983).

Les signes radiologiques retrouvés sont ceux communs à toute arthrose, à savoir un pincement de l'interligne scapho-trapézo-trapézoïdien, une condensation sous chondrale, des ostéophytes latéraux et des géodes intra-osseuses. Pour affirmer le diagnostic d'arthrose STT isolée, l'interligne trapézo-métacarpien doit être indemne (Figure 16).



*Figure 16 - Radiographie d'une arthrose scapho-trapézo-trapézoïdienne isolée typique.*

Le test du tiroir ou « Drawer's test » se réalise sous fluoroscopie et permet de mettre en évidence une instabilité médio-carpienne (Figure 17). Ce test à son importance car il contre-indiquerait une chirurgie de résection du pôle distal du scaphoïde s'il était présent (voir ci-après). Il est positif si la tête du capitatum peut être placée sous ou au-delà de la corne postérieure du lunatum, par manœuvres externes. Toutefois, il est souvent présent chez les sujets hyper-laxes et lors de lésions capsulo-ligamentaires carpiennes dorsales (Johnson et Carrera, 1986 ; Park, 2002).

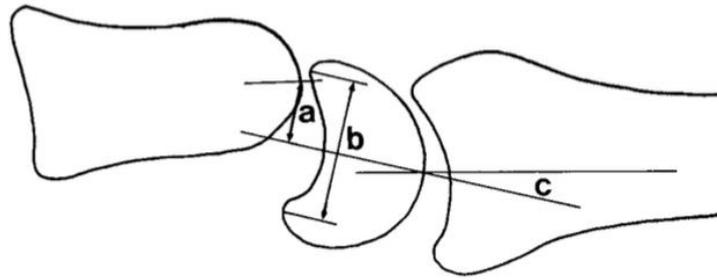


Figure 17- Schéma représentant le « Drawer test ».  $a/b \times 100\%$  correspond au degré de déplacement de l'articulation médio-carpienne. a) distance entre la portion proximale du capitatum et la ligne représentant l'axe médian du lunatum. b) distance entre les cornes antérieure et postérieure du lunatum. c) angle radio lunaire (Park, 2002).

#### 4.2.2. Les classifications radiologiques

La classification de Crosby et al. (1978) est la plus couramment utilisée (Tableau 1). Goubier et al. (2006) l'ont modifiée pour intégrer la notion de désaxation intra-carpienne (Tableau 2). D'autres classifications existent, telles que la classification d'Oberlin et al. (1990).

Tableau 1 - Classification de Crosby et al. (1978)

Stade 0	Interligne STT normale
Stade I	Pincement STT < 50%
Stade II	Pincement articulaire > 50% / Disparition de l'interligne STT
Stade III	Érosion, sclérose, irrégularité de l'interligne

Tableau 2- Classification radiologique modifiée de Crosby selon Goubier et al. (2006)

Stade 0	Interligne STT normale
Stade I	Pincement STT < 50%
Stade II	Pincement articulaire > 50% / Disparition de l'interligne STT
IIa	Sans désaxation du carpe
IIb	Avec désaxation du carpe
Stade III	Érosion, sclérose, irrégularité de l'interligne
IIIa	Sans désaxation du carpe
IIIb	Avec désaxation du carpe

#### 4.2.3. Le carpe adaptatif

Le carpe adaptatif se traduit sur les radiographies de profil par une augmentation des valeurs des angles radio-lunaire et luno-capital, alors que l'angle scapho-lunaire conserve une valeur normale. Des angles radio-lunaire et luno-capital supérieurs, respectivement à 15° et 15°, sont considérés comme pathologiques (Larsen et al., 1991 ; Lang et Schmitt, 2008 ; Miller et Thompson, 2014). Le lunatum se positionne en extension et le capitatum à tendance à se subluser en postérieur (Garcia-Elias, 2011 ; Lluch et al., 2013). Ainsi la hauteur du carpe diminue, formant un véritable collapsus intra-carpien (Figure 18).

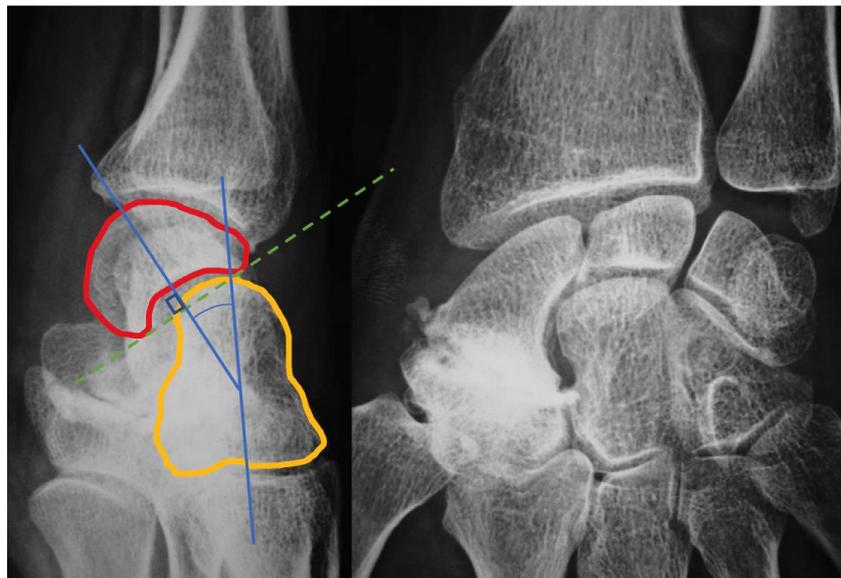


Figure 18 - Radiographies d'un poignet de face et de profil. Arthrose scapho-trapézo-trapézoïdienne isolée de stade avancé, avec sur le profil à gauche une attitude en « dorsal intercalated segment instability » du lunatum (angle luno-capital > 15°) et une sublaxation dorsale du capitatum (Lluch et al., 2013).

#### **4.2.4. Tomodensitométrie et arthrographie**

Le scanner ou l'arthroscanner est recommandé dans le bilan préopératoire d'une arthrose STT (Kalb et al., 2001). Il permet d'évaluer précisément l'état des surfaces cartilagineuses et d'apprécier au mieux le retentissement intra-carpien (Figures 19 et 20). Un bilan de l'ensemble des ligaments intrinsèques du carpe peut également être réalisé.

Plusieurs études de faisabilité ont montré que le scanner dynamique 4 dimensions (4DCT) lors des mouvements du poignet, est adapté à l'analyse du carpe sain et pathologique (De Roo et al., 2019 ; Garcia-Elias et al., 2014 ; Gondim Teixeira et al., 2016 ; Mat Jais et Tay, 2017). Sa haute résolution temporelle et spatiale en fait un outil performant et reproductible (Carr et al., 2019 ; Choi et al., 2013 ; Leng et al., 2011 ; Rauch et al., 2018). Rauch et al. (2018) et Abou Arab et al. (2018) ont été les premiers à utiliser le 4DCT pour analyser in vivo la cinématique carpienne lors des mouvements de déviation radio-ulnaire (DRU). Ce dernier permet une analyse fine, quantitative et dynamique des mouvements des os du carpe et particulièrement du scaphoïde. C'est ainsi que Rauch et al. (2018) ont montré une bonne spécificité dans la mesure de l'angle radio-scaphoïdien (87-100%) et une bonne sensibilité dans la mesure de l'angle radio-lunaire (71-86%). Ces séquences d'acquisition en mouvement pourraient être utilisées pour l'analyse du retentissement sur la cinématique du carpe après arthrodèse STT.



Figure 19 – Scanner en coupe coronale d'un poignet passant par l'articulation scapho-trapézo-trapézoïdienne.  
 Arthrose scapho-trapézo-trapézoïdienne isolée.

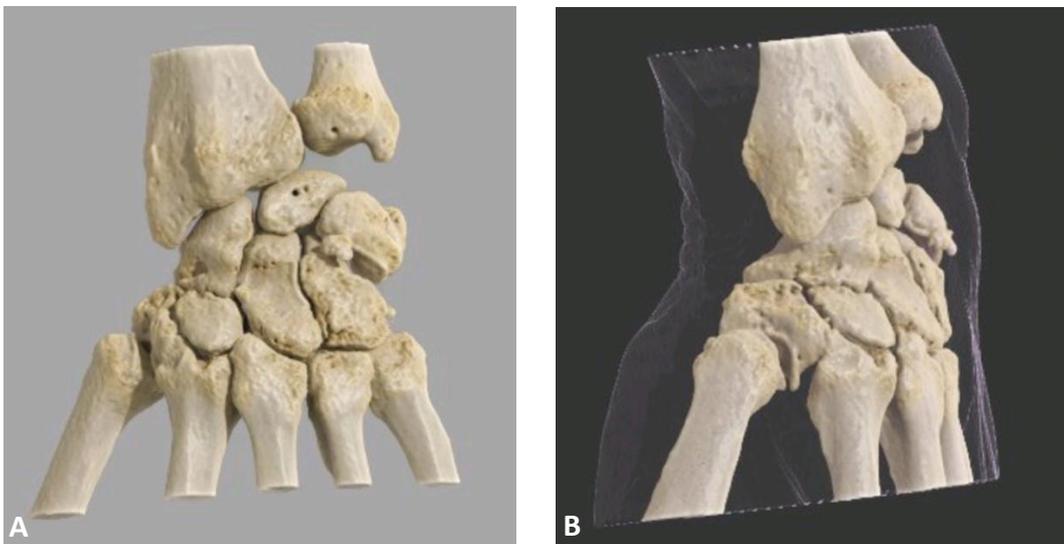


Figure 20 – A) Reconstruction 3D, vue dorsale, d'un scanner d'un poignet. Remaniements arthrosiques de l'articulation scapho-trapézo-trapézoïdienne. B) Reconstruction 3D de 3/4 d'un scanner du poignet. Remaniements arthrosiques de l'articulation scapho-trapézo-trapézoïdienne.

## **5. L'arthrodèse scapho-trapézo-trapézoïdienne et ses alternatives dans le traitement chirurgical de l'arthrose isolée.**

Les procédures chirurgicales disponibles sont l'arthrodèse STT, le débridement articulaire arthroscopique, la résection du pôle distal du scaphoïde avec ou sans interposition (implant silicone, interposition tendineuse, implant en pyrocarbon, implant de re-surfage), ou la trapézectomie +/- trapézoïdectomie partielle.

Elles ont toutes pour objectif la suppression de la douleur et la stabilisation du poignet tout en préservant un certain secteur de mobilité articulaire.

### **5.1. L'arthrodèse scapho-trapézo-trapézoïdienne**

L'arthrodèse STT correspond à une fusion des articulations scapho-trapézo-trapézoïdiennes. Historiquement, elle a été utilisée pour traiter les instabilités scapho-lunaires, l'ostéonécrose du lunatum (maladie de Kienböck) ou les pseudarthroses du scaphoïde. Elle a trouvé sa place dans l'arthrose STT isolée depuis les travaux de Watson et al. (1980, 1986).

Les résultats de l'arthrodèse STT sont controversés dans la littérature : plusieurs études montrent des taux de complications élevés et des taux de pseudarthroses très variables allant de 0% pour Minami et al. (2003) à 31% pour Goubier et al. (2006).

Cependant, les études évaluant cette technique dans l'arthrose isolée sont peu nombreuses, avec souvent des effectifs faibles et des reculs courts.

Sutro (1946) fut le premier à publier un cas d'arthrodèse STT pour le traitement d'une pseudarthrose du scaphoïde.

Peterson et Libscomp (1967) ont rapporté de bons résultats à long terme concernant leur série de patients opérés d'une arthrodèse STT dans le cadre de subluxations dorsales du scaphoïde.

Watson et Hempton ont ensuite contribué à la généralisation de cette technique à partir des années 1980 et à son utilisation pour le traitement spécifique de l'arthrose STT.

Cette technique reste néanmoins une chirurgie techniquement difficile, d'une part, par l'exposition de la totalité de l'articulation STT avec avivement complet des surfaces cartilagineuses, et d'autre part à cause du réglage précis de la position du scaphoïde. Le bon positionnement du scaphoïde entre 50 et 60° d'angle radio-scaphoïdien sur la radiographie de profil est l'une des clés de la réussite de l'arthrodèse selon Watson et Hempton (1980). Du fait des modifications inexorables de la biomécanique carpienne par l'arthrodèse, il est

nécessaire de positionner le scaphoïde en position partiellement fléchi afin de maintenir des mobilités articulaires du poignet (Watson et al., 2003) (Figure 21). En effet, l'erreur est de le placer en position trop verticale.

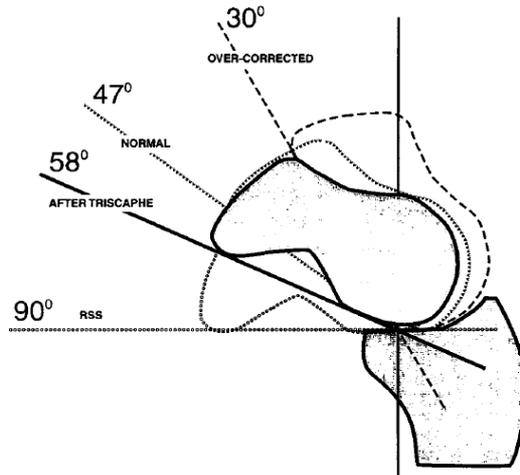


Figure 21 - Schéma représentant le bon positionnement du scaphoïde lors de l'arthrodèse scapho-trapézo-trapézoïdienne, avec un angle radio-scaphoïdien compris entre 55 et 60° (13).

Minamikawa et al. (1992) ont montré que positionner le scaphoïde entre 40 et 60° d'angle radio-scaphoïdien permettrait de maximiser les amplitudes radio-carpiennes, tout en diminuant les contraintes en surcharge du pôle proximal.

La présence d'une arthrose radio-styloïdienne avancée constitue une contre-indication à l'arthrodèse STT si elle n'est pas associée à un geste de styloïdectomie. En effet, l'arthrodèse STT entraîne un transfert de force sur le versant radial du poignet, responsable d'une augmentation des contraintes sur le cartilage, et donc d'un risque de décompensation arthrosique. Watson propose d'associer systématiquement une styloïdectomie du radius car le scaphoïde ne présentera plus les mobilités autorisant son effacement vis-à-vis de la styloïde (Rogers et Watson, 1989).

De même, il est recommandé de préférer cette technique en cas de désaxation intra-carpienne (Garcia-Elias, 2011). Dans cette situation il est alors essentiel de stabiliser le scaphoïde et donc la première rangée des os du carpe. Il est également important d'apporter un greffon osseux en quantité suffisante pour maintenir la hauteur du carpe (Kapoutsis et al., 2011).

En 2003, Watson et al. rapportaient les résultats de près de 800 arthrodèses STT d'étiologies diverses, dont 98 pour l'arthrose STT isolée. Une styloïdectomie était systématiquement réalisée et l'ostéosynthèse dépendait de 3 broches (Figure 22).

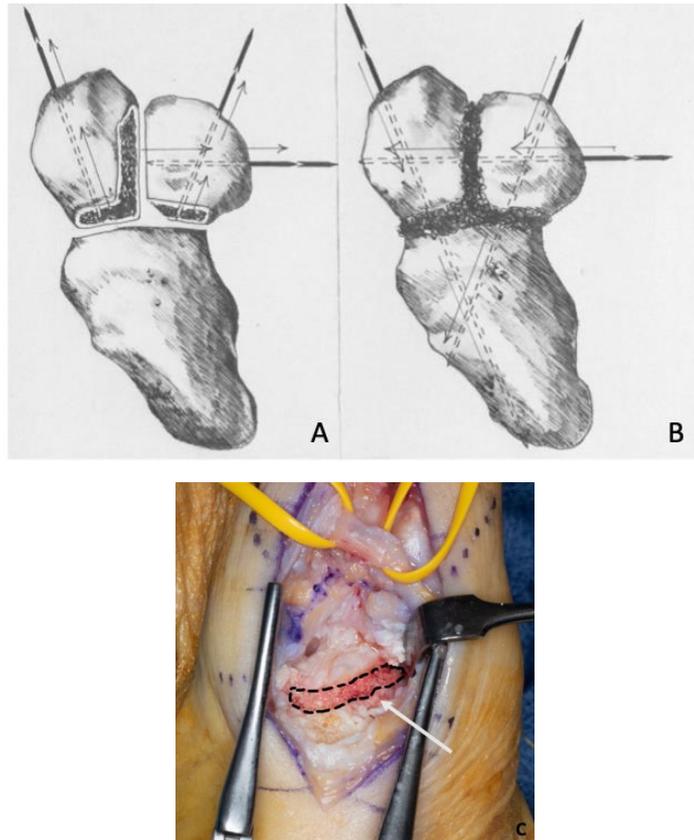


Figure 22 - Schéma de l'arthrodèse scapho-trapézo-trapézoïdienne selon Watson et al. (2003). A) les surfaces articulaires sont excisées et trois broches sont introduites de manière rétrograde. B) la greffe osseuse spongieuse vient combler l'espace réséqué, les trois os sont solidarisés. C) Photo peropératoire montrant la greffe spongieuse (pointillés noirs) impactée.

Les mobilités articulaires postopératoires étaient comprises entre 70 et 80% par rapport au côté controlatéral et la force entre 69 et 89%. Le taux global de complications était de 13,4% ; les principales étant la pseudarthrose (4%), l'algoneurodystrophie (3,6%) et les infections sur broche (0,9%). Concernant spécifiquement les arthroses STT isolées, les données cliniques sont résumées dans le Tableau 3.

Tableau 3 - Comparaison des résultats cliniques des arthrodèses scapho-trapézo-trapézoïdiennes en fonction des étiologies (% du coté controlatéral). Les résultats spécifiques des arthroses STT isolées sont encadrés en rouge (Watson et al., 2003).

Diagnosis	Range of Motion		Grip	Key Pinch	Tip Pinch
	E/F	R/U			
Dynamic RSS	76/83	65/76	77	91	65
Static RSS	81/83	66/77	78	93	69
Kienbock's	66/69	62/72	68	91	68
STT-DJD	80/85	81/82	77	95	67
Midcarpal instability	79/77	62/76	70	83	58
Nonunion of scaphoid	68/75	59/66	73	88	60
Early SLAC	70/82	60/83	79	90	72
Total	79/74	71/78	77	89	69

D'autres auteurs ont publié leurs séries d'arthrodèses STT toutes étiologies confondues. Seul un petit nombre d'entre eux se sont intéressés spécifiquement au cas des arthroses STT isolées (Goubier et al., 2006 ; Roger et Watson, 1990 ; Srinivasan et Matthews, 1996). Le Tableau 4 résume les résultats des principales séries de la littérature.

Tableau 4 – Revue de la littérature des arthrodèses scapho-trapézo-trapézoïdiennes, résultats sur la force et la mobilité toutes étiologies confondues.

Études	Arthrodèse STT (n)	Effectif STT isolée	Suivi moyen (mois)	Mobilités globales toutes étiologies confondues (% du coté controlatéral)	Force globale toutes étiologies confondues (% du coté controlatéral)
Rogers et al. (1990)	21	21	59	F-E : 76 R-U : 69	Grip : 77 Pinch : /
Ishida et al. (1993)	40	10	41	F-E : 68 U-R : 59	Grip : 70 Pinch : /
Srinivasan et al. (1996)	8	8	47	F-E : 93 U-R : 81	Grip : 80 Pinch : 70
Kaines et al. (1997)	28	7	65	F-E : 65 U-R : 59	Grip : 75 Pinch : 85
Kalb et al. (2001)	98	24	36	F-E et U : de 70 à 85 R : /	Grip : 91 Pinch : /
Minami et al. (2003)	30	6	84	F-E : 55 U-R : /	Grip : 76 Pinch : /
Meier et al. (2003)	111	11	48	F-E : 81 U-R : 68	Grip : 65 Pinch : /
Goubier et al. (2006)	13	13	61	F : 67° - E : 26° U : 24° - R : 8°	Grip : 94 Pinch : 72

F : flexion, E : extension, U : inclinaison ulnaire, R : Inclinaison radiale, Grip : force de poigne au dynamomètre, Pinch : force pouce-index au dynamomètre

D'autres systèmes d'ostéosynthèse sont également décrits tels que les agrafes à mémoire de forme, les vis de Herbert, ou plus récemment les plaques anatomiques verrouillées dédiées (Garcia Elias et al., 1989 ; Ishida et Tsai, 1993 ; McAuliffe et al., 1993 ; Voche et al., 1992 ; Watson et al., 1980) (Figures 23 et 24). Aucune étude n'a pour l'instant été menée afin de comparer les différents systèmes d'ostéosynthèse.

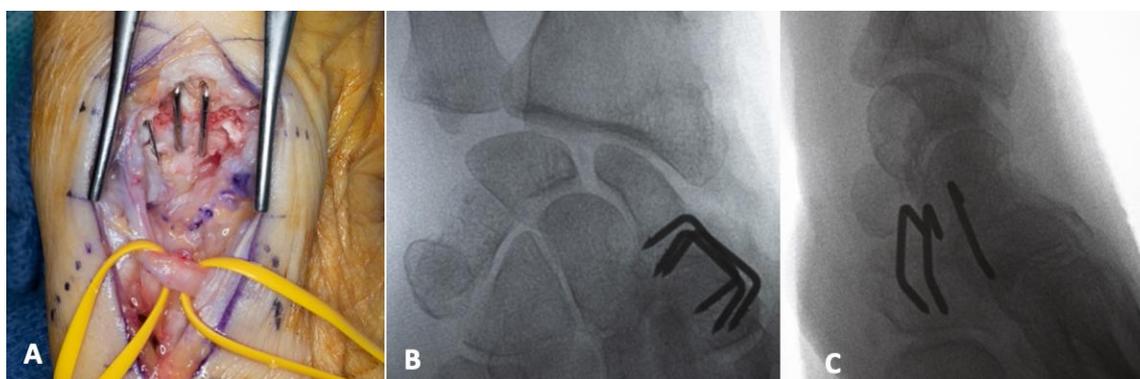


Figure 23 – A) Photographie peropératoire d'une arthrodèse STT par 3 agrafes. B) et C) Contrôle en fluoroscopique de face et de profil.

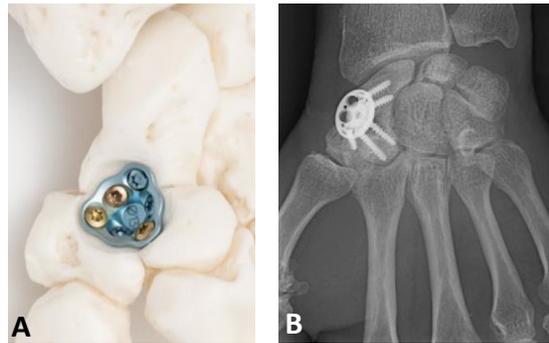


Figure 24 – A) Plaque d'arthrodèse STT fusion MEDARTIS®. B) Radiographie de poignet de face montrant une arthrodèse STT par plaque (Wolf, 2008).

Plus récemment, en 2011, Nemoto et Inagaki ont publié trois cas où l'arthrodèse STT était réalisée en utilisant un greffon vascularisé d'épiphyse radiale distale, selon la technique de Zaidenberg et al. (1991). L'objectif principal de cette technique était d'optimiser le taux de consolidation osseuse. Dans un retour d'expérience portant sur huit cas, Barbary (2015) notait une consolidation systématique après un délai de six et huit semaines (Figure 25). Aucune autre étude de plus grand effectif et avec un suivi suffisant n'a encore été réalisée, faisant de ce traitement chirurgical une option encore anecdotique.

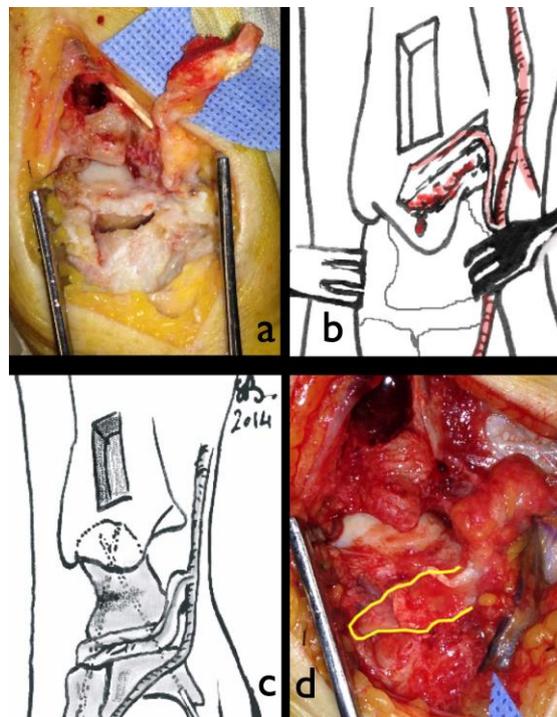


Figure 25 - a) Image peropératoire montrant le prélèvement du greffon vascularisé sur l'artère 1-2 supra-rétinaculaire. b) Schéma représentant l'image a. c) Schéma montrant le bon positionnement du greffon dans le foyer de résection STT, fixé par deux broches. d) Image peropératoire du greffon en place (surligné en jaune).

Avec l'accord du Dr Barbary.

## **5.2. Le débridement arthroscopique**

Ashwood et al. (2003) ont montré de bons résultats à court terme sur une cohorte de dix patients. Neuf ont obtenu un soulagement important des douleurs avec un suivi moyen de 36 mois. Le suivi était cependant court et l'effectif petit. De plus, l'évolution de la maladie ne semble pas stoppée par cette intervention.

## **5.3. Résection du pôle distal du scaphoïde avec ou sans interposition**

Le choix entre une résection simple du pôle distal du scaphoïde et une résection associée à une interposition (tendon, capsule, implant pyrocarbon, implant de re-surfage) reste débattu (Pegoli et al., 2016).

### **5.3.1. Résection simple du pôle distal du scaphoïde à ciel ouvert**

Malgré sa simplicité et sa rapidité, cette technique entraîne des retentissements sur la biomécanique du carpe. D'après leur expérience, Garcia-Elias et al. (1999) ne souhaitaient plus réaliser une résection minimale du pôle distal du scaphoïde car cette technique n'amenait pas toujours à l'indolence. Ils la modifièrent en supprimant au minimum  $\frac{1}{4}$  du pôle distal du scaphoïde afin d'éviter ainsi tout conflit douloureux. Ils rapportent leur série de 21 patients traités selon cette technique avec des résultats mitigés. Tous les patients ont eu une résection importante du pôle distal du scaphoïde et 12 ont eu, en plus, une interposition de capsule ou de tendon. Le taux de désaxation adaptative carpienne secondaire, avec 12 patients sur 21, était anormalement important. Corbin (2009) fait le même constat, rapportant une déformation en DISI du lunatum à neuf mois postopératoire d'une résection du pôle distal du scaphoïde.

La résection trop importante du pôle distal du scaphoïde supprime le complexe ligamentaire STT ainsi que la zone de contact entre la 1<sup>ère</sup> et la 2<sup>ème</sup> rangée des os du carpe sur le bord radial du poignet. Le transfert de force se fait alors vers l'articulation capito-scapho-lunaire conduisant à une subluxation dorsale anormale du capitatum et un DISI adaptatif du lunatum (Deans et al., 2017).

Ainsi, Garcia Elias et al. (1999, 2011) recommandent d'éviter cette procédure si l'angle radio-lunaire préopératoire est supérieur à 15°.

### **5.3.2. Résection du pôle distal du scaphoïde et interposition d'implant en silicone**

Kessler et al. (1976) et Eiken (1979) ont proposé l'utilisation d'implants en silicone et ont obtenu des résultats préliminaires prometteurs sur la douleur.

Cependant, cette technique a progressivement été abandonnée du fait d'une réaction inflammatoire locale appelée la « siliconite », source de destruction tissulaire et articulaire et donc de réapparition des douleurs (Kessler et al., 1976 ; Khoo, 1993 ; Low et Edmunds 2007), (Figure 26).



*Figure 26 - Siliconite 1 an après la pose d'un implant partiel scaphoïdien pour le traitement d'une pseudarthrose. Géode de l'extrémité inférieure du radius et déformation de l'implant (Moutet et al., 1988).*

### **5.3.3. La résection simple du pôle distal du scaphoïde sous arthroscopie**

Pour certains auteurs, elle est devenue une technique de référence (Da Rin et Mathoulin, 2006 ; Normand et al., 2012 ; Pegoli et al., 2016). Dans la même logique que précédemment, cette intervention est contre-indiquée en cas d'instabilité médio-carpienne préexistante (Garcia-Elias, 2011). Deux voies d'abord sont utilisées, la voie 3-4 et la voie STT ou médio-carpienne 1-2 (Figure 27).

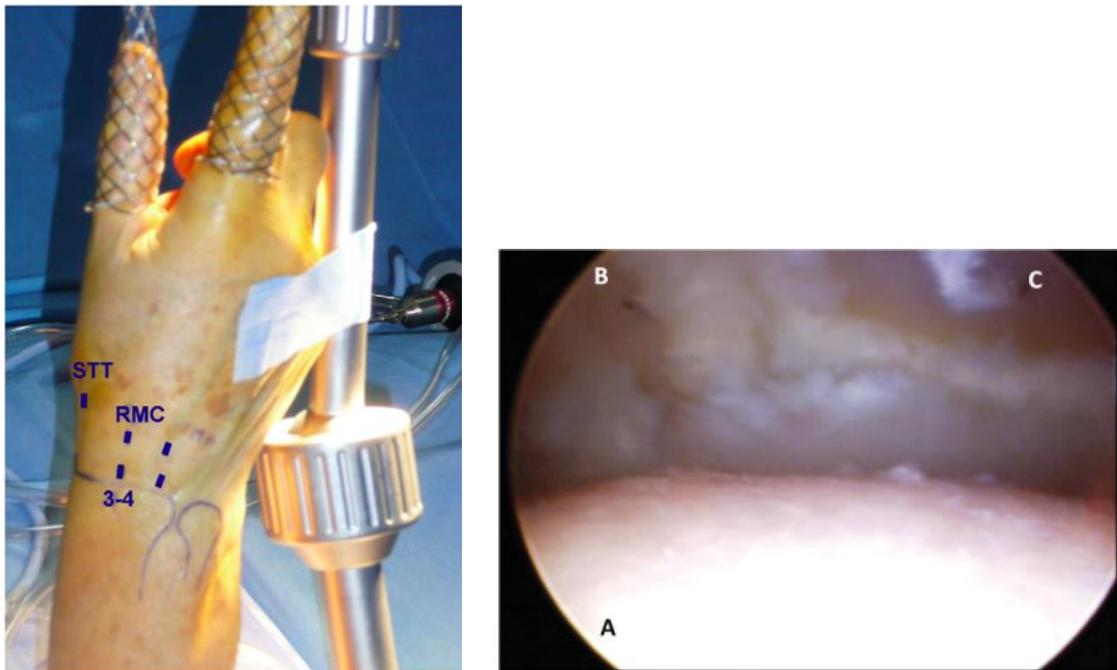


Figure 27 -A gauche : Vue peropératoire de l'installation d'un poignet droit sur une tour d'arthroscopie. Les voies d'abord sont repérées en bleu, STT : voie d'abord STT ou médio-carpienne 1-2, RMC : radial médio-carpienne ou 3-4 (Normand et al., 2012).

A droite : Vue arthroscopique de l'articulation STT. A) pôle distal du scaphoïde, B) trapèze, C) trapézoïde. On notera une érosion cartilagineuse importante de l'ensemble de l'articulation (Pegoli et al., 2016).

Une résection symétrique de 2 à 4 mm est réalisée à l'aide d'une fraise motorisée. Cette technique a l'avantage d'être peu invasive. Une immobilisation courte, d'une à trois semaines, est le plus souvent préconisée. Dans leur série de huit patients, Normand et al. (2012) retrouvaient de bons résultats cliniques mais une altération des angles radio-lunaires de 10° en moyenne. Il n'existait pas de corrélation entre les valeurs des angles et l'évaluation de la douleur.

Da Rin et Mathoulin (2006), dans leur série de 13 patientes au recul de 20 mois, constataient un recul progressif du couple TT, responsable d'un nouveau pincement articulaire. Cependant le retentissement clinique n'était pas systématique.

Le Tableau 5 résume les résultats cliniques des différentes techniques sous arthroscopie, retrouvées dans la littérature.

Tableau 5 - Résultats cliniques des techniques chirurgicales sous arthroscopie décrites dans la littérature pour le traitement de l'arthrose scapho-trapézo-trapézoïdienne.

Études	Intervention	Effectif (n)	Suivi moyen (mois)	Résultats cliniques (% du préopératoire)	Force (% ou perte du côté controlatéral ou préopératoire)	Complications
Ashwood et al. (2003)	Débridement	10	36	F-E : 123% U-R : 137%	Grip : 182% Pinch : 222%	/
Da Rin et Mathoulin (2006)	Résection simple	13	20	F-E : 110% U-R : 180%	Grip : 300% Pinch : /	Diminution progressive de l'espace STT
Da Rin et Mathoulin (2006)	Résection + STPI <sup>®</sup>	13	20	F-E : améliorée (pas de chiffre) U-R : améliorée (pas de chiffre)	Grip : améliorée sans chiffre Pinch : améliorée sans chiffre	2 luxations
Normand et al. (2012)	Résection simple	8	31	F-E : 101 % U-R : 115%	Grip : 79% du controlatéral Pinch : /	Aggravation de l'angle radio- lunaire d'environ 10%
Pegoli et al. (2016)	Résection simple	11	24	F-E : / U-R : /	Grip : 142% du préopératoire Pinch : 130% du préopératoire	/
Pegoli et al. (2016)	Résection + STPI <sup>®</sup>	13	24	F-E : / U-R : /	Grip : 135% du préopératoire Pinch : 170% du préopératoire	2 luxations

F : flexion, E : extension, U : inclinaison ulnaire, R : inclinaison radiale, Grip : force de poigne au dynamomètre, Pinch : force pouce-index au dynamomètre, STPI<sup>®</sup> : Scaphoid Trapezium Pyrocarbon Implant

### 5.3.4. Résection du pôle distal du scaphoïde et interposition tendineuse ou capsulaire

Certains auteurs (Crosby et al., 1978 ; Linscheid et al., 1990) ont proposé la résection a minima du pôle distal du scaphoïde associée à une interposition tendineuse. Au vu des résultats de sa première série, et notamment en termes de retentissement intra-carpien (déformation en DISI), Garcia-Elias (1999, 2011) a modifié sa technique, en proposant ainsi une résection minimale du pôle distal du scaphoïde visant à respecter au mieux les structures ligamentaires. Il y associe soit une interposition tendineuse d'un FCR, soit une interposition capsulaire, en terminant par une capsulodèse dorsale (Figure 28). Toutefois, l'auteur contre-indique cette procédure lorsqu'il existe une déformation en DISI préopératoire.

Dans une étude récente, Brouwers et al., (2020) n'ont toutefois pas retrouvé de corrélation significative à court terme, lors de la comparaison de l'ampleur de la DISI post résection du pôle distal du scaphoïde et interposition tendineuse, avec les scores fonctionnels.

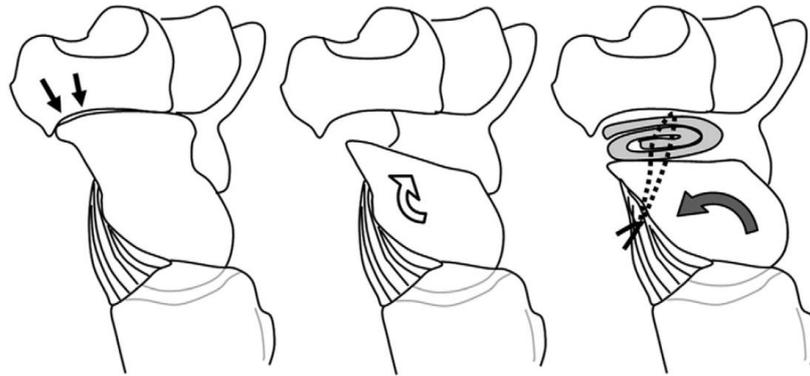


Figure 28 - Schéma représentant la résection du pôle distal du scaphoïde associée à une interposition tendineuse et une capsulodèse dorsale, selon Garcia Elias (2011).

### **5.3.5. Résection du pôle distal du scaphoïde ou des cornes distales du trapèze et du trapézoïde et interposition d'un implant en pyrocarbon**

Les études préliminaires de Pequignot et al. (2005) et Pegoli et al. (2006) ont permis d'introduire les implants d'interposition en pyrocarbon. Contrairement à l'acier chrome cobalt, les propriétés physiques du pyrocarbon sont proches de celle de l'os, ce qui permet une transmission quasiment physiologique des contraintes (Pequignot et al., 2005). Sa résistance à l'usure et à la rupture est importante. Il est par ailleurs très bien toléré dans le corps humain. Parmi ces implants, nous retrouvons l'implant « STPI<sup>®</sup> » (BIOProfile, Grenoble cedex 1, France) pour « Scaphoid Trapezium Pyrocarbon Implant » et l'implant « Pyrocardan<sup>®</sup> » (Wright Medical Tornier, Montbonnot Saint Martin, France). Dans tous les cas, ces implants sont libres, s'adaptant en permanence aux mouvements du poignet. Nous parlons d'auto-stabilité du fait des mouvements synchrones avec le scaphoïde.

L'implant STPI<sup>®</sup> (Pegoli et al., 2016 ; Pequignot et al., 2005) avait pour but de remplacer le pôle distal du scaphoïde, transmettant les forces de la première à la deuxième rangée des os du carpe. Cependant, cet implant était sujet aux luxations, en rapport avec sa forme convexe jugée mal adaptée à l'articulation STT. Da Rin et Mathoulin (2006) et Pegoli et al. (2006) ont chacun rapporté des épisodes de luxation de cet implant hors de la loge scapho-trapézienne (Figure 29). Selon les auteurs, ces luxations seraient secondaires à des erreurs techniques de hauteur de résection (résection trop importante ou trop minime).



Figure 29 - Radiographie de poignet de face montrant une luxation de l'implant STPI® (Pegoli et al., 2006).

L'implant Pyrocardan® est plus fin et présente une double concavité lui conférant théoriquement une meilleure stabilité primaire. Cet implant se positionne généralement par voie d'abord antérieure (Figure 30). Dans ce cas, il s'agit plutôt d'un re-surfage artriculaire et non d'une réelle résection du pôle distal du scaphoïde. L'implant permettrait ainsi d'éviter une désaxation secondaire à une résection trop généreuse (Allieu, 1984 ; Garcia-Elias, 2011).

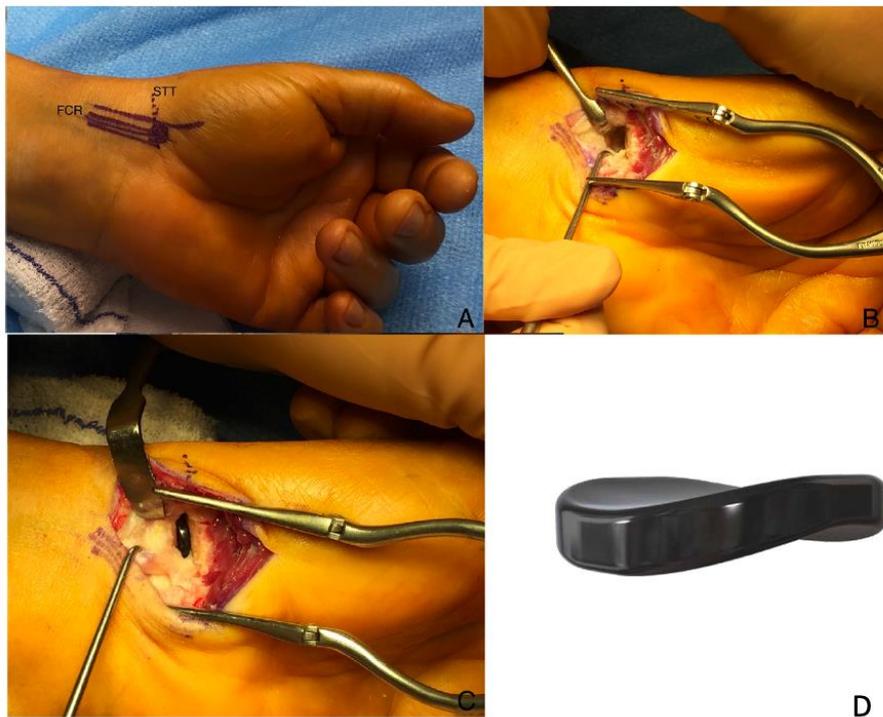


Figure 30 - Photographies peropératoires de la pose d'un implant Pyrocardan®. A) Tracé de la voie d'abord antérieure, FCR : Flexor Carpi Radialis, STT : scapho-trapézo-trapézoïdien. B) Résection minimale des cornes distales et du trapèze et trapézoïde. C) Implant Pyrocardan® en place. D) Image de l'implant Pyrocardan®.

La différence technique dans la pose de ces deux implants réside dans la localisation de la résection osseuse. Elle concernera le pôle distal du scaphoïde pour le STPI<sup>®</sup>, alors qu'elle concernera les surfaces articulaires concaves du trapèze et du trapézoïde pour le Pyrocardan<sup>®</sup> (Figure 31), laissant ainsi sain le pôle distal du scaphoïde et l'ensemble de ses structures ligamentaires.

Dans les deux cas, la stabilité de l'implant doit être évaluée en peropératoire. Il est fortement recommandé de ne pas surdimensionner la taille de l'implant afin d'éviter les contraintes excessives lors des mouvements du poignet, sources de douleurs et de risques de luxation. Une attention particulière doit être apportée à la suture de la capsule articulaire qui jouera un rôle dans la stabilité de l'implant lors des mouvements d'amplitudes extrêmes.

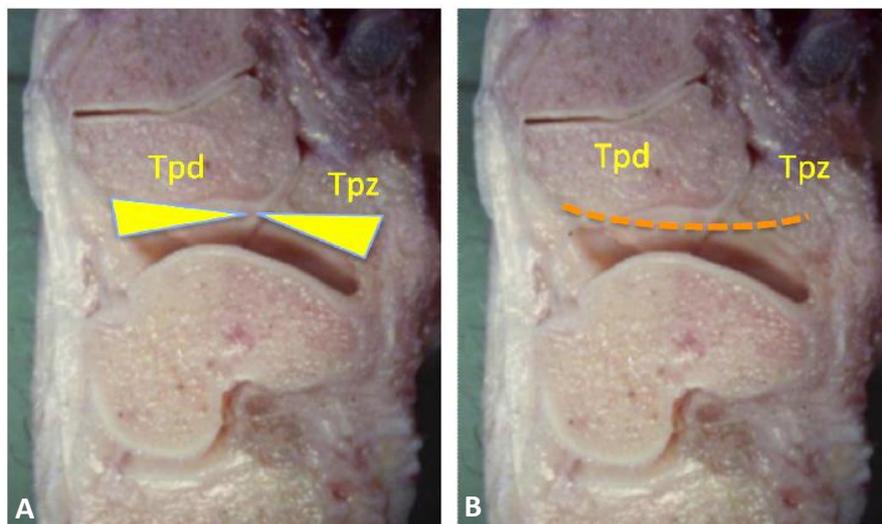


Figure 31 - Coupes anatomiques de l'articulation scapho-trapèze-trapézoïdienne de profil montrant le resurfaçage des cornes distales du trapèze et du trapézoïde (A) afin de donner une forme convexe à l'articulation trapèze-trapézoïdienne (B).

*Tpd: trapézoïde, Tpz : trapèze*

Les résultats préliminaires de Gauthier et al. (2017) portant sur le Pyrocardan<sup>®</sup> semblent être encourageants. Sur une série de 22 implants au recul de 2 ans, aucun n'a présenté de luxation (Figure 32). La douleur et les scores fonctionnels étaient significativement améliorés. De même pour les forces de poigne et de préhension avec une amélioration significative de 10% et 40%, respectivement.



Figure 32 - A) et B) Radiographies de face et de profil avant mise en place de l'implant Pyrocardan, C) et D) Radiographies de face et de profil à 5 ans de recul (Gauthier et al., 2017).

### 5.3.6. Résection du pôle distal du scaphoïde et interposition d'un implant de re-surfage

L'implant INCA<sup>®</sup> (Groupe Lépine, France) est un implant non mobile de re-surfage du pôle distal du scaphoïde (Figure 33). Il est composé de chrome-cobalt et de titane. Il possède une tige recouverte d'hydroxyapatite lui conférant une stabilité primaire et une ostéo-intégration secondaire. Il est posé par voie d'abord dorso-radiale après avoir réalisé une résection minimale du pôle distal respectant les structures ligamentaires STT. Trois tailles d'implant sont disponibles. Un fois encore, il est déconseillé de surdimensionner la taille de l'implant au risque de grever les résultats cliniques. Cet implant se différencie des implants libres en Pyrocarbon par sa nature contrainte, le rendant dépendant des mouvements du scaphoïde.

Humada Álvarez et al. (2017) a récemment publié une série de 10 cas d'arthroses STT isolées traités par cet implant. Au recul de 26 mois, les premiers résultats sont encourageants sur le plan clinique avec une bonne amélioration de la douleur. Par rapport au côté controlatéral, les forces de poigne et de pince pollici-digitale étaient évaluées à 95%, la mobilité en flexion-extension à 95% et en inclinaison radio-ulnaire à 90% en moyenne. Aucune déformation en DISI du lunatum n'était notée à la révision.

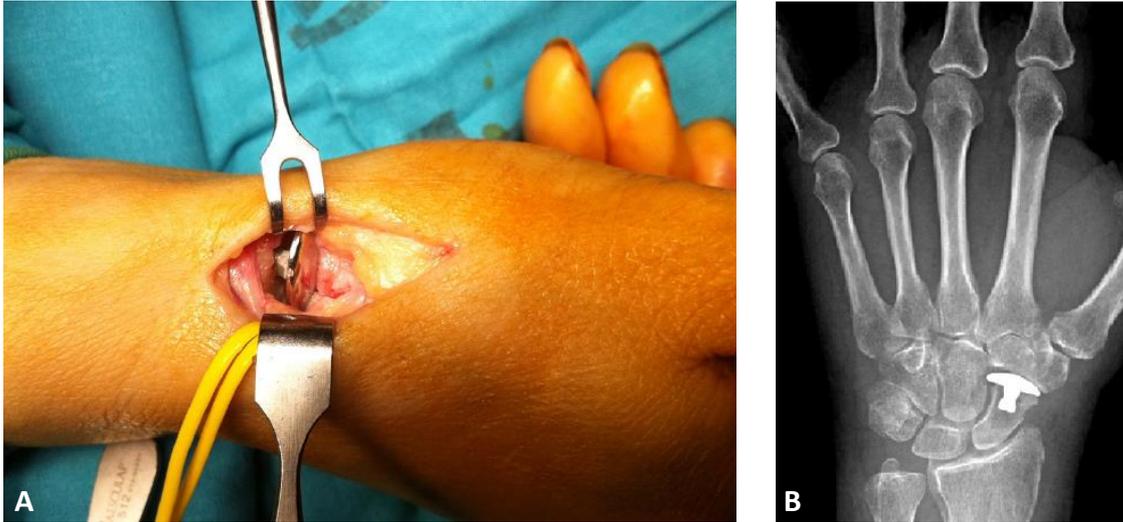


Figure 33 – A) Photo peropératoire d'un implant INCA<sup>®</sup>. B) Radiographie de poignet de face montrant l'implant INCA<sup>®</sup> en place (Humada Álvarez et al., 2017).

Le Tableau 6 résume les résultats cliniques des différentes techniques de résection-interposition retrouvées dans la littérature.

Tableau 6 - Résultats cliniques des résections du pôle distal du scaphoïde (ciel ouvert ou arthroscopie) + interpositions (implant, tendon ou capsule) publiées dans la littérature

Études	Intervention	Effectif (n)	Suivi moyen (mois)	Résultats cliniques (% du côté controlatéral ou degrés)	Force (% ou perte du côté controlatéral ou préopératoire)
<b>Garcia Elias et al. (1999)</b>	Résection + tendon ou capsule	12	29	F-E : 119° U-R : 48°	Grip : 126% Pinch : 140%
<b>Pequinot et al. (2005)</b>	Résection + STPI <sup>®</sup>	15	48	F-E : 110 ° U-R : perte de 8° en R	Grip : perte de 3kg Pinch : perte de 0,8 kg
<b>Pegoli et al. (2006)</b>	Résection + STPI <sup>®</sup>	10	19	F-E : / U-R : /	Grip : 133% Pinch : 140%
<b>Da Rin et Mathoulin (2006)</b>	Résection arthroscopique + STPI <sup>®</sup>	13	20	F-E : améliorée, sans chiffre U-E : améliorée, sans chiffre	Grip : améliorée, sans chiffre Pinch : améliorée, sans chiffre
<b>Low et al. (2007)</b>	Résection + STPI <sup>®</sup>	9	16	F-E : 91% U-R : 70%	Grip : 82% Pinch : 85%
<b>Lluch et al. (2013)</b>	Résection + STPI <sup>®</sup>	21	29	F-E : non significativement différent U-R : non significativement différent	Grip : 84% Pinch : 92%
<b>Pegoli et al. (2016)</b>	Résection arthroscopique + STPI <sup>®</sup>	13	24	F-E : / U-E : /	Grip : 135% préopératoire Pinch : 170% préopératoire
<b>Gauthier et al. (2017)</b>	Résection + Pyrocardan <sup>®</sup>	22	24	F-E : 89% U-R : 104%	Grip : 109% Pinch : 140%
<b>Humada Álvarez et al. (2017)</b>	Résection + INCA <sup>®</sup>	10	26	F-E : 95% R-U : 89%	Grip : 95% Pinch : 95%

F : flexion, E : extension, U : inclinaison ulnaire, R : inclinaison radiale, Grip : force de poigne au dynamomètre, Pinch : force pouce-index au dynamomètre, STPI<sup>®</sup> : Scaphoid Trapezium Pyrocarbon Implant, INCA<sup>®</sup> : nom de marque

## 5.4. Trapézectomie totale ou trapézectomie et trapézoïdectomie partielle

Beaucoup moins fréquente dans la littérature européenne que pour la rhizarthrose, la trapézectomie-interposition dans le traitement de l'arthrose STT isolée a montré des résultats satisfaisants. Sur une cohorte de 14 patients au recul de 54 mois, Langenhan et al. (2014) montraient de bons résultats cliniques sur la douleur et la force. Cependant, comme pour l'arthrose trapézo-métacarpienne, cette technique peut être pourvoyeuse de désaxation carpienne, du fait de l'atteinte du complexe ligamentaire STT. Yuan et al. (2009) rapportaient dans leur étude portant sur 33 patients au recul de 10 mois, la présence d'une désaxation en DISI du lunatum chez 50% des patients. De plus, la présence d'une arthrose trapézo-métacarpienne de stade IV préopératoire de la classification de Eaton, pourrait être corrélée à une augmentation d'incidence de désaxation carpienne après l'intervention.

Tomaino et al. (1999) réalisaient en plus une résection partielle du trapézoïde, avec l'objectif de supprimer tout contact osseux entre les surfaces articulaires arthrosiques de la STT. Dans leur étude portant sur 23 patients atteints d'arthrose pan-trapézienne, suivis en moyenne 15 mois, aucune morbidité supplémentaire n'a été retrouvée. Cette technique a également été utilisée par Andrachuck et Yang (2012) dans une étude spécifiquement consacrée à l'arthrose STT isolée (Figure 34).

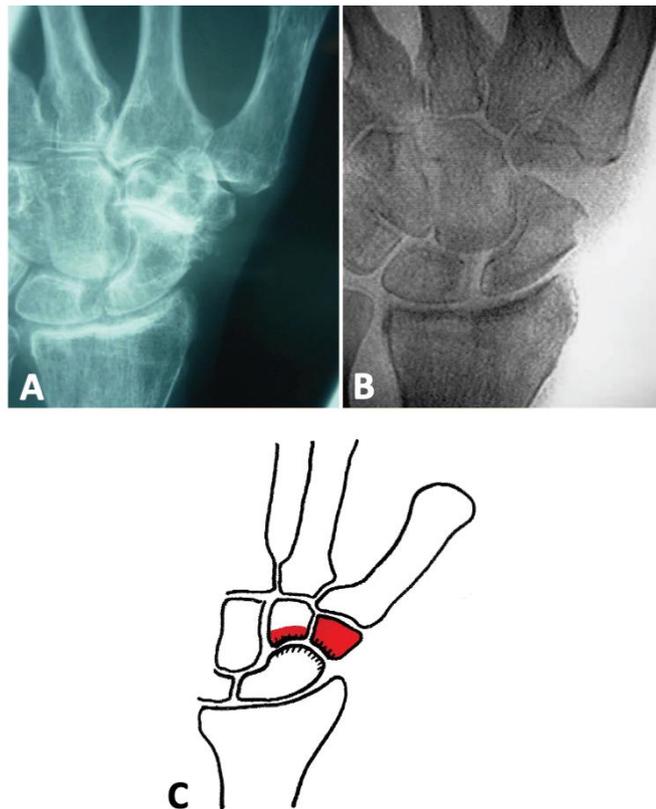


Figure 34 – A) Radiographie de poignet de face montrant une arthrose STT isolée avancée. B) Radiographie postopératoire après trapézectomie + trapézoïdectomie partielle et interposition tendineuse. C) Schéma montrant la résection du trapèze et de la partie proximale du trapézoïde en rouge supprimant ainsi tout conflit scapho-trapézo-trapézoïdien (Andrachuck et Yang, 2012).

Avec un suivi médian de 18 mois, les résultats fonctionnels étaient encourageants avec une amélioration significative des douleurs et des mobilités. Néanmoins, la force n'était pas significativement améliorée. Cette technique n'est, malgré tout, pas dépourvue de complications. En effet, Rectenwald et al. (2005) rapportaient 2 cas de collapsus carpien à type de désaxation intra-carpienne avec déformation en DISI, chez des patients opérés d'une trapézectomie et trapézoïdectomie partielle.

## **6. Conclusion**

De nombreuses techniques chirurgicales existent pour le traitement de l'arthrose STT isolée mais aucune d'elles n'a à ce jour montré sa supériorité à moyen ou à long terme. Pour chacune de ces techniques, de bons résultats cliniques ont été rapportés, mais aucune n'est dénuée de complications. L'arthrodèse STT est une intervention au moins aussi fiable et efficace que les autres procédures, à condition de respecter les indications et certaines étapes clés lors de sa réalisation. Elle paraît fortement conseillée lorsqu'il existe un stade avancé d'arthrose STT isolée avec une instabilité carpienne non dissociative du carpe, afin de stabiliser le scaphoïde et de redonner de la hauteur au carpe. Enfin, certaines questions restent en suspens concernant l'arthrodèse STT, notamment le taux de pseudarthrodèse, le retentissement sur la biomécanique intra-carpienne ou le risque de décompensation arthrosique stylo-scaphoïdienne et/ou médio-carpienne.

## 7. Références de la première partie

- Abou Arab W, Rauch A, Chawki MB et al. Scapholunate instability: improved detection with semi-automated kinematic CT analysis during stress maneuvers. *Eur Radiol.* 2018, 28: 4397-4406.
- Allieu Y. Instabilité du carpe - Instabilités ligamentaires et désaxations intracarpiennes - Démembrement du concept d'instabilité du carpe. *Ann de Chir Main.* 1984, 3: 317-21.
- Andrachuk J et Yang SS. Modified total trapezial and partial trapezoidal excision and ligament reconstruction tendon interposition reduces symptoms in isolated scaphotrapezial-trapezoid arthritis of the wrist. *J Hand Surg Eur Vol.* 2012, 37: 637-41.
- Armstrong A L, Hunter JB, Davis TR. The prevalence of degenerative arthritis of the base of the thumb in post-menopausal women. *J Hand Surg.* 1994, 19: 340-41.
- Ashwood N, Bain GI, Fogg Q. Results of arthroscopic debridement for isolated scaphotrapeziotrapezoid arthritis. *J Hand Surg Am.* 2003, 28: 729-32.
- Backhouse K. *The wrist by Julio Taleisnik.* Churchill Livingstone, New York, Edinburgh, London and Melbourne. 1986.
- Bhatia A, Pisoh T, Touam C, Oberlin C. Incidence and distribution of scaphotrapezotrapezoidal arthritis in 73 fresh cadaveric wrists. *Ann Chir Main Memb Super.* 1996, 15: 220-25.
- Brouwers D, Decramer A, Cornu P, Le Viet D. Does the DISI matter after distal scaphoidectomy with tendon interposition for STT osteoarthritis? *Hand Surg Rehabil.* 2020, 39: 284-290.
- Brown GD, Roh SM, Strauch RJ, Rosenwasser MP, Ateshian GA, Mow VC. Radiography and visual pathology of the osteoarthritic scaphotrapezio-trapezoidal joint, and its relationship to trapeziometacarpal osteoarthritis. *J Hand Surg Am.* 2003, 28: 739-43.
- Carr R, MacLean S, Slavotinek J, Bain GI. Four-dimensional computed tomography scanning for dynamic wrist disorders: prospective analysis and recommendations for clinical utility. *J Wrist Surg.* 2019, 8: 161-67.
- Carstam N, Eiken O et André L. Osteoarthritis of the trapezio-scaphoid joint. *Acta Orthop Scand.* 1968, 39: 354-8.

- Choi YS, Lee YH, Kim S, Cho HW, Song HT, Suh JS. Four-dimensional real-time cine images of wrist joint kinematics using dual source CT with minimal time increment scanning. *Yonsei Med J.* 2013, 54: 1026.
- Corbin C et Warwick D. Midcarpal instability after excision arthroplasty for scapho-trapezial-trapezoid (STT) arthritis. *J Hand Surg Eur Vol.* 2009, 34: 537-38.
- Crosby EB, Linscheid RL, Dobyns JH. Scaphotrapezial trapezoidal arthrosis. *J Hand Surg Am.* 1978, 3: 223-34.
- Deans VM, Naqui Z, T S W Muir L. Scaphotrapeziotrapezoidal joint osteoarthritis: A systematic review of surgical treatment. *J Hand Surg Asian Pac Vol.* 2017, 22: 1-9.
- Drewniany JJ, Palmer AK, Flatt AE. The scaphotrapezial ligament complex: an anatomic and biomechanical study. *J Hand Surg Am.* 1984, 10: 492-98.
- Eiken O. Implant arthroplasty of the scapho-trapezial joint. *Scand J Plast Reconstr Surg.* 1979, 13: 461-68.
- Garcia-Elias M, Serrallach XA, Serra JM. Dart-throwing motion in patients with scapholunate instability: a dynamic four-dimensional computed tomography study. *J Hand Surg Eur Vol.* 2014, 39: 346-52.
- Garcia-Elias M, Lluch AL, Saffar P. Resection of the distal scaphoid for scaphotrapeziotrapezoid osteoarthritis. *J Hand Surg Am.* 1999, 24: 448-52.
- Garcia-Elias M. Excisional arthroplasty for scaphotrapeziotrapezoidal osteoarthritis. *J Hand Surg Am.* 2011, 36: 516-20.
- Gauthier E, Truffandier MV, Gaisne E, Bellemère P. Treatment of scaphotrapeziotrapezoid osteoarthritis with the Pyrocardan<sup>®</sup> implant: Results with a minimum follow-up of 2 years. *Hand Surg Rehabil.* 2017, 36: 113-21.
- Gondim Teixeira PA, De Verbizier J, Aptel S et al. Posterior radioscapoid angle as a predictor of wrist degenerative joint disease in patients with scapholunate ligament tears. *AJR Am J Roentgenol.* 2016, 206: 144-50.
- Goubier JN, Bauer B, Alnot JY. Traitement de l'arthrose scaphotrapézotrapézoidienne isolée par arthrodèse scaphotrapézotrapézoidienne: une série de 13 cas. *Chir Main.* 2006, 25: 179-84.

- Drake RL, Vogl AW, Duparc J et al. *Gray's le manuel pour les étudiants*. 4th Ed, Elsevier Masson, 2020
- Humada Álvarez G, Simón Pérez C, Medrano BG et al. Isolated scaphotrapeziotrapezoid osteoarthritis treatment using resurfacing arthroplasty with scaphoid anchorage. *Rev Esp Cir Ortop Traumatol*. 2017, 61: 412-18.
- Ishida O et Tsai TM. Complications and results of scapho-trapezio-trapezoid arthrodesis. *Clin Orthop Relat Res*. 1993, 287: 125-30.
- Johnson RP et Carrera GF. Chronic capitulate instability. *J Bone Joint Surg Am*. 1986, 68: 1164-76.
- Kaeur JM. The mechanism of the carpal joint. *Clin Orthop Relat Res*. 1986, 202:16-26
- Kaines A, Chissell H, Alnot JY, Andrew S. Scapho-trapezio-trapezoid arthrodesis. *Hand Surg*. 1997, 02: 135-40.
- Kalb K, Fuchs V, Bartelmann U, Schmitt R, Landsleitner B. Erfahrungen mit der STT-arthrodese. Eine retrospektive auswertung. *Handchir Mikrochir Plast Chir*. 2001, 33: 181-88.
- Kapoutsis DV, Dardas A, Day CS. Carpometacarpal and scaphotrapeziotrapezoid arthritis: arthroscopy, arthroplasty, and arthrodesis. *J Hand Surg Am*. 2011, 36: 354-66.
- Kaufmann R, Pfaeffle J, Blankenhorn B, Stabile K, Robertson D, Goitz R. Kinematics of the midcarpal and radiocarpal joints in radioulnar deviation: an in vitro study. *J Hand Surg Am*. 2005, 30: 937-42.
- Kessler I, Baruch A, Hecht O, Amit S. Osteoarthritis at the base of the thumb the concept of monoarticular reconstruction. *Acta Orthop Scand*. 1976, 47: 361-69.
- Khan M, Waseem M, Raza A, Derham D. Quantitative assessment of improvement with single corticosteroid injection in thumb CMC joint osteoarthritis? *Open Orthop J*. 2009, 3: 48-51.
- Khoo CT. Silicone synovitis: the current role of silicone elastomer implants in joint reconstruction. *J Hand Surg Am*. 1993, 18: 679-86.

- Langenhan R, Hohendorff B, Probst A. Trapeziectomy and ligament reconstruction tendon interposition for isolated scaphotrapeziotrapezoid osteoarthritis of the wrist. *J Hand Surg Eur Vol.* 2013, 39: 833-37.
- Larsen CF, Mathiesen FK, Lindequist S. Measurement of carpal bone angles on lateral wrist radiographs. *J Hand Surg Am.* 1991, 16: 888-93.
- Leng S, Zhao K, Qu M, An KN, Berger R, McCollough CH. Dynamic CT technique for assessment of wrist joint instabilities: dynamic CT technique for wrist joint instabilities. *Med Phys.* 2011, 38: S50-56.
- Linscheid RL, Lirette R, Saffar P. L'arthrose dégénérative scapho-trapézienne. La rhizarthrose. 1990, 185–94.
- Linscheid RL, Dobyns JH, Beabout JW, Bryan RS. Traumatic instability of the wrist: diagnosis, classification, and pathomechanics. *J Bone Joint Surg Am.* 1972, 54:1612-32.
- Lluch AL, Garcia-Elias M, Lluch AB. Arthroplasty of the scaphoid-trapezium-trapezoid and carpometacarpal joints. *Hand Clin.* 2013, 29: 57-68.
- Low AK et Edmunds IA. Isolated scaphotrapeziotrapezoid osteoarthritis: preliminary results of treatment using a pyrocarbon implant. *Hand Surg.* 2007, 12: 73-77.
- Mat Jais IS et Tay SC. Kinematic analysis of the scaphoid using gated four-dimensional CT. *Clin Radiol.* 2017, 72: 794.e1-794.e9.
- Mathoulin C et Darin F. Arthroscopic treatment of scaphotrapeziotrapezoid osteoarthritis. *Hand Clin.* 2011, 27: 319-22.
- McAuliffe JA, Dell PC, Jaffe R. Complications of intercarpal arthrodesis. *J hand Surg Am.* 1993, 18: 1121-28.
- McLean JM, Turner PC, Bain GI, Rezaian, Fogg Q. An association between lunate morphology and scaphoid–trapezium–trapezoid arthritis. *J Hand Surg Eur Vol.* 2009, 34: 778-82.
- Meier R, Prommersberger JK, Krimmer H. Teil-arthrodesen von skaphoid, trapezium und trapezoideum (STT-fusion). *Handchir Mikrochir Plast Chir.* 2003, 35: 323-27.
- Merle M et Jager T. *Chirurgie de la main: Affections rhumatismales, dégénératives. Syndromes canalaires.* 2<sup>nd</sup> Edn. 2017, Partie 1. Elsevier Health Sciences.

- Miller MD, et Thompson SR. *DeLee & Drez's Orthopaedic Sports Medicine*. 2014, Elsevier Health Sciences.
- Minami A, Hiroyuki K, Norimasa I. Scaphotrapeziotrapezoid fusion: long-term follow-up study. *J Orthop Sci*. 2003, 8: 319-22.
- Minamikawa Y, Peimer CA, Yamaguchi T, Medige J, Sherwin FS. Ideal scaphoid angle for intercarpal arthrodesis. *J hand Surg Am*. 1992, 17: 370-75.
- Moritomo H, Viegas SF, Nakamura K, Dasilva MF, Patterson RM. The scaphotrapezio-trapezoidal joint. Part 1: an anatomic and radiographic study. *J hand Surg Am*. 2000, 25: 899-910.
- Moritomo H, Viegas SF, Elder K, Nakamura K, Dasilva MF, Patterson RM. The scaphotrapezio-trapezoidal joint. Part 2: A Kinematic study. *J Hand Surg Am*. 2000, 25: 911-20.
- Moutet F, Sartorius C, Lebrun C. A propos de deux cas de « siliconites précoces. *Ann Chir Main*. 1988, 7: 67-71.
- Nagao S, Patterson R, Buford WL, Anderson CR, Shah MA, Viegas SF. Three-dimensional description of ligamentous attachments around the lunate. *J Hand Surg Am*. 2005, 30: 685-92.
- Nemoto T et Inagaki K. Scaphotrapeziotrapezoid fusion for arthritis with vascularized bone grafting from the radius. *J Hand Surg Eur Vol*. 2011, 36: 820-21.
- Normand J, Desmoineaux P, Boisrenoult P, Beaufils P. Résection arthroscopique du pôle distal du scaphoïde dans l'arthrose scapho-trapézo-trapézoïdienne. *Chir Main*. 2012, 31: 13-17.
- North ER et Eaton RG. Degenerative joint disease of the trapezium: a comparative radiographic and anatomic study. *J Hand Surg Am*. 1983, 8: 160-67.
- Oberlin C, Daunois O, F Oberlin. L'arthrose scapho-trapézo-trapézoïdienne son retentissement sur le carpe. *Ann Chir*. 1990, 9: 163-167.
- Park MJ. Normal anteroposterior laxity of the radiocarpal and midcarpal joints. *J Bone Joint Surg Am*. 2002 84: 73-6.

- Patterson RM, Moritomo H, Yamaguchi S et al. Scaphoid anatomy and mechanics: Update and review. 2003, 13: 2-10
- Pegoli L, Pozzi A, Pivato G, Luchetti R. Arthroscopic resection of distal pole of the scaphoid for scaphotrapeziotrapezoid joint arthritis: comparison between simple resection and implant interposition. *J Wrist Surg.* 2016, 05: 227-32.
- Pegoli L, Zorli IP, Pivato G, Berto G, Pajardi G. Scaphotrapeziotrapezoid joint arthritis: a pilot study of treatment with the scaphoid trapezium pyrocarbon implant. *J Hand Surg Br.* 2006, 31: 569-73.
- Pequignot JP, D'asnières de Veigy L, Allieu Y. Traitement de l'arthrose S.T.T. par un implant en Pyrocarbone. Premiers résultats. *Chir Main.* 2005, 24: 148-52.
- Peterson HA et Lipscomb PR. Intercarpal arthrodesis. *Arch of Surg.* 1967, 95: 127-34.
- Rauch A, Abou Arab W, Dap, F, Dautel, G, Blum A, Gondim Teixeira PA. Four-dimensional CT analysis of wrist kinematics during radioulnar deviation. *Radiology.* 2018, 289: 750-58.
- Rectenwald JP, Green DP, Dobyns JH. Symptomatic carpal collapse after trapeziectomy and partial trapeziodesis: report of two cases. *J Hand Surg Am.* 2005, 30: 706-10.
- Rogers WD et Watson HK. Degenerative arthritis at the triscaphe joint. *J Hand Surg Am.* 1990, 15: 232-35.
- Rogers WD et Watson HK. Radial styloid impingement after triscaphe arthrodesis. *J Hand Surg Am.* 1989, 14: 297-301.
- Romano S. Non-traumatic osteoarthritis of the wrist: chondrocalcinosis]. *Chir Main.* 2003, 22: 285-92.
- Roo MG, Muurling M, Dobbe JG, Brinkhorst ME, Streekstra GJ, Strackee SD. A four-dimensional-CT study of in vivo scapholunate rotation axes: possible implications for scapholunate ligament reconstruction. *J Hand Surg Eur Vol.* 2019, 44: 479-87.
- Saffar, P. Chondrocalcinosis of the Wrist. *J Hand Surg Br.* 2004, 29: 486-93.
- Schmitt R et Lanz U. *Diagnostic Imaging of the Hand (Eds).* Georg Thieme Verlag, Stuttgart, New York, 2008.

- Srinivasan VB et Matthews JP. Results of scaphotrapeziotrapezoid fusion for isolated idiopathic arthritis. *J hand Surg Br.* 1996, 21: 378-80.
- Sutro CJ. Treatment of Nonunion of the Carpal Navicular Bone. *Surgery.* 1946, 20: 536-40.
- Swindells MG, Logan AJ, Armstrong DJ, Chan P, Burke FD, Lindau TR. The benefit of radiologically-guided steroid injections for trapeziometacarpal osteoarthritis. *Ann R Coll Surg Engl.* 2010, 92: 680-84.
- Tay SH, Moran SL, Shin AY, Linscheid RL. The clinical implications of scaphotrapezium-trapezoidal arthritis with associated carpal instability. *J Hand Surg Am.* 2007, 32: 47-54.
- Boabighi A, Kuhlmann JN, Kenesi C. The distal ligamentous complex of the scaphoid and the scapho-lunate ligament. An anatomic, histological and biomechanical study. 1993, 18: 65-9.
- Tomaino MM, Vogt M, Weiser R. Scaphotrapezoid arthritis: prevalence in thumbs undergoing trapezium excision arthroplasty and efficacy of proximal trapezoid excision. *J Hand Surg Am.* 1999, 24: 1220-24.
- Viegas SF. The lunatohamate articulation of the midcarpal joint. *Arthroscopy.* 1990, 6: 5-10.
- Viegas SF, Patterson RM, Hokanson, JA, Davis J. Wrist anatomy: incidence, distribution, and correlation of anatomic variations, tears, and arthrosis. *J Hand Surg Am.* 1993, 18: 463-75.
- Watson HK, Ryu J, Akelman E. Limited triscaphoid intercarpal arthrodesis for rotatory subluxation of the scaphoid. *J Bone Joint Surg Am.* 1986, 68 (3): 345-49.
- Watson HK, Weinzweig J, Guidera PM, Zeppieri J, Ashmead D. One thousand intercarpal arthrodeses. *J Hand Surg Br.* 1999, 24: 307-15.
- Watson HK et Ballet FL. The SLAC wrist: scapholunate advanced collapse pattern of degenerative arthritis. *J Hand Surg Am.* 1984, 9: 358-65.
- Watson HK et Hempton RF. Limited wrist arthrodeses. I. The triscaphoid joint. *J Hand Surg Am.* 1980, 5: 320-27.
- Watson HK, Ottoni L, Pitts EC, Handal AG. Rotary subluxation of the scaphoid: a spectrum of instability. *J Hand Surg Br,* 1993, 18: 62-64.

Watson HK, Wollstein R, Joseph E, Manzo R, Weinzweig J, Ashmead D. Scaphotrapeziotrapezoid arthrodesis: a follow-up study. *J Hand Surg Am.* 2003, 28: 397-404.

Wolf JM. Treatment of scaphotrapezio-trapezoid arthritis. *Hand Clin.* 2008, 24: 301-6.

Yuan BJ, Moran SL, Tay SC, Berger RA. Trapeziectomy and carpal collapse. *J Hand Surg Am.* 2009, 34 (2): 219-27.

Zaidenberg C, Siebert JW, Angrigiani C. A new vascularized bone graft for scaphoid nonunion. *J Hand Surg Am.* 1991, 16: 474-78.

## DEUXIÈME PARTIE : ARTICLE SCIENTIFIQUE

### Scapho-trapezio-trapezoid arthrodesis for isolated osteoarthritis: results after a mean follow-up of 8 years

Journal of Hand Surgery: European Volume

Scapho-trapezio-trapezoid arthrodesis for isolated osteoarthritis: results after a mean follow-up of 8 years

--Manuscript Draft--

Manuscript Number:	
Full Title:	Scapho-trapezio-trapezoid arthrodesis for isolated osteoarthritis: results after a mean follow-up of 8 years
Article Type:	Full Length Article
Keywords:	Arthrodesis; Osteoarthritis; Scapho-trapezio-trapezoid; Wrist
Corresponding Author:	Martin Cholley-Roulleau Centre Chirurgical Emile Galle NANCY, FRANCE
Corresponding Author Secondary Information:	
Corresponding Author's Institution:	Centre Chirurgical Emile Galle
Corresponding Author's Secondary Institution:	
First Author:	Martin Cholley-Roulleau
First Author Secondary Information:	
Order of Authors:	Martin Cholley-Roulleau François Dap Gilles Dautel Lionel Athlani
Order of Authors Secondary Information:	
Abstract:	<p>The aim of this retrospective study was to report the outcomes of scapho-trapezio-trapezoid arthrodesis with staple fixation to treat painful isolated osteoarthritis in 21 patients (22 wrists). At a mean follow-up of 8 years (range 2-20), pains levels were significantly decreased, and functional scores were significantly improved. Grip and pinch strength were 86% and 82% of contralateral. Wrist range of motion in flexion-extension and radio-ulnar deviation was significantly less than contralateral (104° versus 131° and 38° versus 55°, respectively). There were four cases of nonunions (18%), including two symptomatic ones requiring surgical revision. Another patient was re-operated for symptomatic external staple displacement without nonunion. There were eight cases (36%) of radiographic narrowing of the stylo-scaphoid joint space; contact between the staple and styloid was found in all eight wrists. Four patients (18%) had narrowing of the scapho-capital joint space; we noted protrusion of the proximal part of the staple into the joint space in all four wrists. No identifiable differences were found for the radioscapoid, capitulunate and scapholunate angles before and after surgery. Our results are similar to those reported in previously published studies of scapho-trapezio-trapezoid arthrodesis.</p>

## **1. Abstract**

The aim of this retrospective study was to report the outcomes of scapho-trapezio-trapezoid arthrodesis with staple fixation to treat painful isolated osteoarthritis in 21 patients (22 wrists). At a mean follow-up of 8 years (range 2-20), pain levels were significantly decreased, and functional scores were significantly improved. Grip and pinch strength were 86% and 82% of contralateral. Wrist range of motion in flexion-extension and radio-ulnar deviation was significantly less than contralateral (104° versus 131° and 38° versus 55°, respectively). There were four cases of nonunions (18%), including two symptomatic ones requiring surgical revision. Another patient was re-operated for symptomatic external staple displacement without nonunion. There were eight cases (36%) of radiographic narrowing of the stylo-scaphoid joint space; contact between the staple and styloid was found in all eight wrists. Four patients (18%) had narrowing of the scapho-capital joint space; we noted protrusion of the proximal part of the staple into the joint space in all four wrists. No identifiable differences were found for the radioscapoid, capitolunate and scapholunate angles before and after surgery. Our results are similar to those reported in previously published studies of scapho-trapezio-trapezoid arthrodesis.

**Key words:** Arthrodesis, Osteoarthritis, Scapho-trapezio-trapezoid, Wrist

**Level of evidence:** IV

## **2. Introduction**

Isolated scapho-trapezio-trapezoid (STT) osteoarthritis (OA) is a rare condition (Carstam et al., 1968). It mainly develops in women over the age of 50 in a bilateral manner (Crosby et al., 1978). According to various anatomical studies (Brown et al., 2003; Moritomo et al., 2000), isolated STT OA has a prevalence of 2% to 16%. When medical treatment options have been exhausted, surgery can be considered. Many surgical procedures have been developed, including distal scaphoid resection with or without interposition, trapeziectomy and STT arthrodesis (Da Rin and Mathoulin, 2006; Garcia Elias et al., 1999; Gauthier et al., 2017; Langenhan et al., 2014; Watson et al., 2003). Their common objective is to relieve pain and preserve strength and function. However, there is a controversy about which procedure is the most effective. STT arthrodesis is a well-established surgical option to treat STT OA. Watson et al. (2003) reported satisfactory clinical results after using this procedure in 800 patients. Nevertheless, the authors highlighted the presence of complications such as nonunion and stylo-scaphoid impingement. In the literature, rates ranged from 0% to 31% for the first complication (Frykman et al., 1988; Goubier et al., 2006; Ishida et al., 1993; Minami et al., 2003; Watson et al., 2003) and ranged from 4% to 33% for the second (Ishida et al., 1993; Kleinman et al., 1990; Roger et al., 1989). Stable bone fixation with miniaturized devices seems to be essential. This can be achieved with K-wires, staples, plates or screws, although there is no consensus about the optimal method (Ishida et al., 1993; McAuliffe et al., 1993; Voche et al., 1992). Most of those studies rarely include only isolated STT OA cases. The purpose of this retrospective study was to report the outcomes of STT arthrodesis with staple fixation at a mean follow-up of 8 years.

## **3. Methods**

### **3.1. Patients**

In a retrospective study, we reviewed 21 patients (17 women, 4 men) with a mean age of 61 years (range, 41-80 years) who underwent STT arthrodesis with staple fixation between 2000 and 2018. They had painful advanced isolated STT joint osteoarthritis that did not respond to conservative treatment. All patients were treated in the same healthcare facility by the same surgical team. One patient was operated on both sides (22 wrists evaluated). The dominant side was involved in 15 cases. None had undergone previous wrist surgery. After obtaining their consent, patients were reviewed retrospectively by an independent examiner (specialist surgeon with 5 years' clinical experience) who performed a clinical and radiographic evaluation.

### **3.2. Surgical procedure and postoperative protocol**

The same surgeon (experience level IV according to Tang and Giddins (2016)) performed all the surgeries, under regional anaesthesia with a tourniquet applied on the patients' upper arm. A dorsolateral incision was made along the axis of the first extensor compartment, distal to the radial styloid. Sensory branches of the radial nerve and the radial artery were protected. The extensor retinaculum was opened at the level of the first compartment; a "T" shape capsulotomy was carried out with its long axis along the axis of the scaphoid. Styloidectomy was performed in 3 patients (14%). Next, the articular surfaces between the different joint spaces were decorticated and grafted with autologous cancellous bone from the distal radius (Lister's tubercle). The scaphoid's position was stabilized temporarily with K-wires. The aim was to obtain a radioscapoid angle (RSA) between 40° and 60°, as described by Minamikawa et al. (1990). Fixation was achieved with four Richard staples (Smith & Nephew, Neuilly-sur-Seine, France): two between the scaphoid and trapezium bones and two between the scaphoid and trapezoid bones. Fluoroscopy checks were performed regularly during the surgery. The capsule and retinaculum were sutured with absorbable PDS™ sutures (Ethicon®, One Johnson & Johnson Plaza, New Brunswick, NJ) and the skin with non-absorbable sutures. The wrist and thumb column were immobilized in a palmar cast for 48 hours and thereafter with a rigid splint. Radiographs were obtained between 4 and 6 weeks postoperatively and rehabilitation with physiotherapy was initiated.

### **3.3. Clinical and functional evaluation**

Pain was evaluated with a visual analogue scale (VAS) (out of 10) at rest and during activity. Grip and pinch strength were evaluated on the operated and contralateral side using a Jamar™ hydraulic hand dynamometer and Jamar™ hydraulic hand gauge, respectively (Performance Health R, Charleville Mézière, France). Active range of motion (ROM) of the wrist in flexion, extension, ulnar and radial deviation was measured in degrees (accuracy 2°) with a goniometer (Prestige R Medical, Northridge USA). Kapandji thumb opposition (score out of 10) was also measured. We looked for signs of flexor carpi radialis (FCR) tendinitis (tenderness on the distal FCR tendon on palpation). Functional outcomes were evaluated using the short version of the Disabilities of the Arm, Shoulder, and Hand questionnaire (QuickDASH) (/100) and the Patient-Rated Wrist Evaluation questionnaire (PRWE) (/100). The time away from work was also recorded. Lastly, patients were asked to rank their overall satisfaction as "poor", "average", "good", or "excellent".

### 3.4. Radiological evaluation

A/P and lateral view radiographs were made before surgery and at the last follow-up, on the operated and contralateral side (Figure 1). The stage of STT OA was determined using the Crosby classification (Crosby et al., 1978). At the last follow-up visit, we analysed bone fusion, narrowing of the radiocarpal, mid-carpal and trapeziometacarpal (TM) joint spaces and whether fixation failure occurred. OA was determined by joint space narrowing and subchondral sclerosis. We calculated the RSA, the capitulate angle (CLA) and the scapholunate angle (SLA) in degrees (accuracy 1°). RSAs greater than 60° mm, CLAs greater than 15° and SLAs greater than 70° were considered pathological (Larsen et al. 1991). A dorsal intercalated scapholunate instability (DISI) deformity was defined as a CLA more than 15° (Schmitt et al., 2008) The Youm index was also calculated by dividing the carpal height in millimetres by the length of the third metacarpal in millimetres; normal values ranged from 0.51 to 0.57. A CT scan was performed on patients in whom bone fusion and the presence of degenerative joint spaces were in doubt.



Figure 1. A. Radiograph of a right wrist with a stage 3 isolated STT OA (arrow). B. Radiograph at 17 years' follow-up showing bone fusion.

### 3.5. Statistical analysis

Quantitative variables were described by their mean, range, or standard deviation (SD). Qualitative variables were described by their counts and percentages. Student's *t* test was applied for comparisons of continuous data. The significance level was set at  $p < 0.05$ .

## 4. Results

All patients were reviewed for the follow-up examination. The mean follow-up time after surgery was 8 years (range, 2-20 years). Nine patients (43%) actively worked at the time of the surgery, with eight performing heavy manual labour. All patients received rehabilitation.

### 4.1. Clinical and functional outcomes

The clinical results are summarized in Table 1. Preoperatively, seven patients had signs of FCR tendinitis which resolved after surgery. Between the preoperative assessment and the last follow-up, pain levels significantly decreased at rest and during activity ( $p < 0.01$ ). There was no significant difference in the mean Kapandji opposition score (9.7 versus 9.5,  $p = 0.3$ ). At the final review, grip and pinch strength were 86% and 82% relative to the contralateral side. The active ROM in flexion-extension and radio-ulnar deviation was significantly less than the contralateral side ( $104^\circ$  versus  $131^\circ$  and  $38^\circ$  versus  $55^\circ$ ,  $p < 0.01$ ). The QuickDASH and PRWE functional scores were significantly improved with a mean of 29 and 39 points, respectively ( $p < 0.01$ ). Active patients were able to return to work after an average of 15 weeks (range, 5-16 weeks). Ninety-one percent of patients judged their outcome as “very good” or “good”.

### 4.2. Radiological outcomes

STT OA was stage 2 in 11 cases and stage 3 in 11 cases before the arthrodesis procedure. No patient had TM OA preoperatively. At the final review, nonunion was found in 4 wrists (18%) (Figure 2). For the other patients, the mean time to achieve bone union was 9 weeks (range, 6-16). Eight patients (36%) had narrowing of the stylo-scaphoid joint space, including three symptomatic cases. In each of them, we found contact between one staple and the radial styloid (Figure 3). Four wrists (18%) had narrowing of the scaphocapital joint space. In each of them, we found protrusion of the proximal part of the staple into the joint space. Three wrists (14%) had narrowing of both joint spaces. Hardware-related complications occurred in 4 wrists (18%): one broken staple and three instances of external staple displacement. A CT scan was required in eight wrists to confirm the radiological findings in those cases. At the review, 5 (23%) patients had asymptomatic TM OA.

Between the pre- and postoperative period, there were no significant changes in the RSA ( $p = 0.23$ ), CLA ( $p = 0.38$ ) and SLA ( $p = 0.08$ ). All patients had normal angle values except one who had a CLA of  $18^\circ$ . Also, there was no significant difference ( $p = 0.54$ ) in the Youm index (Table 1).

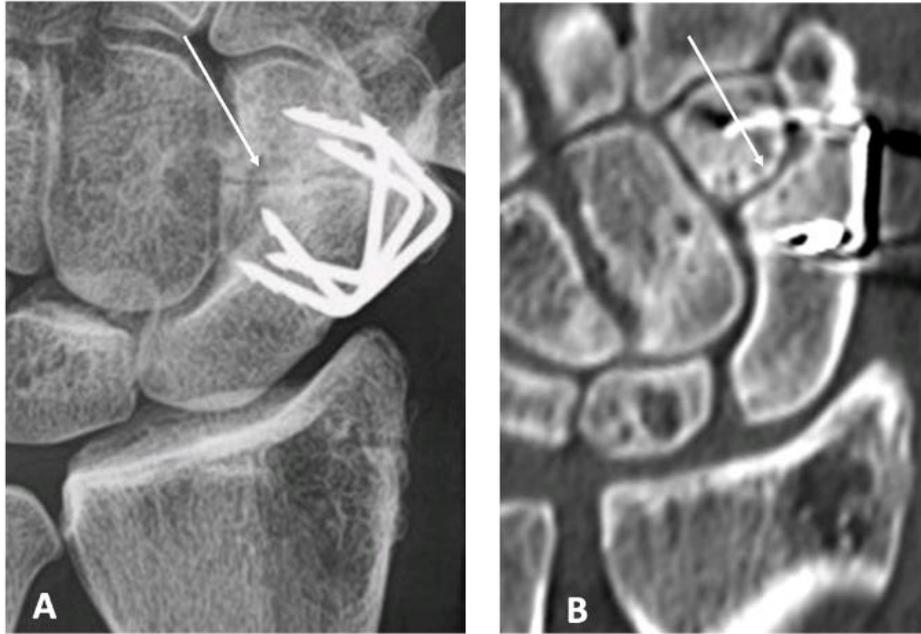


Figure 2. Radiograph (A) and CT scan (B) showing nonunion (arrows) at 19 years' follow-up.

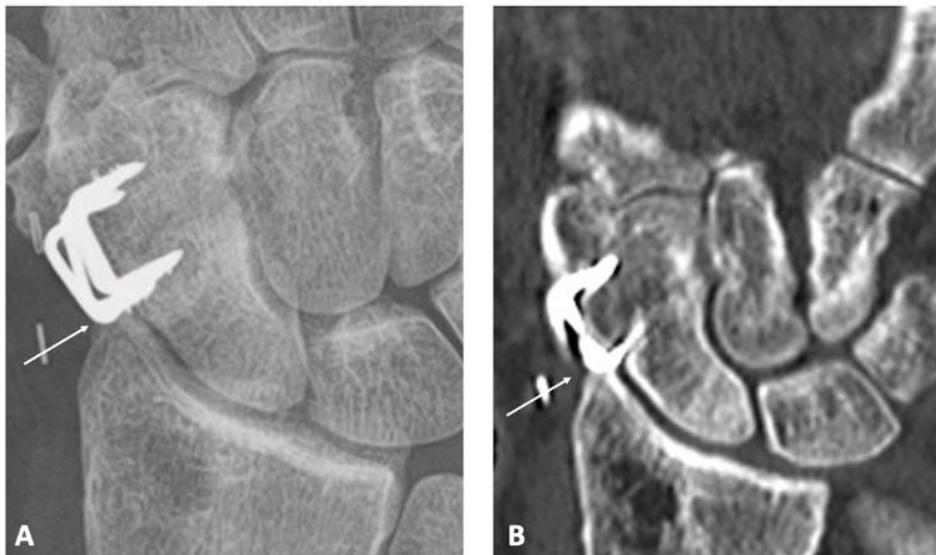


Figure 3. Radiograph (A) and CT scan (B) showing narrowing of the stylo-scaphoid joint space with contact between the staple and styloid (arrows).

Table 1. Comparison of clinical and radiographic results (mean and SD) for the study population (n = 22 wrists)

	Preoperative	Last follow-up	<i>P</i> value
Pain at rest (VAS) (/10)	4 (2.6)	1 (1.7)	<0.01
Pain during activity (VAS) (/10)	8 (1.7)	3 (2.5)	<0.01
Kapandji score (/10)	10 (0.5)	9 (1.2)	0.3
QuickDASH (/100)	57 (16.3)	28 (26.7)	<0.01
PRWE (/100)	65 (13.6)	26 (23.3)	<0.01
RSA (°)	49 (8.0)	46 (6.3)	0.2
CLA (°)	10 (4.4)	8 (4.6)	0.4
Youm index	0.5 (0.04)	0.5 (0.03)	0.5
	Last follow-up	Contralateral side	<i>P</i> value
Flexion-extension (°)	104 (32.3)	131 (25.5)	<0.01
Radio-ulnar deviation (°)	38 (11.7)	55 (13.1)	<0.01
Grip strength (Kg.F)	21 (10.2)	24 (9.6)	0.3
Pinch strength (Kg.F)	6 (2.6)	6 (3.2)	0.5

SD: Standard deviation; VAS: visual analogue scale; QuickDASH: Quick Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand; PRWE: patient-rated wrist evaluation; RSA: radio-scaphoid angle; CLA: capito-lunar angle.

### 4.3. Complications and surgical revisions

There were no cases of infection or wound dehiscence. One patient developed regional complex pain syndrome which resolved with physiotherapy and analgesic drugs. The survival rate of arthrodesis without re-operation was 86%. Indeed, three patients (14%) required surgical revision. One had a symptomatic broken staple without nonunion, 2 years after surgery due to trauma. He was re-operated to remove the staples which completely relieved his pain. However, 4 years later, he developed symptomatic stylo-scaphoid and mid-carpal OA that required further surgery consisting of scaphoidectomy and four-corner arthrodesis. The second patient was re-operated for symptomatic external staple displacement without nonunion. After removing the staple, he became asymptomatic. The last patient underwent another surgical procedure for symptomatic nonunion within 2 years of the surgery. Given the presence of associated symptomatic TM OA, a trapeziectomy was performed. The other three nonunions were asymptomatic and did not required further surgery.

## 5. Discussion

Based on our study's findings – at a mean follow-up of 8 years – STT arthrodesis with staple fixation to treat isolated STT OA leads to a significant reduction in pain, with improved strength and functional scores. However, wrist ROM is significantly decreased postoperatively relative to the contralateral side. These clinical outcomes are consistent with those of similar published case series (Table 2). The sample size in these studies was similar to ours ( $n = 23$  on average). However, the mean follow-up in these studies was generally less than in ours. Our patients had a remarkable reduction in their pain levels. Kaines et al. (1997) and Kalb et al. (2001) reported that more than 80% of patients had no pain or only slight pain (VAS of 0 to 3).

Grip strength ranged from 65% of contralateral for Meier et al. (2003) to 94% for Goubier et al. (2006) and pinch strength from 70% for Srinivasan et al. (1996) to 85% for Kaines et al. (1997). At the final assessment, we found that mean ROM in flexion-extension and radio-ulnar deviation had decreased to 22% and 31% of the contralateral side, respectively. The average decrease reported in other studies ranged from 7% (Srinivasan et al., 1996) to 45% (Minami et al., 2003) for the ROM in flexion-extension and from 18% (Watson et al., 2003) to 41% (Ishida et al., 1993) for the ROM in radio-ulnar deviation.

Nevertheless, Ruy et al. (1991) emphasized that most hand placement and range of motion tasks could be accomplished with 60% to 70% of the maximal wrist ROM. Thus, we believe STT arthrodesis does not compromise the wrist's functional capability for the main daily activities.

Since Perterson and Libscomp (1967) introduced the STT arthrodesis procedure, the scaphoid's positioning is considered as crucial. This helps to obtain satisfactory results and reduce complications. Minamikawa et al. (1990) showed the best scaphoid position is between  $40^{\circ}$  to  $60^{\circ}$  of RSA. It preserves wrist ROM while decreasing the pressure on the stylo-scaphoid joint space and thus, prevent articular impingement.

In our study, four patients (18%) had a nonunion. This rate is comparable with the average of relevant published studies (12%). Watson et al. (2003) reported a 4% rate while Goubier et al. (2006) reported a 31% rate. Minami et al. (2003) are the only team to have reported no cases. Although our rate is comparable, we believe that nonunion may be caused by incomplete removal of cartilage and insufficient bone grafting. This point was previously mentioned by Watson et al. (2003). According to them, it seems important to properly decorticate the entire articular surfaces, bring enough quality bone graft and apply adequate immobilization to obtain a good union rate. To improve bone union, Nemoto et al. (2011) propose using a vascularized bone graft based on the 1,2 intercompartmental suprapretinacular artery. They reported on only three patients with an average follow-up of 48 months but had encouraging clinical and radiological results.

Furthermore, eight of our patients (36%) developed narrowing of the stylo-scaphoid joint space. Ishida et Tsai (1993) reported 3 out of 40 cases, Srinivasan et al. (1996) 0 out of 8 cases, and Minami et al. (2003) 5 out of 30 cases. Roger and Watson (1989) found a 33% rate of styloid impingement; they attributed it to the fact that the styloid could no longer flex when the wrist deviates radially, contributing to impingement. To avoid this problem, the authors propose doing a styloidectomy. Despite not doing a styloidectomy in 19 of our 21 patients, we believe styloidectomy should be routine. Furthermore, it could probably prevent the contact between the staple and radial styloid; all of our 8 patients with an impingement had staple–styloid contact.

Various types of fixation have been proposed for STT arthrodesis, e.g. K-wires, screws, staples or plates (Ishida et Tsai, 1993; McAuliffe et al., 1993; Voche et al., 1992) but no comparative studies have been published so far. One of the advantages of staples is that they do not need to be removed. Also, they ensure effective bone compression. Nevertheless, it is essential to choose the correct staple length to avoid scapho-capital joint segmental collapse. In our study, we found this problem in four patients (18%) confirmed on CT scan.

Other surgical techniques exist to treat STT OA. Some authors use implants as an articular interposition (Gauthier et al., 2017; Alvarez et al., 2017). Others prefer resection of the distal pole of the scaphoid (Garcia Elias et al., 1999), arthroscopic procedures (Cobb et al., 2009; Mathoulin and Da Rin, 2006) or trapeziectomy (Andrachuck and Yang, 2012; Langenhan et al., 2014). Generally, clinical results are satisfactory. Lafaye et al. (2019), in a comparative study of four surgical procedures (total trapeziectomy, distal partial scaphoidectomy alone and partial scaphoidectomy with tendon or pyrocarbon interposition), found no identifiable differences in postoperative ROM and no surgical technique was superior at halting the progression of intracarpal misalignment.

Our study has its limitations. First, it was a retrospective study and we did not compare different types of fixation. Secondly, we had a limited sample size although it was within the range of similar published studies. Thirdly, strict compliance with the different surgical steps and proper positioning of the scaphoid is essential to minimize the risk of nonunion and stylo-scaphoid OA. Finally, our radiological results are mainly based on standard radiographs. It is not always easy to analyse the intra-carpal joint spaces accurately.

In some cases, a CT scan was needed to analyse the mid-carpal joint spaces. Therefore, in these questionable cases, we believe a supplementary CT scan is useful. Kalb et al. (2001) showed that CT scan evaluation is better than conventional radiographic analysis for OA.

Table 2. Clinical and radiographic results from the main published studies on STT arthrodesis.

Authors	Number of cases	Number of isolated STT OA	Mean FU (months)	ROM FE – RUD (°)	Grip strength (Kg.F)	Non-union	Scaphoid impingement	Surgical revision
Rogers et al. (1990)	21	21	59	76 – 69	77	1 (5%)	1	2
Ishida et al. (1993)	40	10	41	68 – 59	70	9 (22%)	3	10
Fortin et al. (1993)	14	3	62	59 – 55	68	3 (21%)	5	6
Srinivasan et al. (1996)	8	8	47	93 – 81	80	1 (13%)	0	n/a
Kaines et al. (1997)	28	7	65	65 – 59	75	3 (11%)	5	n/a
Kalb et al. (2001)	98	24	36	80 – n/a	91	8 (8%)	n/a	5
Minami et al. (2003)	30	6	84	55 – n/a	76	0	5	4
Meier et al. (2003)	111	11	48	81 – 68	65	13 (12%)	n/a	n/a
Watson et al. (2003)	800	98	24	83 – 81	77	36 (4%)	58	99
Goubier et al. (2006)	13	13	61	93 – n/a	94	4 (31%)	0	2
Average	20	23	53	73 – 67	77	8 (12%)	8	18
Our study	22	22	94	78 – 69	86	4 (18%)	8	3

FU: Follow-up; ROM FE–RUD: Range of motion in flexion-extension – radio-ulnar deviation; STT: scapho-trapezio-trapezoid; VAS: Visual analogue scale; n/a: Not available

## 6. Références de la deuxième partie

- Abou Arab W, Rauch A, Chawki MB et al. Scapholunate instability: improved detection with semi-automated kinematic CT analysis during stress maneuvers. *Eur Radiol.* 2018, 28: 4397-4406.
- Andrachuk J et Yang SS. Modified total trapezial and partial trapezoidal excision and ligament reconstruction tendon interposition reduces symptoms in isolated scaphotrapezial-trapezoid arthritis of the wrist. *J Hand Surg Eur Vol.* 2012, 37: 637-41.
- Brown GD, Roh SM, Strauch RJ, Rosenwasser MP, Ateshian GA, Mow VC. Radiography and visual pathology of the osteoarthritic scaphotrapezio-trapezoidal joint, and its relationship to trapeziometacarpal osteoarthritis. *J Hand Surg Am.* 2003, 28: 739-43.
- Carstam N, Eiken O, Andrén L. Osteoarthritis of the trapezio-scaphoid joint. *Acta Orthop Scand.* 1968, 39: 354-8.
- Cobb T. Arthroscopic STT arthroplasty: level 4 evidence. *J Hand Surg Am.* 2009, 34: 42-43.
- Crosby EB, Linscheid RL, Dobyns JH. Scaphotrapezial trapezoidal arthrosis. *J Hand Surg Am.* 1978, 3: 223-34.
- Fortin PT et Louis DS. Long-term follow-up of scaphoid-trapezium-trapezoid arthrodesis. *J Hand Surg Am.* 1993, 18: 675-81.
- Frykman EB, Ekenstam FA, Wadin K. Triscaphoid arthrodesis and its complications. *J Hand Surg Am.* 1988, 13: 844-49.
- Garcia-Elias M, Lluch AL, Saffar P. Resection of the distal scaphoid for scaphotrapeziotrapezoid osteoarthritis. *J Hand Surg Am.* 1999, 24: 448-52.
- Gauthier E, Truffandier MV, Gaisne E, Bellemère P. Treatment of scaphotrapeziotrapezoid osteoarthritis with the Pyrocardan® implant: Results with a minimum follow-up of 2 years. *Hand Surg Rehabil.* 2017, 36: 113-21.
- Goubier JN, Bauer B, Alnot JY. Traitement de l'arthrose scaphotrapézotrapézoidienne isolée par arthrodèse scaphotrapézotrapézoidienne: une série de 13 cas. *Chir Main.* 2006, 25: 179-84.
- Humada Álvarez G, Simón Pérez C, Medrano BG et al. Isolated scaphotrapeziotrapezoid osteoarthritis treatment using resurfacing arthroplasty with scaphoid anchorage. *Rev Esp Cir Ortop Traumatol.* 2017, 61: 412-18.
- Ishida O et Tsai TM. Complications and results of scapho-trapezio-trapezoid arthrodesis. *Clin Orthop Relat Res.* 1993, 287: 125-30.

- Kaines A, Chissell H, Alnot JY, Andrew S. Scapho-trapezio-trapezoid arthrodesis. *Hand Surg.* 1997, 02: 135-40.
- Kalb K, Fuchs V, Bartelmann U, Schmitt R, Landsleitner B. Erfahrungen mit der STT-arthrodese. Eine retrospektive auswertung. *Handchir Mikrochir Plast Chir.* 2001, 33: 181-88.
- Kleinman WB et Carroll C. Scapho-trapezio-trapezoid arthrodesis for treatment of chronic static and dynamic scapho-lunate instability: A 10-year perspective on pitfalls and complications. *J Hand Surg Am.* 1990, 15: 408-14.
- Lafaye G, Rongièrès M, Mansat P, Grolleau JL, Riot S. Functional outcomes after surgical treatment of isolated scaphotrapeziotrapezoid osteoarthritis: Retrospective single-center 24-case series. *Hand Surg Rehabil.* 2020, 39: 107-12.
- Langenhan R, Hohendorff B, Probst A. Trapeziectomy and ligament reconstruction tendon interposition for isolated scaphotrapeziotrapezoid osteoarthritis of the wrist. *J Hand Surg Eur Vol.* 2013, 39: 833-37.
- Larsen CF, Mathiesen FK, Lindequist S. Measurement of carpal bone angles on lateral wrist radiographs. *J Hand Surg Am.* 1991, 16: 888-93.
- Mathoulin C et Darin F. Arthroscopic treatment of scaphotrapeziotrapezoid osteoarthritis. *Hand Clin.* 2011, 27: 319-22.
- McAuliffe JA, Dell PC, Jaffe R. Complications of intercarpal arthrodesis. *J Hand Surg Am.* 1993, 18: 1121-28.
- Meier R, Prommersberger JK, Krimmer H. Teil-arthrodesen von skaphoid, trapezium und trapezoideum (STT-fusion). *Handchir Mikrochir Plast Chir.* 2003, 35: 323-27.
- Minami A, Hiroyuki K, Norimasa I. Scaphotrapeziotrapezoid fusion: long-term follow-up study. *J Orthop Sci.* 2003, 8: 319-22.
- Minamikawa Y, Peimer CA, Yamaguchi T, Medige J, Sherwin FS. Ideal scaphoid angle for intercarpal arthrodesis. *J Hand Surg Am.* 1992, 17: 370-75.
- Moritomo H, Viegas SF, Nakamura K, Dasilva MF, Patterson RM. The scaphotrapezio-trapezoidal joint. Part 1: an anatomic and radiographic study. *J Hand Surg Am.* 2000, 25: 899-910.
- Nemoto T et Inagaki K. Scaphotrapeziotrapezoid fusion for arthritis with vascularized bone grafting from the radius. *J Hand Surg Eur Vol.* 2011, 36: 820-21.
- Peterson HA et Lipscomb PR. Intercarpal arthrodesis. *Arch of Surg.* 1967, 95: 127-34.

- Rauch A, Abou Arab W, Dap F, Dautel G, Blum A, Gondim Teixeira PA. Four-dimensional CT analysis of wrist kinematics during radioulnar deviation. *Radiology*. 2018, 289: 750-58.
- Rogers WD et Watson HK. Radial styloid impingement after triscaphe arthrodesis. *J Hand Surg Am*. 1989, 14: 297-301.
- Ryu JY, Cooney WP, Askew LJ, An KN, Chao EY. Functional ranges of motion of the wrist joint. *J Hand Surg Am*. 1991, 16: 409-19.
- Schmitt R et Lanz U. *Diagnostic Imaging of the Hand (Eds)*. Georg Thieme Verlag, Stuttgart, New York, 2008.
- Srinivasan VB et Matthews JP. Results of scaphotrapeziotrapezoid fusion for isolated idiopathic arthritis. *J hand Surg Br*. 1996, 21: 378-80.
- Tang JB et Giddins G. Why and how to report surgeons' levels of expertise. *J Hand Surg Eur Vol*. 2016, 41: 365-66.
- Voche P, Bour C, Merle M. Scapho-trapezio-trapezoid arthrodesis in the treatment of Kienböck's disease. A study of 16 cases. *J Hand Surg Br*. 1992, 17: 5-11.
- Watson HK, Wollstein R, Joseph E, Manzo R, Weinzweig J, Ashmead D. Scaphotrapeziotrapezoid arthrodesis: a follow-up study. *J Hand Surg Am*. 2003, 28: 397-404.
- Zhao K, Breighner R, Holmes D, Leng S, McCollough C, An KN. A technique for quantifying wrist motion using four-dimensional computed tomography: approach and validation. *J Biomech*. 2015, 137: 0745011-0745015.

## 7. Annexes de la deuxième partie

### 7.1. Score de QuickDASH

Quick DASH						
Veuillez évaluer vos possibilités d'effectuer les activités suivantes au cours des 7 derniers jours en entourant le chiffre placé sous la réponse appropriée						
		Aucune difficulté	Difficulté légère	Difficulté moyenne	Difficulté importante	Impossible
1.	Dévisser un couvercle serré ou neuf	1	2	3	4	5
2.	Effectuer des tâches ménagères lourdes (nettoyage des sols ou des murs)	1	2	3	4	5
3.	Porter des sacs de provisions ou une mallette	1	2	3	4	5
4.	Se laver le dos	1	2	3	4	5
5.	Couper la nourriture avec un couteau	1	2	3	4	5
6.	Activités de loisir nécessitant une certaine force ou avec des chocs au niveau de l'épaule du bras ou de la main. (bricolage, tennis, golf, etc..)	1	2	3	4	5
		Pas du tout	Légèrement	Moyennement	Beaucoup	Extrêmement
7.	Pendant les 7 derniers jours, à quel point votre épaule, votre bras ou votre main vous a-t-elle gêné dans vos relations avec votre famille, vos amis ou vos voisins ? (entourez une seule réponse)	1	2	3	4	5
		Pas du tout limité	Légèrement limité	Moyennement limité	Très limité	Incapable
8.	Avez-vous été limité dans votre travail ou une de vos activités quotidiennes habituelles en raison de problèmes à votre épaule, votre bras ou votre main ?	1	2	3	4	5
		Aucune	Légère	Moyenne	Importante	Extrême
Veuillez évaluer la sévérité des symptômes suivants durant les 7 derniers jours. (entourez une réponse sur chacune des lignes)						
9.	Douleur de l'épaule, du bras ou de la main	1	2	3	4	5
10.	Picotements ou fourmillements douloureux de l'épaule, du bras ou de la main	1	2	3	4	5
		Pas du tout perturbé	Un peu perturbé	Moyennement perturbé	Très perturbé	Tellement perturbé que je ne peux pas dormir
11.	Pendant les 7 derniers jours, votre sommeil a-t-il été perturbé par une douleur de votre épaule, de votre bras ou de votre main ? (entourez une seule réponse)	1	2	3	4	5

Le score QuickDASH n'est pas valable s'il y a plus d'une réponse manquante.

Calcul du score du QuickDASH = ( [somme des n réponses] - 1 ) X 25, où n est égal au nombre de réponses.

## 7.2. Score de PRWE

<b>PRWE</b>										
<b>Evaluation du poignet par le patient</b>										
<b>Nom:</b> _____			<b>Signature:</b> _____				<b>Date:</b> _____			
<p>Les questions ci-dessous vont nous permettre de comprendre les difficultés que vous avez rencontrées avec votre poignet la semaine dernière. Sur une échelle de 0 à 10, vous décrirez l'intensité moyenne des symptômes de votre poignet durant la semaine dernière. Veuillez répondre à TOUTES les questions. Si vous n'avez fait aucune des activités, veuillez ESTIMER la douleur ou la difficulté à laquelle vous vous seriez attendue. Si vous n'avez jamais fait l'activité, vous pouvez laisser l'item en blanc.</p>										
<p><b>DOULEUR</b> - Veuillez évaluer l'intensité moyenne de la douleur à votre poignet durant la semaine dernière en entourant le chiffre qui correspond le mieux votre douleur sur une échelle de 1 à 10. Le zéro (0) signifie que vous n'avez ressenti aucune douleur et le dix (10) signifie que vous avez ressenti la pire douleur jamais éprouvée ou que vous n'avez pas pu faire l'activité à cause de la douleur.</p>										
<p>Evaluer votre douleur :</p>										
						Pas de douleur				Pire douleur jamais ressentie
						0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10				
Au repos										
Lorsque vous faites une tâche avec un mouvement répétitif du poignet										
Lorsque vous soulevez un objet lourd										
Lorsque la douleur est à son comble										
Avez vous souvent mal?										
						Jamais				Toujours
<p><b>FONCTION</b></p>										
<p>A. ACTIVITES SPECTIFIQUES - Veuillez évaluer le niveau de difficulté que vous avez éprouvé à accomplir avec votre main atteinte chacun des gestes listés ci-dessous – au cours de la semaine dernière, en entourant le chiffre qui correspond le mieux à la difficulté éprouvée sur une échelle de 1 à 10. Le zéro (0) signifie que vous n'avez rencontré aucune difficulté et le dix (10) signifie que c'était tellement difficile que vous ne pouviez pas le faire du tout.</p>										
						Aucune difficulté				Incapable de faire
						0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10				
Tourner une poignée de porte										
Couper de la viande										
Boutonner ma chemise										
Se lever d'une chaise										
Porter un objet de 5 Kg										
Utiliser du papier toilette										
<p>B. ACTIVITES HABITUELLES - Veuillez évaluer le niveau de difficulté que vous avez éprouvé à accomplir vos activités habituelles dans chacun des domaines listés ci-dessous, au cours de la semaine dernière, en entourant le chiffre qui correspond le mieux à la difficulté éprouvée sur une échelle de 1 à 10. Par activités habituelles, nous entendons les activités que vous faisiez avant d'avoir des problèmes avec votre poignet. Le zéro (0) signifie que n'avez rencontré aucune difficulté et le dix (10) signifie que c'était tellement difficile que vous ne pouviez pas faire vos activités habituelles.</p>										
						Aucune difficulté				Incapable de faire
						0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10				
Soins personnels (s'habiller, se laver)										
Tâches ménagères (nettoyage, entretien)										
Travail (votre emploi ou tâches quotidiennes habituelles)										
Loisirs										

# **TROISIÈME PARTIE : L'APPORT DU SCANNER DYNAMIQUE 4 DIMENSIONS DANS L'ANALYSE CINÉMATIQUE DU CARPE APRÈS ARTHRODÈSE SCAPHO-TRAPÉZO-TRAPÉZOÏDIENNE**

## **1. Introduction**

L'arthrodèse scapho-trapézo-trapézoïdienne (STT) semble être une technique fiable et efficace à moyen terme dans le traitement chirurgical de l'arthrose isolée (Kalb et al., 2001 ; Meier et al., 2003 ; Watson et al., 2003). Dans notre étude rétrospective (Cholley-Rouilleau et al., 2020) portant sur 21 patients traités par arthrodèse STT et fixation par agrafes, au recul moyen de 8 ans, nous avons noté une diminution significative des douleurs au repos et à l'effort, une force restaurée à plus de 80% par rapport au côté controlatéral et des scores fonctionnels significativement améliorés. Toutefois, cette intervention chirurgicale reste pourvoyeuse d'un taux non négligeable de pseudarthroses mais également de dégénérescences arthrosiques stylo-scaphoïdiennes et/ou médio-carpiennes (Ishida et Tsai, 1993 ; Kalb et al., 2001 ; Minami et al., 2003 ; Roger et Watson, 1989). En effet, nous avons constaté dans notre série un taux de 18% de pseudarthrodèse, de 36% de pincement de l'interligne articulaire stylo-scaphoïdien et de 18% de pincement de l'interligne articulaire scapho-capital. Cependant, ces atteintes dégénératives sont souvent difficiles à interpréter sur des radiographies standards (Kalb et al., 2001). Récemment, Rauch et al. (2018) et Abou Arab et al. (2018), ont proposé d'utiliser le scanner dynamique 4 dimensions (4DCT) pour analyser la cinématique du carpe lors des mouvements du poignet lors des déviations radio-ulnaires (DRU) et des déviations de poing serré (PS). Par cette analyse tridimensionnelle des os du carpe lors des mouvements du poignet, le 4DCT rend possible une analyse dynamique précise et reproductible (Carr et al., 2018 ; Choi et al., 2013 ; Leng et al., 2011 ; Teixeira et al., 2017 ; Zhao et al., 2015). Plusieurs études de faisabilité ont montré que le 4DCT est adapté à l'analyse du carpe normal et pathologique lors de la pratique clinique (Roo et al., 2019 ; Garcia-Elias et al., 2014 ; Mat Jais et al., 2017 ; Teixeira et al., 2016). Nous évoquons l'hypothèse que ce nouvel outil d'imagerie pourrait avoir un intérêt dans l'analyse et dans la compréhension des cas symptomatiques et suspects de complications à la radiographie, après une chirurgie d'arthrodèse STT. L'objectif de cette étude est d'évaluer l'apport du 4DCT lors des mouvements DRU chez nos patients considérés en échec de la procédure à l'issue de notre analyse radiographique.

## **2. Matériel et Méthode**

### **2.1. Population**

Il s'agit d'une étude rétrospective monocentrique portant sur 21 patients (17 femmes, 4 hommes) âgés de plus de 18 ans, opérés entre 2000 et 2018 d'une arthrodèse STT avec fixation par agrafes (22 poignets), selon la même technique opératoire décrite par Cholley-Roulleau et al. (2020) et sans geste de styloïdectomie associé. Tous les patients présentaient une arthrose STT isolée symptomatique et résistante à un traitement médical. Au recul moyen de 8 ans (2-20 ans), l'ensemble des patients a été évalué cliniquement et radiologiquement par un examinateur indépendant (chirurgien spécialiste, 5 ans d'expérience clinique).

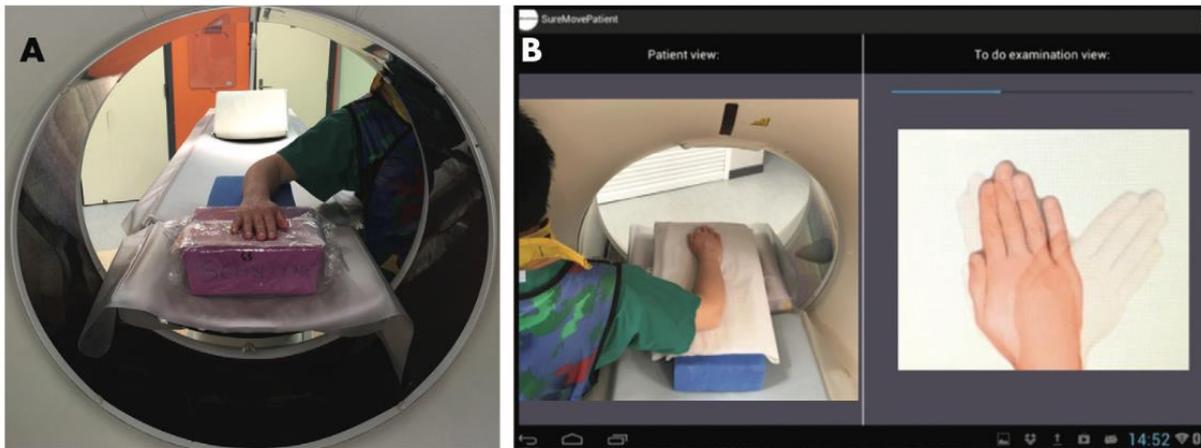
Au sein de cette série, huit patientes (36%) restaient symptomatiques à la révision et présentaient une analyse radiographique suspecte de complications : pseudarthrodèse, protrusion de l'agrafe dans l'interligne articulaire scapho-capital, pincement de l'interligne articulaire stylo-scaphoïdien et/ou scapho-capital, ou encore une attitude en DISI du lunatum. Pour l'ensemble de ces patientes, un 4DCT a été réalisé en respectant le même protocole.

### **2.2. Réalisation des acquisitions 4DCT**

Les images ont été acquises avec un scanner à 320 détecteurs (Aquilion ONE ; Canon Medical Systems, Otawara, Japon). Les paramètres d'acquisition (Gondim Teixeira et al., 2017) sont 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 est illustrée à la Figure 1. Pour la réalisation de la manœuvre DRU, il a été demandé aux patients de déplacer leur poignet de manière continue et homogène, d'une inclinaison radiale maximale à une inclinaison ulnaire maximale et de revenir au point de départ correspondant à la position neutre (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).

*Tableau 1. Paramètres des acquisitions du scanner dynamique 4D.*

Acquisition Mode	Sequential 4DCT
Field-of-view (cm)	8 to 10
z-axis coverage (cm)	8
Section thickness (mm)	0.5
Tube rotation (sec)	0.35
Tube voltage (kVp)	100
Milliamperage (mAs)	35
Reconstruction matrix	512 X 512
Image reconstruction	Soft-tissue kernel



*Figure 1- Images montrant la réalisation des mouvements radio-ulnaires du poignet durant une acquisition 4DCT. A) Participante assise derrière le scanner, sa main à plat, en position neutre, sur la table du scanner. Elle porte un matériel de protection corporel plombé ainsi qu'un cache thyroïde. B) Capture d'écran : à gauche, l'installation permettant au technicien de contrôler et de guider les mouvements du poignet lors des acquisitions ; à droite, image montrant l'amplitude et la vitesse du mouvement cible à effectuer.*

### **2.3. Analyse des données et post-traitement des images 4DCT**

L'analyse des images 4DCT 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. Une fois l'ensemble des volumes de l'acquisition 4DCT chargé, des images multiplanaires et tridimensionnelles ont été affichées. Tous les volumes de l'acquisition ont été analysés.

L'amplitude de mouvement de la DRU maximale a été mesurée chez tous les patients à partir d'images en incidence coronale. Une ligne passant par le grand axe du radius et une autre 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.

Nous avons réalisé une analyse descriptive première en recherchant pour chaque patient, le degré de consolidation osseuse en regard de chacun des interlignes articulaires STT ainsi que la présence d'une protrusion de l'extrémité proximale d'une agrafe dans l'interligne scapho-capital et la présence d'une arthrose scapho-styloïdienne et/ou scapho-capitale et/ou luno-capitale. Nous avons également analysé la présence d'un conflit entre la styloïde radiale et le matériel d'ostéosynthèse en inclinaison radiale maximale et un aspect de bascule dorsale ou « DISI » du lunatum. L'arthrose était définie par la présence d'un pincement de l'interligne articulaire, d'une condensation sous chondrale et/ou de géodes d'hyperpression.

Nous avons ensuite réalisé une analyse angulaire comprenant la mesure des angles radio-scaphoïdiens (ARS) et luno-capitals (ALC). L'ARS a été choisi pour refléter les mobilités radio-carpiennes et l'ALC, les mobilités médio-carpiennes.

Les mesures ont été effectuées selon différentes étapes. La première consistait à faire considérer par le logiciel le radius comme étant l'os fixe de référence dans chacun des plans. Pour ce faire, l'examineur plaçait manuellement un point repère sur la cavité médullaire radiale. Ensuite, le logiciel enregistrerait automatiquement le radius verrouillé dans tous les autres volumes. Ceci a servi de base pour la sélection des plans de référence, sélectionnés manuellement et utilisés pour toutes les mesures. Les plans de référence étaient définis de la manière suivante : le plan sagittal passait par le milieu de la surface articulaire du radius distal ; le plan axial passait par le centre de la ligne bi-styloïdienne du radius et de l'ulna distal ; et le plan coronal passait par l'axe du radius.

Une fois les axes repères définis, chaque angle a pu être calculé grâce au placement manuel de 4 points repères distincts dans le plan sagittal. Pour l'ARS, deux points ont été positionnés sur le scaphoïde, un sur la corticale la plus palmaire et un sur la plus dorsale, afin de déterminer le grand axe de celui-ci ; deux autres points ont été positionnés dans la cavité médullaire du radius suivant son grand axe. Pour l'ALC, deux points ont été placés sur la corticale au niveau de la corne antérieure et de la corne postérieure du lunatum ; deux autres points ont été positionnés dans la cavité médullaire du capitatum suivant son grand axe

(Figure 2). Par la suite, pour chaque acquisition, le logiciel a automatiquement tracé les marqueurs sélectionnés sur tous les volumes restants de l'acquisition, permettant ainsi le calcul automatique des ARS et ALC.

Pour chaque angle, cinq paramètres ont été calculés : la moyenne (Moy, en degré), le maximum (Max, en degré), l'amplitude (Amp, maximal – minimal, en degré), et le coefficient de variation (Cv, déviation standard/moyenne, en %). La précision estimée pour chacune des mesures était de 1°.

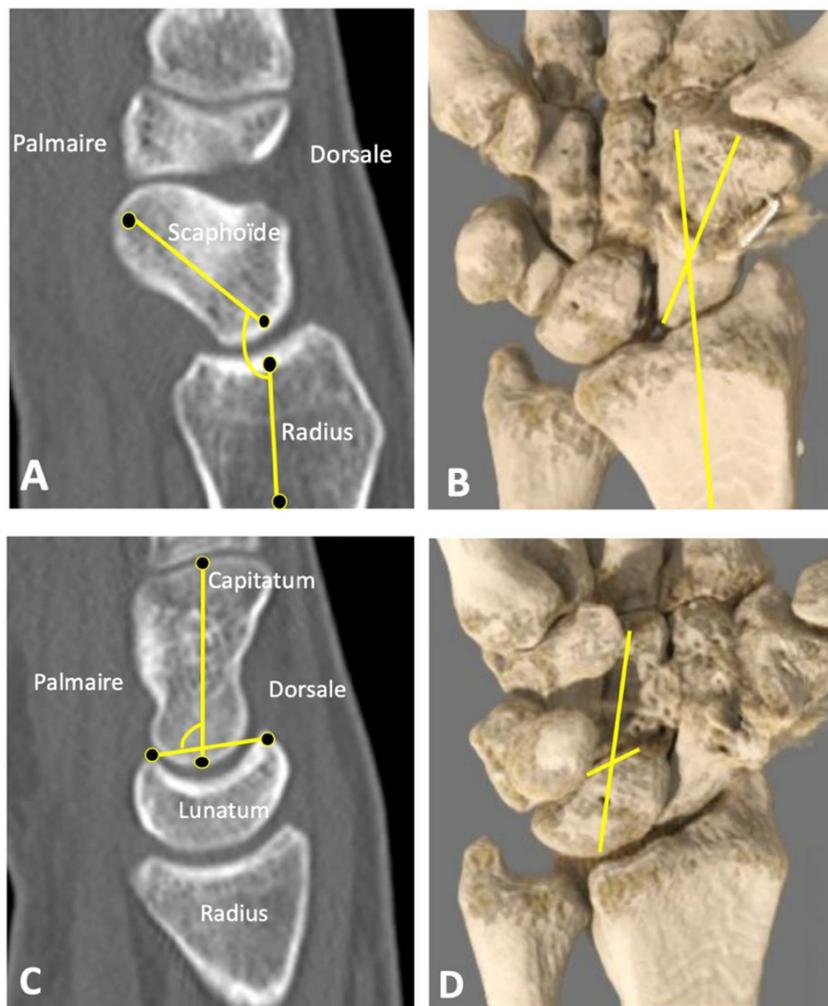


Figure 2 – Coupes scanographiques sagittales (A et C) et reconstruction 3D (B et D) montrant le positionnement des points repères permettant le calcul des ARS (A et B) et ALC (C et D).

## **2.4. Analyse statistique**

Les variables quantitatives étaient décrites à l'aide du calcul de moyennes et d'écart types. Les variables qualitatives étaient décrites par leurs sommes et leurs pourcentages.

## **3. Résultats**

L'âge moyen des patientes incluses était de 59 ans (41-76). Le recul moyen après chirurgie était de 7 ans (1-20). L'ostéosynthèse avait été réalisée par 2 agrafes chez 1 patiente, 3 agrafes chez 3 patientes et 4 agrafes chez 4 patientes.

La réalisation du 4DCT a été possible chez l'ensemble des patientes. En moyenne, l'amplitude de mouvement DRU était mesurée à 38° (20 - 60°) lors de l'examen clinique. En 4DCT, elle était en moyenne de 46° (28° - 72°).

Un résumé des caractéristiques de chacune des patientes est présenté dans le Tableau 2.

*Tableau 2. Résumé des caractéristiques cliniques et des données radiographiques chez nos huit patientes*

Patiente	Age (années)	Coté opéré	Recul (mois)	Amplitude DRU clinique (°)	Analyse radiographique			
					Pa	Protrusion agrafe	Pincement articulaire SS - SC	Angle Luno-capital
1	54	D	168	60	Oui	Non	Non	2°
2	60	D	12	25	Non	Oui	Non	7°
3	51	D	72	40	Non	Oui	SS + SC	9°
4	62	G	24	20	Non	Affleurante	Non	18°
5	59	D	24	50	Non	Non	SS	4°
6	41	D	72	30	Non	*	SS + SC	5°
7	66	D	240	40	Oui	Affleurante	Non	14°
8	76	G	30	40	Non	Affleurante	Non	14°

Pa : Pseudarthrodèse

SS : Scapho-styloïdien ; SC : Scapho-capital ; DRU : Déviation radio-ulnaire

DISI : Dorsal intercalated segment instability

\* le matériel d'ostéosynthèse a été retiré pour la patiente N°6

### 3.1. Analyse descriptive 4DCT

Chez les deux patientes qui présentaient une pseudarthrodèse à l'analyse radiographique, le scanner a confirmé ce diagnostic. Plus précisément, cette pseudarthrodèse était incomplète dans les deux cas ; elle concernait les interlignes scaphoïde-trapézoïde et trapèze-trapézoïde. L'interligne scaphoïde-trapèze était systématiquement consolidé (Figure 3).

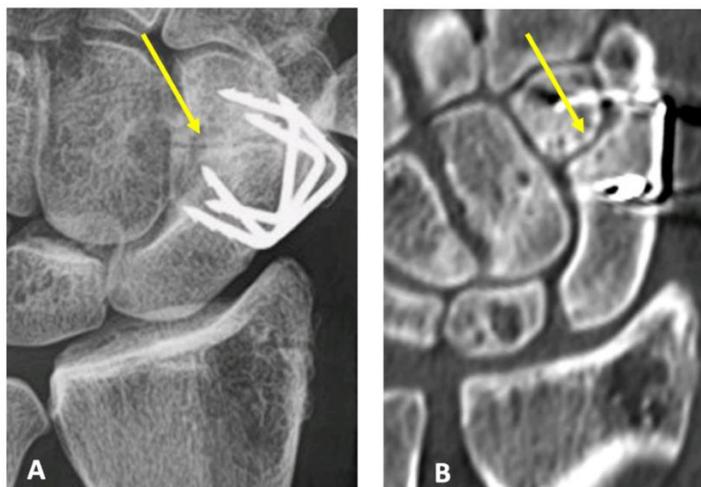


Figure 3 – A) Radiographie de face d'un poignet droit montrant un cas de pseudarthrodèse (flèche) au recul de 20 ans (patiente N°7). B) Coupe frontale scanographique confirmant le diagnostic de pseudarthrodèse. A noter, le caractère incomplet avec une absence de consolidation au niveau des interlignes articulaires scaphoïdes – trapézoïde et trapèze – trapézoïde (flèche). L'interligne scapho-trapézien est quant à lui consolidé.

Chez les trois patientes qui présentaient à la radiographie un pincement de l'interligne stylo-scaphoïdien, le scanner a confirmé le diagnostic d'arthrose. Cette dernière était modérée et préférentiellement visualisée lors des acquisitions en inclinaison radiale. Par ailleurs, l'analyse scanographique dynamique a retrouvé pour les cinq autres patientes, non suspectes radiographiquement, une arthrose focale stylo-scaphoïdienne en regard de la pointe de la styloïde. L'atteinte arthrosique était minime et n'apparaissait qu'en inclinaison radiale maximale, expliquant son caractère non décelable en radiographie standard (Figure 4).

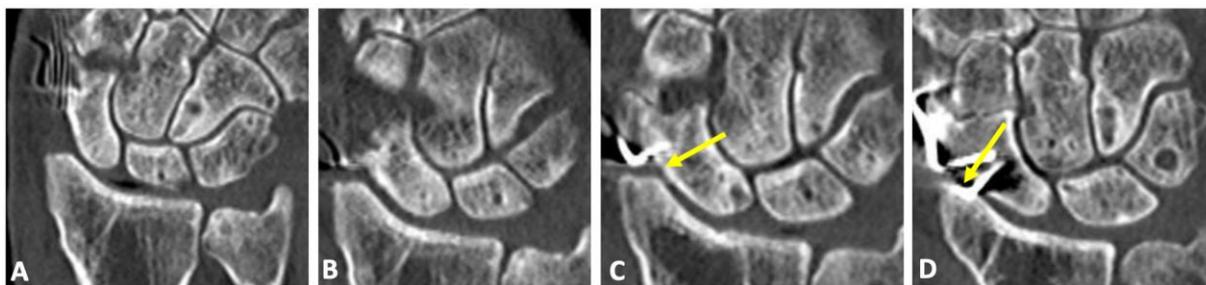


Figure 4 – Coupes scanographiques frontales en 4DCT d'un poignet droit à 14 ans de recul (patiente N°1) durant une séquence de DRU. A) et B) En inclinaison ulnaire et en position neutre du poignet, aucune arthrose scapho-styloïdienne n'est visible. C) En inclinaison radiale, on identifie une zone arthrosique focale scapho-styloïdienne. D) En inclinaison radiale maximale, on retrouve un contact entre l'agrafe et la styloïde radiale.

Pour l'ensemble de nos huit patientes, il était systématiquement noté un conflit entre la pointe de la styloïde radiale et l'agrafe lors de l'inclinaison radiale maximale. Cette zone de contact correspondait à la zone d'arthrose focale stylo-scaphoïdienne (Figure 5).

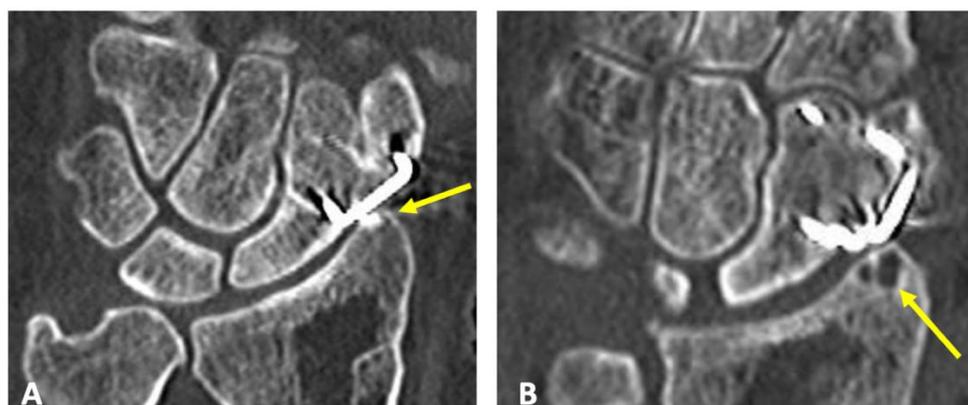


Figure 5 - Coupes scanographiques frontales en inclinaison radiale maximale d'un poignet gauche à 2 ans de recul (patiente N°4) montrant le conflit entre l'agrafe et la pointe de la styloïde radiale (A)(flèche) responsable d'une arthrose stylo-scaphoïdienne focale (B)(flèche).

Chez les deux patientes qui présentaient à la radiographie un pincement de l'interligne scapho-capital, le scanner a également confirmé le diagnostic d'arthrose. Cette dernière était modérée et de même importance quelle que soit la position du poignet.

L'analyse scanographique a confirmé la présence d'une protrusion de la jambe proximale de l'agrafe dans l'interligne scapho-capital chez les deux cas visibles à la radiographie, incluant nos deux cas d'arthrose scapho-capitale modérée, mais aussi pour les trois cas où l'agrafe était notée comme « affleurante ». Dans tous les cas, une arthrose focale scapho-capitale était retrouvée en regard de la zone de protrusion (Figure 6).

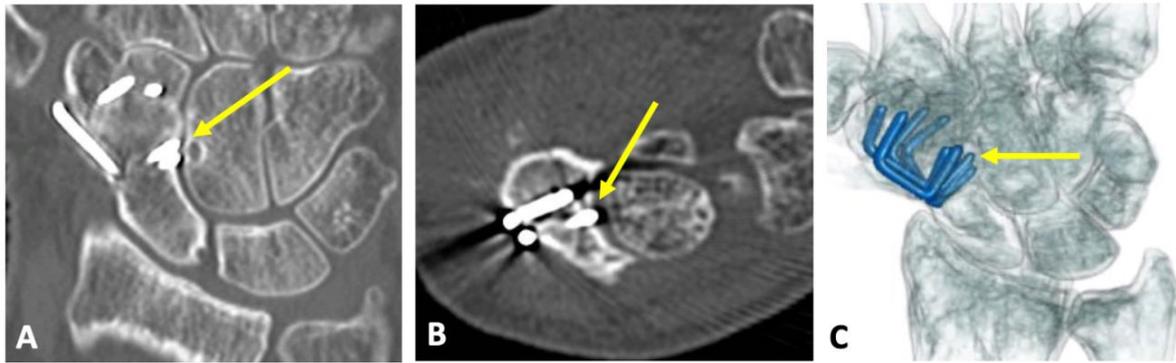


Figure 6 – Coupes scanographiques frontale (A) et axiale (B) avec reconstruction 3D (C) d'un poignet droit à 6 ans de recul (patiente N°3). On note une consolidation du foyer d'arthrodèse STT ainsi qu'une protrusion de la partie proximale des agrafes, responsable d'une arthrose scapho-capitale focale.

Dans deux cas, le scanner a mis en évidence une arthrose luno-capitale qui était minime dans un cas et modérée dans l'autre. Aucune de ces atteintes n'avait été suspectée lors de l'analyse radiographique. L'atteinte arthrosique prédominait sur le versant postérieur de la surface articulaire du lunatum et était préférentiellement visualisée lors des inclinaisons radiale et ulnaire maximales (Figure 7).



Figure 7 – Coupe scanographique sagittale 4DCT d'un poignet droit à 20 ans de recul passant par l'articulation luno-capitale. La flèche montre une arthrose luno-capitale postérieure, (patiente N°7).

Dans trois cas, nous avons visualisé un aspect de bascule dorsale ou « DISI » du lunatum, et ce quelle que soit la position du poignet. Il s'agissait des patientes qui avaient les valeurs les plus élevées de l'angle luno-capital lors de l'analyse radiographique (18°, 14° et 14°). Parmi ces cas, seule une patiente était porteuse d'une arthrose luno-capitale (Figure 8) (Tableau 3).



Figure 8 - Coupe scanographique sagittale passant par l'articulation luno-capitale d'un poignet gauche à 2 ans de recul (patiente N°4). Aspect de bascule dorsale ou « DISI » du lunatum (flèche) sans signe d'arthrose luno-capitale.

### 3.2. Analyse angulaire 4DCT

L'amplitude maximale était en moyenne de  $28^{\circ} \pm 7$  en inclinaison ulnaire et de  $17^{\circ} \pm 11$  en inclinaison radiale ; soit une amplitude DRU moyenne de  $46^{\circ} \pm 16$ .

L'analyse des différents paramètres (Moy, Max, Amp et Cv) de l'ARS n'a pas permis de mettre en évidence de différences notables en fonction des complications retrouvées lors de l'analyse descriptive.

L' $ALC_{moy}$  et l' $ALC_{max}$  avaient les valeurs les plus basses chez les trois patientes qui présentaient un aspect en DISI du lunatum lors de l'analyse descriptive. De plus, l' $ALC_{moy}$  était systématiquement inférieur à  $70^{\circ}$  ( $54^{\circ}$ ,  $62^{\circ}$ ,  $69^{\circ}$ ) dans ces cas. L' $ALC_{amp}$  et l' $ALC_{Cv}$  ne présentaient pas de différences notables par rapport au reste de l'échantillon.

De plus, l'analyse des différents paramètres (Moy, Max, Amp et Cv) de l'ALC n'a pas permis de mettre en évidence de différences identifiables selon le type et la sévérité de l'atteinte arthrosique retrouvée, notamment en cas d'atteinte de l'articulation luno-capitale (Tableau 3).

Tableau 3. Résultats de l'analyse du scanner dynamique 4 dimensions (4DCT) pour nos huit patientes

Patiente	Analyse descriptive								Mesures angulaires							
	Pa	Arthrose (minime et focale)			Aspect en DISI du lunatum	Protrusion agrafe	Conflit scaphoïde – agrafe en IR	Amp DRU	ARS				ALC			
		SS	SC	LC					Moy	Max	Amp	Cv	Moy	Max	Amp	Cv
1	Oui	+	-	-	Non	Non	Oui	30°	115°	124°	13°	4%	73°	75°	7°	3%
2	Non	+	+	+	Non	Oui	Oui	28°	146°	164°	33°	8%	105°	118°	28°	10%
3	Non	++	++	-	Non	Oui	Oui	34°	143°	145°	5°	1%	89°	94°	6°	2%
4	Non	+	+	-	Oui	Oui	Oui	72°	138°	143°	13°	3%	54°	60°	13°	7%
5	Non	++	-	-	Non	Non	Oui	57°	120°	129°	20°	7 %	109°	122°	32°	12%
6	Non	++	++	-	Non	*	*	60°	126°	131°	13°	3%	80°	82°	4°	1%
7	Oui	+	+	++	Oui	Oui	Oui	46°	146°	155°	20°	5%	62°	70°	12°	6%
8	Non	+	+	-	Oui	Oui	Oui	42°	130°	140°	14°	4%	69°	76°	11°	6%
Moyenne (SD)								46° (15,7)	133° (12)	141° (13,5)	16° (7,8)	4% (2)	80° (19,5)	87° (22,5)	14° (10,5)	6% (4,2)

Pa : Pseudarthrodèse

SS : Stylo-scaphoïdienne ; SC : Scapho-capital(e) ; LC : Luno-capital(e) ; IR : Inclinaison radiale maximale

+: Atteinte dégénérative minime ; ++ : Atteinte dégénérative modérée

Moy : Moyenne ; Max : Maximum ; Amp : Amplitude ; Cv : Coefficient de variation

DISI : Dorsal intercalated segment instability

ARS : Angle radio-scaphoïdien ; ALC : Angle luno-capital

\* le matériel d'ostéosynthèse a été retiré pour la patiente N°6

## 4. Discussion

L'analyse en 4DCT de nos 8 patientes suspectes de complications radiographiques après arthrodèse STT avec fixation par agrafes, nous a permis de confirmer mais également de préciser les causes d'échecs de cette procédure.

Les cas de pseudarthrodèses ont ainsi été confirmés, et aucun autre cas, non identifié à la radiographie, n'a été mis en évidence. Par ailleurs, nous avons constaté l'existence d'un caractère incomplet de ces pseudarthrodèses, avec la consolidation systématique de l'interligne scaphoïde-trapèze. Ceci pourrait expliquer l'absence de différence identifiable entre les valeurs des ARS pour ces cas. En effet, compte tenu de l'existence d'un pont osseux solide, le maintien de la position d'arthrodèse du scaphoïde était rendu possible, et pourrait expliquer l'absence d'augmentation de l'ARS<sub>max</sub> et de l'ARS<sub>cv</sub> par rapport aux autres patientes dont la consolidation était complète. Dans la littérature, le taux de pseudarthrodèses post arthrodèse STT est compris entre 0% (Minami et al., 2003) et 31% (Goubier et al., 2006), cependant, les auteurs ne précisent généralement pas le caractère plus ou moins complet de la pseudarthrodèse ainsi que les interlignes concernés. Toutefois, au vu de notre série, les interlignes trapèze-trapézoïde et scapho-trapézoïde, d'accès plus difficile et dont les surfaces de contact sont moindres, semblent être les moins propices à la consolidation. Il nous paraît important d'insister, d'une part, sur la nécessité de réaliser un avivement de qualité de l'ensemble des surfaces articulaires, et d'autre part, sur la nécessité d'apporter de la greffe osseuse en quantité suffisante et de la répartir de manière homogène.

De par la qualité de sa résolution spatiale et temporelle, le 4DCT a permis d'affirmer les atteintes arthrosiques stylo-scaphoïdiennes et/ou scapho-capitales suspectées en radiographie standard. Pour ces patientes, l'atteinte était minime ou modérée à l'analyse scanographique. Par ailleurs, le 4DCT, et notamment l'analyse des espaces articulaires radio- et médio-carpiens lors du mouvement DRU, s'est avéré performant pour déceler des atteintes arthrosiques minimes et focales. En effet, nous avons identifié pour l'ensemble de l'échantillon, l'existence d'un conflit, entre la pointe de la styloïde radiale et l'une des agrafes lors de l'inclinaison radiale maximale, responsable d'une arthrose stylo-scaphoïdienne localisée. Roger et al. (1989) et Watson et al. (2003) dans leurs études respectives portant sur 93 et 800 patients, recommandaient la réalisation systématique d'une styloïdectomie lors la procédure chirurgicale. Au vu de nos constatations en 4DCT, nous pensons que cette étape de

résection de la pointe de la styloïde radiale pourrait prévenir, à terme, de l'arthrose stylo-scaphoïdienne.

De même, nous avons confirmé que toutes les suspicions radiographiques de protrusion de l'agrafe dans l'interligne scapho-capital s'avérait être positive en scanographie. Cette protrusion était alors systématiquement responsable d'une arthrose focale scapho-capitale. La mise en évidence de cette dernière n'était pas dépendante de la position du poignet lors du mouvement DRU. Ainsi, il paraît indispensable de ne pas surestimer la longueur des agrafes afin de préserver l'interligne articulaire scapho-capital. Le retrait du matériel d'ostéosynthèse, en cas de conflit ou de protrusion ostéo-articulaire, pourrait également être une option à prendre en considération.

Le 4DCT a également été d'un intérêt dans l'analyse de l'interligne articulaire luno-capital.

En effet, chez nos huit patientes, aucune suspicion d'atteinte dégénérative n'était évoquée lors de l'analyse radiographique. Le 4DCT a pourtant révélé deux cas d'arthrose luno-capitale. Ces atteintes étaient systématiquement localisées, avec une prédominance dorsale, et préférentiellement visualisées lors des positions d'inclinaisons maximales du poignet.

Enfin, alors qu'une seule patiente présentait un ALC radiographique supérieur à 15°, nous avons noté trois cas d'aspect en DISI du lunatum sur les coupes scanographiques sagittales. Aucun lien systématique avec une arthrose luno-capitale n'a pu être établi. Toutefois, chez ces patientes, les valeurs d'ALC<sub>moy</sub> et d'ALC<sub>max</sub> étaient les plus basses et inférieures à 70°, confirmant ainsi la déformation en DISI du lunatum. Goubier et al. (2006), dans leur série de 13 patients opérés d'une arthrodèse STT, ont rapporté une aggravation postopératoire de la bascule dorsale du lunatum dans 2 cas.

Au final, comparativement aux radiographies, le 4DCT a retrouvé une atteinte arthrosique stylo-scaphoïdienne dans 100% des cas (contre 38%), scapho-capitale dans 75% (contre 25%) et luno-capitale dans 25% (contre 0%).

L'interprétation des radiographies standards après une chirurgie d'arthrodèse STT est délicate du fait, d'une part, des phénomènes de superpositions osseuses et des artefacts dus au matériel d'ostéosynthèse, et d'autre part, des erreurs de mesure liées à la position du poignet (Larsen et al., 1991). Au vu de nos résultats, elle paraît insuffisante pour déceler une atteinte arthrosique débutante et pour vérifier le bon positionnement du matériel d'ostéosynthèse. Kalb et al. (2001), dans leur série portant sur 98 cas d'arthrodèse STT, retrouvaient 78% d'atteintes arthrosiques stylo-scaphoïdiennes localisées au scanner, contre 51% à la radiographie.

Plusieurs études soulignent l'intérêt du 4DCT dans l'évaluation diagnostique et pronostique des pathologies du carpe (Abou Arab et al., 2018 ; Athlani et al., 2020 ; Choi et al., 2013 ; Leng et al., 2011 ; Rauch et al., 2018 ; Zhao et al., 2015). Shores et al. (2013) l'utilisaient même pour évaluer en postopératoire l'efficacité d'une chirurgie de réparation ligamentaire au poignet.

Récemment, Abou Arab et al. (2018) et Rauch et al. (2018), ont rapporté l'intérêt du 4DCT dans le diagnostic d'instabilité scapho-lunaire grâce à l'analyse de la cinématique du couple osseux dans les mouvements de DRU et de PS. Leurs premiers résultats sont encourageants en termes de précision diagnostique. L'analyse dynamique de l'espace scapho-lunaire (SLG), des ARS et des ALC a montré des différences de mesure significatives chez les patients porteurs d'une instabilité scapho-lunaire versus un groupe témoin. Selon les auteurs, l'analyse du carpe dans les mouvements DRU offre de meilleures performances diagnostiques et une reproductibilité supérieure à celle de la manœuvre de PS. Athlani et al. (2020) allaient dans le même sens et précisaient que le 4DCT était également, par sa performance diagnostique, d'un réel intérêt chez les patients douteux d'instabilité scapho-lunaire à l'issue du bilan d'imagerie conventionnel. L'ensemble de ces auteurs insistait sur le caractère reproductible et quantitatif du 4DCT. Carr et al. (2018) dans leur étude, indiquaient que cet outil d'imagerie dynamique avait modifié dans 68% des cas le diagnostic radiographique initial, entraînant une adaptation de leur prise en charge chirurgicale dans 58% des cas.

Notre analyse des différentes valeurs des ARS et des ACL n'a pas permis de mettre en évidence des différences notables en fonction du type ou de la sévérité de l'arthrose retrouvée. Sur les 22 patients ayant bénéficiés d'une arthrodèse STT, seuls nos huit cas considérés en échec de la procédure à l'issue de notre analyse radiographique, ont eu un 4DCT. De ce fait, nous n'avons pas pu réaliser de comparaisons statistiques des valeurs angulaires entre le groupe de patients avec complications et celui sans. De même, n'ayant pas eu la justification à réaliser un 4DCT sur le poignet controlatéral chez nos 8 patientes incluses, aucune comparaison avec un poignet jugé sain, n'a pu être effectuée. Toutefois, une comparaison entre un poignet sans antécédent de chirurgie articulaire et un poignet opéré apparaîtrait inévitablement influencée par le caractère enraidissant induit par l'arthrotomie. Ce biais pourrait rendre l'analyse de la variation des ARS et des ALC lors du mouvement du poignet délicate. En revanche, il serait intéressant de réaliser une étude comparative en 4DCT entre notre technique chirurgicale d'arthrodèse STT et une technique chirurgicale de résection-interposition, selon la même voie d'abord.

Plusieurs limites à notre étude peuvent être énoncées. Premièrement, nous évoquons la petite taille de l'effectif ainsi que la véracité de notre critère d'inclusion principal, basé uniquement sur la persistance de douleurs au dernier recul et sur la suspicion radiographique d'une complication. Toutefois, cette cohorte pourra servir de base à la poursuite des inclusions, notamment en les étendant à l'ensemble des patients traités par notre technique d'arthrodèse STT, quelle que soit l'analyse radiographique initiale. Deuxièmement, les mesures angulaires étaient réalisées uniquement lors des DRU, ne reflétant qu'une partie des mouvements du carpe. Une analyse incluant les mouvements de flexion-extension et de « lancé de fléchette » pourrait compléter notre étude et fournir des données pertinentes. Troisièmement, cette nouvelle modalité d'imagerie nécessite la formation du personnel médical et paramédical ainsi qu'un apprentissage de la part du patient pour effectuer correctement le mouvement de DRU selon une séquence précise. Un déplacement trop rapide produirait des artefacts de mouvement, nuisibles à l'analyse ; inversement, un déplacement trop lent risquerait d'empêcher l'enregistrement complet des images en fin d'acquisition. Quatrièmement, l'arthrodèse STT pourrait limiter l'amplitude du mouvement DRU et ainsi diminuer la performance diagnostique du 4DCT. Or, dans notre série, l'amplitude moyenne était de  $46^{\circ} \pm 16$ , soit dans la lignée de celles des autres études utilisant le même protocole et la même machine d'acquisition (Abou Arab et al., 2018 ; Athlani et al., 2020 ; Rauch et al., 2018). Dernièrement, il est important de signaler que le 4DCT reste un examen irradiant. Il est toutefois considéré comme un examen à faible dose d'irradiation (évaluée  $< 0,02\text{mSv}$ ), malgré son caractère dynamique.

## 5. Conclusion

Le scanner dynamique 4D est un examen réalisable en pratique courante et performant dans l'analyse cinématique du carpe en pré et postopératoire. De par la qualité de sa résolution spatiale et temporelle, cet examen d'imagerie nous a permis de confirmer et d'affiner, chez nos 8 patientes, les causes d'échecs de notre procédure d'arthrodèse STT.

L'analyse en mouvement des espaces articulaires radio- et médio-carpiens a rendu possible la mise en évidence d'atteintes arthrosiques minimales et focales stylo-scaphoïdiennes et/ou médio-carpiennes, non systématiquement décelées en radiographie standard.

L'analyse scanographique lors du mouvement de DRU semble appuyer la nécessité d'une styloïdectomie de principe, afin d'éviter tout contact entre la pointe de la styloïde radiale et l'agrafe, qui peut être source de dégénérescence arthrosique à moyen et à long terme. Le retrait du matériel d'ostéosynthèse pourrait également s'avérer utile, en cas de conflit styloïde-agrafe identifié ou encore en cas de protrusion de la partie proximale de l'agrafe dans l'interligne articulaire scapho-capital. Il pourrait ainsi prévenir des atteintes arthrosiques localisées que nous avons constatées dans notre série.

Malgré tout, pour pouvoir confirmer nos résultats, une poursuite des inclusions étendues à l'ensemble des patients ayant bénéficié d'une arthrodèse STT serait d'un réel intérêt.

## 6. Références de la troisième partie

- Abou Arab W, Rauch A, Chawki MB et al. Scapholunate instability: improved detection with semi-automated kinematic CT analysis during stress maneuvers. *Eur Radiol.* 2018, 28: 4397-4406.
- Athlani L, Rouizi K, Granero J et al. Assessment of scapholunate instability with dynamic computed tomography. *J Hand Surg Eur Vol.* 2020, 45: 375-382.
- Carr R, MacLean S, Slavotinek J, Bain GI. Four-dimensional computed tomography scanning for dynamic wrist disorders: prospective analysis and recommendations for clinical utility. *J Wrist Surg.* 2019, 8: 161-67.
- Choi YS, Lee YH, Kim S, Cho HW, Song HT, Suh JS. Four-dimensional real-time cine images of wrist joint kinematics using dual source CT with minimal time increment scanning. *Yonsei Med J.* 2013, 54: 1026.
- Cholley-Roulleau M, Dap F, Dautel G, Athlani L. Scapho-trapezio-trapezoid arthrodesis for isolated osteoarthritis: results after a mean follow-up of 8 years. *J Hand Surg Eur Vol.* Submission in progress
- Garcia-Elias M, Serrallach A, Serra JM. Dart-throwing motion in patients with scapholunate instability: a dynamic four-dimensional computed tomography study. *J Hand Surg Eur Vol.* 2014, 39 :346-52.
- Gondim Teixeira PA, De Verbizier J, Aptel S et al. Posterior radioscapoid 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, Jacquot A et al. Quantitative analysis of subtalar joint motion with 4D CT: proof of concept with cadaveric and healthy subject evaluation. *AJR Am J Roentgenol.* 2017, 208:150-158.
- Goubier JN, Bauer B, Alnot JY. Traitement de l'arthrose scaphotrapézotrapézoidienne isolée par arthrodèse scaphotrapézotrapézoidienne: une série de 13 cas. *Chir Main.* 2006, 25: 179-84.
- Halpenny D, Courtney K, Torreggiani WC. Dynamic four-dimensional 320 section CT and carpal bone injury - a description of a novel technique to diagnose scapholunate instability. *Clin Radiol.* 2012, 67: 185-7.
- Ishida O et Tsai TM. Complications and results of scapho-trapezio-trapezoid arthrodesis. *Clin Orthop Relat Res.* 1993, 287: 125-30.

- Kalb K, Fuchs V, Bartelmann U, Schmitt R, Landsleitner B. Erfahrungen mit der STT-arthrodese. Eine retrospektive auswertung. *Handchir Mikrochir Plast Chir.* 2001, 33: 181-88.
- Larsen CF, Mathiesen FK, Lindequist S. Measurement of carpal bone angles on lateral wrist radiographs. *J Hand Surg Am.* 1991, 16: 888-93.
- Leng S, Zhao K, Qu M, An KN, Berger R, McCollough CH. Dynamic CT technique for assessment of wrist joint instabilities: dynamic CT technique for wrist joint instabilities. *Med Phys.* 2011, 38: S50-56.
- Mat Jais IS et Tay SC. Kinematic analysis of the scaphoid using gated four-dimensional CT. *Clin Radiol.* 2017, 72: 794.e1-794.e9.
- Meier R, Prommersberger JK, Krimmer H. Teil-arthrodesen von skaphoid, trapezium und trapezoideum (STT-fusion). *Handchir Mikrochir Plast Chir.* 2003, 35: 323-27.
- Minami A, Hiroyuki K, Norimasa I. Scaphotrapeziotrapezoid fusion: long-term follow-up study. *J Orthop Sci.* 2003, 8: 319-22.
- Rauch A, Abou Arab W, Dap F, Dautel G, Blum A, Gondim Teixeira PA. Four-dimensional CT analysis of wrist kinematics during radioulnar deviation. *Radiology.* 2018, 289: 750-58.
- Rogers WD et Watson HK. Radial styloid impingement after triscaphe arthrodesis. *J Hand Surg Am.* 1989, 14: 297-301.
- Roo, MG, Muurling M, Dobbe JG, Brinkhorst ME, Streekstra GJ, Strackee SD. A four-dimensional-CT study of in vivo scapholunate rotation axes: possible implications for scapholunate ligament reconstruction. *J Hand Surg Eur Vol.* 2019, 44: 479-87.
- Schmitt R et Lanz U. *Diagnostic Imaging of the Hand (Eds).* Georg Thieme Verlag, Stuttgart, New York, 2008.
- Shores JT, Demehri S, Chhabra A. Kinematic “4 Dimensional” CT Imaging in the Assessment of wrist biomechanics before and after surgical repair. *Eplasty.* 2013, 13: e9.
- Watson HK, Wollstein R, Joseph E, Manzo R, Weinzweig J, Ashmead D. Scaphotrapeziotrapezoid arthrodesis: a follow-up study. *J Hand Surg Am.* 2003, 28: 397-404.
- Zhao K, Breighner R, Holmes D, Leng S, McCollough C, An KN. A technique for quantifying wrist motion using four-dimensional computed tomography: approach and validation. *J Biomech.* 2015, 137: 0745011-0745015.

---

**RÉSUMÉ DE LA THÈSE :**

**Introduction :** L'objectif de cette étude rétrospective était de rapporter les résultats de l'arthrodèse scapho-trapézo-trapézoïdienne (STT) avec fixation par agrafes dans le traitement de l'arthrose isolée sur une cohorte de 21 patients (22 poignets).

**Matériel et méthode :** Entre 2000 et 2018, 21 patients (17 femmes, 4 hommes), d'âge moyen 61 ans (41-80 ans), ayant bénéficié d'une arthrodèse STT avec fixation par agrafes, ont été revus. Ils présentaient une arthrose STT isolée avancée non soulagée par le traitement médical. Tous les patients ont été opérés dans le même centre chirurgical et par le même opérateur. Ils ont été revus par un observateur indépendant qui a réalisé les évaluations cliniques et radiographiques.

**Résultats :** Au recul moyen de 8 ans (2-20 ans), les douleurs étaient significativement diminuées et les scores fonctionnels significativement améliorés. La force de poigne et de la pince pouce-index était restaurée à plus de 80% comparativement au côté controlatéral. Les amplitudes articulaires du poignet en flexion-extension et en déviation radio-ulnaire étaient significativement inférieures à celles du côté opposé (104° versus 131° et 38° versus 55°). Nous avons retrouvé quatre cas de pseudarthroses (18%), dont deux ayant nécessité une reprise chirurgicale pour des symptômes persistants. Un autre patient, sans pseudarthrose associée, a dû être réopéré devant des douleurs secondaires à la migration d'une agrafe. Nous avons retrouvé huit cas (36%) de pincements stylo-scaphoïdiens et chacun d'entre eux présentait un conflit entre la styloïde radiale et les agrafes. Quatre patients (18%) présentaient un pincement de l'interligne scapho-capital et chacun d'entre eux présentait une protrusion de la jambe proximale de l'agrafe dans cet interligne. Aucune différence significative n'a été retrouvée pour la mesure des angles radio-scaphoïdiens, luno-capitales et scapho-lunaires entre le pré et le postopératoire.

**Conclusion :** L'arthrodèse STT avec fixation par agrafes dans le traitement de l'arthrose isolée, au recul moyen de 8 ans, a montré une réduction significative des douleurs ainsi qu'une amélioration de la force et des scores fonctionnels. Nos résultats sont cohérents avec les études précédemment publiées.

---

**TITRE EN ANGLAIS :** Scapho-trapezio-trapezoid arthrodesis for isolated osteoarthritis: results after a mean follow-up of 8 years.

---

**THÈSE : MÉDECINE SPÉCIALISÉE** – Chirurgie Générale et Chirurgie Orthopédique-2020.

---

**MOTS CLÉS :** arthrodèse, arthrose, scapho-trapézo-trapézoïdienne, poignet

---

**INTITULÉ ET ADRESSE :**

Université de Lorraine  
Faculté de Médecine Nancy  
9 avenue de la forêt de Haye  
54505 VANDOEUVRE-LES-NANCY.

---