

UNIVERSITE DE STRASBOURG  
FACULTE DE MEDECINE DE STRASBOURG

ANNEE : 2019

N° : 91

THESE  
PRESENTEE POUR LE DIPLOME DE  
DOCTEUR EN MEDECINE

Diplôme d'Etat  
DES CHIRURGIE GENERALE

PAR

COLLINET ARNAUD

Né le 18 mai 1988 à Mulhouse

Titre de la Thèse

**Analyse des disques adjacents à une fracture A3 traitée par kyphoplastie et  
ostéosynthèse percutanée**

---

Président de thèse : Professeur Jean Paul STEIB

Directeur de thèse : Professeur Yann Philippe CHARLES

1  
**FACULTÉ DE MÉDECINE**  
(U.F.R. des Sciences Médicales)

Edition JUILLET 2019  
Année universitaire 2018-2019



- Président de l'Université M. DENEKEN Michel
- Doyen de la Faculté M. SIBILIA Jean
- Asseleur du Doyen (13.01.10 et 08.02.11) M. GOICHOT Bernard
- Doyens honoraires : (1976-1983) M. DORNER Marc
- (1983-1989) M. MANTZ Jean-Marie
- (1989-1994) M. VINCENDON Guy
- (1994-2001) M. GERLINGER Pierre
- (3.10.01-7.02.11) M. LUDES Bertrand
- Chargé de mission auprès du Doyen M. VICENTE Gilbert
- Responsable Administratif M. BITSCH Samuel

**HOPITAUX UNIVERSITAIRES  
DE STRASBOURG (HUS)**  
**Directeur général :**  
**M. GAUTIER Christophe**



**A1 - PROFESSEUR TITULAIRE DU COLLEGE DE FRANCE**

MANDEL Jean-Louis      Chaire "Génétique humaine" (à compter du 01.11.2003)

**A2 - MEMBRE SENIOR A L'INSTITUT UNIVERSITAIRE DE FRANCE (I.U.F.)**

BAHRAM Séiamak      Immunologie biologique (01.10.2013 au 31.09.2018)  
DOLLFUS Héliène      Génétique clinique (01.10.2014 au 31.09.2019)

**A3 - PROFESSEUR(E)S DES UNIVERSITÉS - PRATICIENS HOSPITALIERS (PU-PH)**

PO191

NOM et Prénoms	CS*	Services Hospitaliers ou Institut / Localisation	Sous-section du Conseil National des Universités
ADAM Philippe P0001	NRPô NCS	• Pôle de l'Appareil locomoteur - Service de chirurgie orthopédique et de Traumatologie / HP	50.02 Chirurgie orthopédique et traumatologique
AKLADIOS Cherif P0191	NRPô CS	• Pôle de Gynécologie-Obstétrique - Service de Gynécologie-Obstétrique/ HP	54.03 Gynécologie-Obstétrique ; gynécologie médicale Option : <b>Gynécologie-Obstétrique</b>
ANDRES Emmanuel P0002	NRPô CS	• Pôle de Médecine Interne, Rhumatologie, Nutrition, Endocrinologie, Diabétologie (MIRNED) - Service de Médecine Interne, Diabète et Maladies métaboliques / HC	53.01 Option : médecine Interne
ANHEIM Mathieu P0003	NRPô NCS	• Pôle Tête et Cou-CETD - Service de Neurologie / Hôpital de Hautepierre	49.01 Neurologie
ARNAUD Laurent P0186	NRPô NCS	• Pôle MIRNED - Service de Rhumatologie / Hôpital de Hautepierre	50.01 Rhumatologie
BACHELLIER Philippe P0004	RPô CS	• Pôle des Pathologies digestives, hépatiques et de la transplantation - Serv. de chirurgie générale, hépatique et endocrinienne et Transplantation / HP	53.02 Chirurgie générale
BAHRAM Seiamak P0005	NRPô CS	• Pôle de Biologie - Laboratoire d'Immunologie biologique / Nouvel Hôpital Civil Institut d'Hématologie et d'Immunologie / Hôpital Civil / Faculté	47.03 Immunologie (option biologique)
BALDAUF Jean-Jacques P0006	NRPô NCS	• Pôle de Gynécologie-Obstétrique - Service de Gynécologie-Obstétrique / Hôpital de Hautepierre	54.03 Gynécologie-Obstétrique ; gynécologie médicale Option : <b>Gynécologie-Obstétrique</b>
BAUMERT Thomas P0007	NRPô CU	• Pôle Hépato-digestif de l'Hôpital Civil - Unité d'Hépatologie - Service d'Hépato-Gastro-Entérologie / NHC	52.01 Gastro-entérologie ; <b>hépatologie</b> Option : hépatologie
Mme BEAU-FALLER Michèle M0007 / PO170	NRPô NCS	• Pôle de Biologie - Laboratoire de Biochimie et de Biologie moléculaire / HP	44.03 Biologie cellulaire (option biologique)
BEAUJEU Rémy P0008	NRPô Resp	• Pôle d'Imagerie - CME / Activités transversales • Unité de Neuroradiologie interventionnelle / Hôpital de Hautepierre	43.02 Radiologie et imagerie médicale (option clinique)
BECMEUR François P0009	RPô NCS	• Pôle médico-chirurgical de Pédiatrie - Service de Chirurgie Pédiatrique / Hôpital Hautepierre	54.02 Chirurgie infantile
BERNA Fabrice P0192	NRPô CS	• Pôle de Psychiatrie, Santé mentale et Addictologie - Service de Psychiatrie I / Hôpital Civil	49.03 Psychiatrie d'adultes ; Addictologie Option : <b>Psychiatrie d'Adultes</b>
BERTSCHY Gilles P0013	NRPô CS	• Pôle de Psychiatrie et de santé mentale - Service de Psychiatrie II / Hôpital Civil	49.03 Psychiatrie d'adultes
BIERRY Guillaume P0178	NRPô NCS	• Pôle d'Imagerie - Service d'Imagerie II - Neuroradiologie-imagerie ostéoarticulaire-Pédiatrie / Hôpital Hautepierre	43.02 Radiologie et Imagerie médicale (option clinique)
BILBAULT Pascal P0014	NRPô CS	• Pôle d'Urgences / Réanimations médicales / CAP - Service des Urgences médico-chirurgicales Adultes / Hôpital de Hautepierre	48.02 Réanimation ; <b>Médecine d'urgence</b> Option : médecine d'urgence
BODIN Frédéric P0187	NRPô NCS	• Pôle de Chirurgie Maxillo-faciale, morphologie et Dermatologie - Service de Chirurgie maxillo-faciale et réparatrice / Hôpital Civil	50.04 <b>Chirurgie Plastique, Reconstructrice et Esthétique</b> ; Brûlologie
Mme BOEHM-BURGER Nelly P0016	NCS	• Institut d'Histologie / Faculté de Médecine	42.02 Histologie, Embryologie et Cytogénétique (option biologique)
BONNOMET François P0017	NRPô CS	• Pôle de l'Appareil locomoteur - Service de Chirurgie orthopédique et de Traumatologie / HP	50.02 Chirurgie orthopédique et traumatologique
BOURCIER Tristan P0018	NRPô NCS	• Pôle de Spécialités médicales-Ophthalmologie / SMO - Service d'Ophthalmologie / Nouvel Hôpital Civil	55.02 Ophthalmologie
BOURGIN Patrice P0020	NRPô NCS	• Pôle Tête et Cou - CETD - Service de Neurologie / Hôpital Civil	49.01 Neurologie
Mme BRIGAND Cécile P0022	NRPô NCS	• Pôle des Pathologies digestives, hépatiques et de la transplantation - Service de Chirurgie générale et Digestive / HP	53.02 Chirurgie générale
BRUANT-RODIER Catherine P0023	NRPô CS	• Pôle de l'Appareil locomoteur - Service de Chirurgie Maxillo-faciale et réparatrice / Hôpital Civil	50.04 Option : chirurgie plastique, reconstructrice et esthétique

NOM et Prénoms	CS*	Services Hospitaliers ou Institut / Localisation	Sous-section du Conseil National des Universités
Mme CAILLARD-OHLMANN Sophie P0171	NRP6 NCS	• Pôle de Spécialités médicales-Ophtalmologie / SMO - Service de Néphrologie-Transplantation / NHC	52.03 Néphrologie
CANDOLFI Ermanno P0025	RP6 CS	• Pôle de Biologie - Laboratoire de Parasitologie et de Mycologie médicale / PTM HUS • Institut de Parasitologie / Faculté de Médecine	45.02 Parasitologie et mycologie (option biologique)
CASTELAIN Vincent P0027	NRP6 NCS	• Pôle Urgences - Réanimations médicales / Centre antipoison - Service de Réanimation médicale / Hôpital Hautepierre	48.02 Réanimation
CHAKFE Nabil P0029	NRP6 CS	• Pôle d'activité médico-chirurgicale Cardio-vasculaire - Service de Chirurgie Vasculaire et de transplantation rénale / NHC	51.04 Chirurgie vasculaire ; médecine vasculaire / Option : chirurgie vasculaire
CHARLES Yann-Philippe M0013 / P0172	NRP6 NCS	• Pôle de l'Appareil locomoteur - Service de Chirurgie du rachis / Chirurgie B / HC	50.02 Chirurgie orthopédique et traumatologique
Mme CHARLOUX Anne P0028	NRP6 NCS	• Pôle de Pathologie thoracique - Service de Physiologie et d'Explorations fonctionnelles / NHC	44.02 Physiologie (option biologique)
Mme CHARPIOT Anne P0030	NRP6 NCS	• Pôle Tête et Cou - CETD - Serv. d'Oto-rhino-laryngologie et de Chirurgie cervico-faciale / HP	55.01 Oto-rhino-laryngologie
CHELLY Jameleddine P0173	NRP6 CS	• Pôle de Biologie - Laboratoire de Diagnostic génétique / NHC	47.04 Génétique (option biologique)
Mme CHENARD-NEU Marie-Pierre P0041	NRP6 CS	• Pôle de Biologie - Service de Pathologie / Hôpital de Hautepierre	42.03 Anatomie et cytologie pathologiques (option biologique)
CLAVERT Philippe P0044	NRP6 CS	• Pôle de l'Appareil locomoteur - Service d'Orthopédie / CCOM d'Illkirch	42.01 Anatomie (option clinique, orthopédie traumatologique)
COLLANGE Olivier P0193	NRP6 NCS	• Pôle d'Anesthésie / Réanimations chirurgicales / SAMU-SMUR - Service d'Anesthésiologie-Réanimation Chirurgicale / NHC	48.01 Anesthésiologie-Réanimation ; Médecine d'urgence (option Anesthésiologie-Réanimation - Type clinique)
CRIBIER Bernard P0045	NRP6 CS	• Pôle d'Urologie, Morphologie et Dermatologie - Service de Dermatologie / Hôpital Civil	50.03 Dermato-Vénérologie
DANION Jean-Marie P0046	NRP6 NCS	• Pôle de Psychiatrie et de santé mentale - Service de Psychiatrie 1 / Hôpital Civil	49.03 Psychiatrie d'adultes
de BLAY de GAIX Frédéric P0048	RP6 CS	• Pôle de Pathologie thoracique - Service de Pneumologie / Nouvel Hôpital Civil	51.01 Pneumologie
DEBRY Christian P0049	NRP6 CS	• Pôle Tête et Cou - CETD - Serv. d'Oto-rhino-laryngologie et de Chirurgie cervico-faciale / HP	55.01 Oto-rhino-laryngologie
de SEZE Jérôme P0057	NRP6 NCS	• Pôle Tête et Cou - CETD - Service de Neurologie / Hôpital de Hautepierre	49.01 Neurologie
DERUELLE Philippe		• Pôle de Gynécologie-Obstétrique - Service de Gynécologie-Obstétrique / Hôpital de Hautepierre	54.03 Gynécologie-Obstétrique; gynécologie médicale: option gynécologie-obstétrique
DIEMUNSCH Pierre P0051	RP6 CS	• Pôle d'Anesthésie / Réanimations chirurgicales / SAMU-SMUR - Service d'Anesthésie-Réanimation Chirurgicale / Hôpital de Hautepierre	48.01 Anesthésiologie-réanimation (option clinique)
Mme DOLLFUS-WALTMANN Héléne P0054	NRP6 CS	• Pôle de Biologie - Service de Génétique Médicale / Hôpital de Hautepierre	47.04 Génétique (type clinique)
DUCLOS Bernard P0055	NRP6 CS	• Pôle des Pathologies digestives, hépatiques et de la transplantation - Service d'Hépatogastro-Entérologie et d'Assistance Nutritive / HP	52.01 Option : Gastro-entérologie
DUFOUR Patrick (5) (7) P0056	S/nb Cons	• Centre Régional de Lutte contre le cancer Paul Strauss (convention)	47.02 Option : Cancérologie clinique
EHLINGER Mathieu P0188	NRP6 NCS	• Pôle de l'Appareil Locomoteur - Service de Chirurgie Orthopédique et de Traumatologie/Hôpital de Hautepierre	50.02 Chirurgie Orthopédique et Traumatologique
Mme ENTZ-WERLE Natacha P0059	NRP6 NCS	• Pôle médico-chirurgical de Pédiatrie - Service de Pédiatrie III / Hôpital de Hautepierre	54.01 Pédiatrie
Mme FACCA Sybille P0179	NRP6 NCS	• Pôle de l'Appareil locomoteur - Service de la Main et des Nerfs périphériques / CCOM Illkirch	50.02 Chirurgie orthopédique et traumatologique
Mme FAFI-KREMER Samira P0060	NRP6 CS	• Pôle de Biologie - Laboratoire (Institut) de Virologie / PTM HUS et Faculté	45.01 Bactériologie-Virologie ; Hygiène Hospitalière Option Bactériologie-Virologie biologique
FALCOZ Pierre-Emmanuel P0052	NRP6 NCS	• Pôle de Pathologie thoracique - Service de Chirurgie Thoracique / Nouvel Hôpital Civil	51.03 Chirurgie thoracique et cardio-vasculaire
GANGI Afshin P0062	RP6 CS	• Pôle d'Imagerie - Service d'Imagerie A interventionnelle / Nouvel Hôpital Civil	43.02 Radiologie et imagerie médicale (option clinique)
GAUCHER David P0063	NRP6 NCS	• Pôle des Spécialités Médicales - Ophtalmologie / SMO - Service d'Ophtalmologie / Nouvel Hôpital Civil	55.02 Ophtalmologie
GENY Bernard P0064	NRP6 CS	• Pôle de Pathologie thoracique - Service de Physiologie et d'Explorations fonctionnelles / NHC	44.02 Physiologie (option biologique)
GEORG Yannick		• Pôle d'activité médico-chirurgicale Cardio-vasculaire - Service de Chirurgie Vasculaire et de transplantation rénale / NHC	51.04 Chirurgie vasculaire ; médecine vasculaire / Option : chirurgie vasculaire
GICQUEL Philippe P0065	NRP6 CS	• Pôle médico-chirurgical de Pédiatrie - Service de Chirurgie Pédiatrique / Hôpital Hautepierre	54.02 Chirurgie infantile
GOICHOT Bernard P0066	RP6 CS	• Pôle de Médecine Interne, Rhumatologie, Nutrition, Endocrinologie, Diabétologie (MIRNED) - Service de Médecine interne et de nutrition / HP	54.04 Endocrinologie, diabète et maladies métaboliques
Mme GONZALEZ Maria P0067	NRP6 CS	• Pôle de Santé publique et santé au travail - Service de Pathologie Professionnelle et Médecine du Travail / HC	46.02 Médecine et santé au travail Travail

NOM et Prénoms	CS*	Services Hospitaliers ou Institut / Localisation	Sous-section du Conseil National des Universités
GOTTENBERG Jacques-Eric P0068	NRPô CS	• Pôle de Médecine Interne, Rhumatologie, Nutrition, Endocrinologie, Diabétologie (MIRNED) - Service de Rhumatologie / Hôpital Hautepierre	50.01 Rhumatologie
HANNEDOUCHE Thierry P0071	NRPô CS	• Pôle de Spécialités médicales - Ophtalmologie / SMO - Service de Néphrologie - Dialyse / Nouvel Hôpital Civil	52.03 Néphrologie
HANSMANN Yves P0072	NRPô CS	• Pôle de Spécialités médicales - Ophtalmologie / SMO - Service des Maladies infectieuses et tropicales / Nouvel Hôpital Civil	45.03 Option : Maladies infectieuses
HERBRECHT Raoul P0074	RPô NCS	• Pôle d'Oncolo-Hématologie - Service d'hématologie et d'Oncologie / Hôp. Hautepierre	47.01 <b>Hématologie</b> ; Transfusion
HIRSCH Edouard P0075	NRPô NCS	• Pôle Tête et Cou - CETD - Service de Neurologie / Hôpital de Hautepierre	49.01 Neurologie
IMPERIALE Alessio P0194	NRPô NCS	• Pôle d'Imagerie - Service de Biophysique et de Médecine nucléaire/Hôpital de Hautepierre	43.01 Biophysique et médecine nucléaire
ISNER-HOROBETI Marie-Eve P0189		• Pôle de Médecine Physique et de Réadaptation - Institut Universitaire de Réadaptation / Clémenceau	49.05 <b>Médecine Physique et Réadaptation</b>
JAUHAC Benoît P0078	NRPô CS	• Pôle de Biologie - Institut (Laboratoire) de Bactériologie / PTM HUS et Faculté de Méd.	45.01 Option : <b>Bactériologie</b> -virologie (biologique)
Mme JEANDIDIER Nathalie P0079	NRPô CS	• Pôle de Médecine Interne, Rhumatologie, Nutrition, Endocrinologie, Diabétologie (MIRNED) - Service d'Endocrinologie, diabète et nutrition / HC	54.04 Endocrinologie, diabète et maladies métaboliques
Mme JESEL-MOREL Laurence		• Pôle d'activité médico-chirurgicale Cardio-vasculaire - Service de Cardiologie / Nouvel Hôpital Civil	51.02 Cardiologie
KALTENBACH Georges P0081	RPô CS	• Pôle de Gériatrie - Service de Médecine Interne - Gériatrie / Hôpital de la Robertsau	53.01 Option : gériatrie et biologie du vieillissement
KEMPF Jean-François P0083	RPô CS	• Pôle de l'Appareil locomoteur - Centre de Chirurgie Orthopédique et de la Main-CCOM / Illkirch	50.02 Chirurgie orthopédique et traumatologique
Mme KESSLER Laurence P0084	NRPô NCS	• Pôle de Médecine Interne, Rhumatologie, Nutrition, Endocrinologie, Diabétologie (MIRNED) - Service d'Endocrinologie, Diabète, Nutrition et Addictologie / Méd. B / HC	54.04 Endocrinologie, diabète et maladies métaboliques
KESSLER Romain P0085	NRPô NCS	• Pôle de Pathologie thoracique - Service de Pneumologie / Nouvel Hôpital Civil	51.01 Pneumologie
KINDO Michel P0195	NRPô NCS	• Pôle d'activité médico-chirurgicale Cardio-vasculaire - Service de Chirurgie Cardio-vasculaire / Nouvel Hôpital Civil	51.03 Chirurgie thoracique et cardio-vasculaire
KOPFERSCHMITT Jacques P0086	NRPô NCS	• Pôle Urgences - Réanimations médicales / Centre antipoison - Service d'Urgences médico-chirurgicales adultes/Nouvel Hôpital Civil	48.04 Thérapeutique (option clinique)
Mme KORGANOW Anne-Sophie P0087	NRPô CS	• Pôle de Spécialités médicales - Ophtalmologie / SMO - Service de Médecine Interne et d'Immunologie Clinique / NHC	47.03 Immunologie (option clinique)
KREMER Stéphane M0038 / P0174	NRPô CS	• Pôle d'Imagerie - Service Imagerie 2 - Neuroradio Ostéoarticulaire - Pédiatrie / HP	43.02 Radiologie et imagerie médicale (option clinique)
KUHN Pierre P0175	NRPô NCS	• Pôle médico-chirurgical de Pédiatrie - Service de Néonatalogie et Réanimation néonatale (Pédiatrie II) / Hôpital de Hautepierre	54.01 Pédiatrie
KURTZ Jean-Emmanuel P0089	NRPô CS	• Pôle d'Onco-Hématologie - Service d'hématologie et d'Oncologie / Hôpital Hautepierre	47.02 Option : Cancérologie (clinique)
Mme LALANNE-TONGIO Laurence		• Pôle de Psychiatrie et de santé mentale - Service de Psychiatrie I / Hôpital Civil	49.03 Psychiatrie d'adultes
LANG Hervé P0090	NRPô NCS	• Pôle de Chirurgie plastique reconstructrice et esthétique, Chirurgie maxillo-faciale, Morphologie et Dermatologie - Service de Chirurgie Urologique / Nouvel Hôpital Civil	52.04 Urologie
LANGER Bruno P0091	RPô NCS	• Pôle de Gynécologie-Obstétrique - Service de Gynécologie-Obstétrique / Hôpital de Hautepierre	54.03 <b>Gynécologie-Obstétrique</b> ; gynécologie médicale : option gynécologie-Obstétrique
LAUGEL Vincent P0092	NRPô CS	• Pôle médico-chirurgical de Pédiatrie - Service de Pédiatrie 1 / Hôpital Hautepierre	54.01 Pédiatrie
LE MINOR Jean-Marie P0190	NRPô NCS	• Pôle d'Imagerie - Institut d'Anatomie Normale / Faculté de Médecine - Service de Neuroradiologie, d'imagerie Ostéoarticulaire et interventionnelle/ Hôpital de Hautepierre	42.01 <b>Anatomie</b>
LIPSKER Dan P0093	NRPô NCS	• Pôle de Chirurgie plastique reconstructrice et esthétique, Chirurgie maxillo-faciale, Morphologie et Dermatologie - Service de Dermatologie / Hôpital Civil	50.03 Dermato-vénéréologie
LIVERNEAUX Philippe P0094	NRPô CS	• Pôle de l'Appareil locomoteur - Service de Chirurgie de la main - CCOM / Illkirch	50.02 Chirurgie orthopédique et traumatologique
MALOUF GABRIEL		• Pôle d'Onco-hématologie - Service d'hématologie et d'Oncologie / Hôpital de Hautepierre	47.01 Hématologie: transfusion
MARESCAUX Christian (5) P0097	NRPô NCS	• Pôle Tête et Cou - CETD -Service de Neurologie / Hôpital de Hautepierre	49.01 Neurologie
MARK Manuel P0098	NRPô NCS	• Pôle de Biologie - Laboratoire de Cytogénétique, Cytologie et Histologie quantitative / Hôpital de Hautepierre	54.05 Biologie et médecine du développement et de la reproduction (option biologique)
MARTIN Thierry P0099	NRPô NCS	• Pôle de Spécialités médicales - Ophtalmologie / SMO - Service de Médecine Interne et d'Immunologie Clinique / NHC	47.03 Immunologie (option clinique)

NOM et Prénoms	CS*	Services Hospitaliers ou Institut / Localisation	Sous-section du Conseil National des Universités	
MASSARD Gilbert P0100	NRP6 NCS	• Pôle de Pathologie thoracique - Service de Chirurgie Thoracique / Nouvel Hôpital Civil	51.03	Chirurgie thoracique et cardio-vasculaire
Mme MATHELIN Carole P0101	NRP6 NCS	• Pôle de Gynécologie-Obstétrique - Unité de Sénologie - Hôpital Civil	54.03	<u>Gynécologie-Obstétrique</u> ; Gynécologie Médicale
MAUVIEUX Laurent P0102	NRP6 CS	• Pôle d'Onco-Hématologie - Laboratoire d'Hématologie Biologique - Hôpital de Haute-pierre • Institut d'Hématologie / Faculté de Médecine	47.01	<u>Hématologie</u> ; Transfusion Option Hématologie Biologique
MAZZUCOTELLI Jean-Philippe P0103	RP6 CS	• Pôle d'activité médico-chirurgicale Cardio-vasculaire - Service de Chirurgie Cardio-vasculaire / Nouvel Hôpital Civil	51.03	Chirurgie thoracique et cardio-vasculaire
MERTES Paul-Michel P0104	NRP6 CS	• Pôle d'Anesthésiologie / Réanimations chirurgicales / SAMU-SMUR - Service d'Anesthésiologie-Réanimation chirurgicale / Nouvel Hôpital Civil	48.01	Option : Anesthésiologie-Réanimation (type mixte)
MEYER Nicolas P0105	NRP6 NCS	• Pôle de Santé publique et Santé au travail - Laboratoire de Biostatistiques / Hôpital Civil • Biostatistiques et Informatique / Faculté de médecine / Hôpital Civil	46.04	Biostatistiques, Informatique Médicale et Technologies de Communication (option biologique)
MEZIANI Ferhat P0106	NRP6 NCS	• Pôle Urgences - Réanimations médicales / Centre antipoison - Service de Réanimation Médicale / Nouvel Hôpital Civil	48.02	Réanimation
MONASSIER Laurent P0107	NRP6 CS	• Pôle de Pharmacie-pharmacologie • Unité de Pharmacologie clinique / Nouvel Hôpital Civil	48.03	Option : Pharmacologie fondamentale
MOREL Olivier P0108	NRP6 NCS	• Pôle d'activité médico-chirurgicale Cardio-vasculaire - Service de Cardiologie / Nouvel Hôpital Civil	51.02	Cardiologie
MOULIN Bruno P0109	NRP6 CS	• Pôle de Spécialités médicales - Ophtalmologie / SMO - Service de Néphrologie - Transplantation / Nouvel Hôpital Civil	52.03	Néphrologie
MUTTER Didier P0111	RP6 CS	• Pôle Hépato-digestif de l'Hôpital Civil - Service de Chirurgie Digestive / NHC	52.02	Chirurgie digestive
NAMER Izzie Jacques P0112	NRP6 CS	• Pôle d'Imagerie - Service de Biophysique et de Médecine nucléaire / Haute-pierre / NHC	43.01	Biophysique et médecine nucléaire
NISAND Israël P0113	NRP6 NCS	• Pôle de Gynécologie-Obstétrique - Service de Gynécologie Obstétrique / Hôpital de Haute-pierre	54.03	<u>Gynécologie-Obstétrique</u> ; gynécologie médicale - option gynécologie-Obstétrique
NOEL Georges P0114	NCS	• Centre Régional de Lutte Contre le Cancer Paul Strauss (par convention) - Département de radiothérapie	47.02	Cancérologie ; <u>Radiothérapie</u> Option Radiothérapie biologique
OHLMANN Patrick P0115	NRP6 CS	• Pôle d'activité médico-chirurgicale Cardio-vasculaire - Service de Cardiologie / Nouvel Hôpital Civil	51.02	Cardiologie
Mme OLLAND Anne		• Pôle d'activité médico-chirurgicale Cardio-vasculaire - Service de Chirurgie thoracique / Nouvel Hôpital Civil	51.03	Chirurgie thoracique et cardio-vasculaire
Mme PAILLARD Catherine P0180	NRP6 CS	• Pôle médico-chirurgicale de Pédiatrie - Service de Pédiatrie III / Hôpital de Haute-pierre	54.01	Pédiatrie
PELACCIA Thierry		• Pôle d'Anesthésie / Réanimation chirurgicales / SAMU-SMUR - Service SAMU/SMUR	48.02	Réanimation et anesthésiologie Option : Médecine d'urgences
Mme PERRETTA Silvana P0117	NRP6 NCS	• Pôle Hépato-digestif de l'Hôpital Civil - Service d'Urgence, de Chirurgie Générale et Endocrinienne / NHC	52.02	Chirurgie digestive
PESSAUX Patrick P0118	NRP6 NCS	• Pôle des Pathologies digestives, hépatiques et de la transplantation - Service d'Urgence, de Chirurgie Générale et Endocrinienne / NHC	53.02	Chirurgie Générale
PETIT Thierry P0119	CDp	• Centre Régional de Lutte Contre le Cancer - Paul Strauss (par convention) - Département de médecine oncologique	47.02	<u>Cancérologie</u> ; Radiothérapie Option : Cancérologie Clinique
PIVOT Xavier		• Centre Régional de Lutte Contre le Cancer - Paul Strauss (par convention) - Département de médecine oncologique	47.02	<u>Cancérologie</u> ; Radiothérapie Option : Cancérologie Clinique
POTTECHER Julien P0181	NRP6 NCS	• Pôle d'Anesthésie / Réanimations chirurgicales / SAMU-SMUR - Service d'Anesthésie et de Réanimation Chirurgicale / Hôpital de Haute-pierre	48.01	<u>Anesthésiologie-réanimation</u> ; Médecine d'urgence (option clinique)
PRADIGNAC Alain P0123	NRP6 NCS	• Pôle de Médecine Interne, Rhumatologie, Nutrition, Endocrinologie, Diabétologie (MIRNED) - Service de Médecine interne et nutrition / HP	44.04	Nutrition
PROUST François P0182	NRP6 CS	• Pôle Tête et Cou - Service de Neurochirurgie / Hôpital de Haute-pierre	49.02	Neurochirurgie
Mme QUOIX Elisabeth P0124	NRP6 CS	• Pôle de Pathologie thoracique - Service de Pneumologie / Nouvel Hôpital Civil	51.01	Pneumologie
Pr RAUL Jean-Sébastien P0125	NRP6 CS	• Pôle de Biologie - Service de Médecine Légale, Consultation d'Urgences médico-judiciaires et Laboratoire de Toxicologie / Faculté et NHC • Institut de Médecine Légale / Faculté de Médecine	46.03	Médecine Légale et droit de la santé
REIMUND Jean-Marie P0126	NRP6 NCS	• Pôle des Pathologies digestives, hépatiques et de la transplantation - Service d'Hépto-Gastro-Entérologie et d'Assistance Nutritive / HP	52.01	Option : Gastro-entérologie
Pr RICCI Roméo P0127	NRP6 NCS	• Pôle de Biologie - Laboratoire de Biochimie et de Biologie moléculaire / HP	44.01	Biochimie et biologie moléculaire
ROHR Serge P0128	NRP6 CS	• Pôle des Pathologies digestives, hépatiques et de la transplantation - Service de Chirurgie générale et Digestive / HP	53.02	Chirurgie générale
Mme ROSSIGNOL -BERNARD Sylvie P0196	NRP6 CS	• Pôle médico-chirurgical de Pédiatrie - Service de Pédiatrie I / Hôpital de Haute-pierre	54.01	Pédiatrie

NOM et Prénoms	CS*	Services Hospitaliers ou Institut / Localisation	Sous-section du Conseil National des Universités	
ROUL Gérard P0129	NRP6 NCS	• Pôle d'activité médico-chirurgicale Cardio-vasculaire - Service de Cardiologie / Nouvel Hôpital Civil	51.02	Cardiologie
Mme ROY Catherine P0140	NRP6 CS	• Pôle d'Imagerie - Serv. d'Imagerie B - Imagerie viscérale et cardio-vasculaire / NHC	43.02	Radiologie et imagerie médicale (opt clinique)
SAUDER Philippe P0142	NRP6 CS	• Pôle Urgences - Réanimations médicales / Centre antipoison - Service de Réanimation médicale / Nouvel Hôpital Civil	48.02	Réanimation
SAUER Arnaud P0183	NRP6 NCS	• Pôle de Spécialités médicales - Ophtalmologie / SMO - Service d'Ophtalmologie / Nouvel Hôpital Civil	55.02	Ophtalmologie
SAULEAU Erik-André P0184	NRP6 NCS	• Pôle de Santé publique et Santé au travail - Laboratoire de Biostatistiques / Hôpital Civil • Biostatistiques et Informatique / Faculté de médecine / HC	46.04	Biostatistiques, Informatique médicale et Technologies de Communication (option biologique)
SAUSSINE Christian P0143	RP6 CS	• Pôle d'Urologie, Morphologie et Dermatologie - Service de Chirurgie Urologique / Nouvel Hôpital Civil	52.04	Urologie
SCHNEIDER Francis P0144	RP6 CS	• Pôle Urgences - Réanimations médicales / Centre antipoison - Service de Réanimation médicale / Hôpital de Haute-pierre	48.02	Réanimation
Mme SCHRÖDER Carmen P0185	NRP6 CS	• Pôle de Psychiatrie et de santé mentale - Service de Psychothérapie pour Enfants et Adolescents / Hôpital Civil	49.04	<b>Pédopsychiatrie</b> ; Addictologie
SCHULTZ Philippe P0145	NRP6 NCS	• Pôle Tête et Cou - CETD - Serv. d'Oto-rhino-laryngologie et de Chirurgie cervico-faciale / HP	55.01	Oto-rhino-laryngologie
SERFATY Lawrence P0197	NRP6 NCS	• Pôle des Pathologies digestives, hépatiques et de la transplantation - Service d'Hépatogastro-Entérologie et d'Assistance Nutritive / HP	52.01	Gastro-entérologie ; Hépatologie ; Addictologie Option : <b>Hépatologie</b>
SIBILIA Jean P0146	NRP6 NCS	• Pôle de Médecine Interne, Rhumatologie, Nutrition, Endocrinologie, Diabétologie (MIRNED) - Service de Rhumatologie / Hôpital Haute-pierre	50.01	Rhumatologie
Mme SPEEG-SCHATZ Claude P0147	RP6 CS	• Pôle de Spécialités médicales - Ophtalmologie / SMO - Service d'Ophtalmologie / Nouvel Hôpital Civil	55.02	Ophtalmologie
STEIB Jean-Paul P0149	NRP6 CS	• Pôle de l'Appareil locomoteur - Service de Chirurgie du rachis / Hôpital Civil	50.02	Chirurgie orthopédique et traumatologique
STEPHAN Dominique P0150	NRP6 CS	• Pôle d'activité médico-chirurgicale Cardio-vasculaire - Service des Maladies vasculaires - HTA - Pharmacologie clinique / Nouvel Hôpital Civil	51.04	Option : Médecine vasculaire
THAVEAU Fabien P0152	NRP6 NCS	• Pôle d'activité médico-chirurgicale Cardio-vasculaire - Service de Chirurgie vasculaire et de transplantation rénale / NHC	51.04	Option : Chirurgie vasculaire
Mme TRANCHANT Christine P0153	NRP6 CS	• Pôle Tête et Cou - CETD - Service de Neurologie / Hôpital de Haute-pierre	49.01	Neurologie
VEILLON Francis P0155	NRP6 CS	• Pôle d'Imagerie - Service d'Imagerie 1 - Imagerie viscérale, ORL et mammaire / Hôpital Haute-pierre	43.02	Radiologie et imagerie médicale (option clinique)
VELTEN Michel P0156	NRP6 NCS  CS	• Pôle de Santé publique et Santé au travail - Département de Santé Publique / Secteur 3 - Epidémiologie et Economie de la Santé / Hôpital Civil • Laboratoire d'Epidémiologie et de santé publique / HC / Fac de Médecine • Centre de Lutte contre le Cancer Paul Strauss - Serv. Epidémiologie et de biostatistiques	46.01	Epidémiologie, économie de la santé et prévention (option biologique)
VETTER Denis P0157	NRP6 NCS	• Pôle de Médecine Interne, Rhumatologie, Nutrition, Endocrinologie, Diabétologie (MIRNED) - Service de Médecine Interne, Diabète et Maladies métaboliques/HC	52.01	Option : Gastro-entérologie
VIDAILHET Pierre P0158	NRP6 NCS	• Pôle de Psychiatrie et de santé mentale - Service de Psychiatrie I / Hôpital Civil	49.03	Psychiatrie d'adultes
VIVILLE Stéphane P0159	NRP6 NCS	• Pôle de Biologie - Laboratoire de Parasitologie et de Pathologies tropicales / Fac. de Médecine	54.05	Biologie et médecine du développement et de la reproduction (option biologique)
VOGEL Thomas P0160	NRP6 CS	• Pôle de Gériatrie - Service de soins de suite et réadaptations gériatriques / Hôpital de la Robertsau	51.01	Option : Gériatrie et biologie du vieillissement
WEBER Jean-Christophe Pierre P0162	NRP6 CS	• Pôle de Spécialités médicales - Ophtalmologie / SMO - Service de Médecine Interne / Nouvel Hôpital Civil	53.01	Option : Médecine Interne
WOLF Philippe P0164	NRP6 NCS	• Pôle des Pathologies digestives, hépatiques et de la transplantation - Service de Chirurgie Générale et de Transplantations multiorganes / HP - Coordonnateur des activités de prélèvements et transplantations des HU	53.02	Chirurgie générale
Mme WOLFF Valérie		• Pôle Tête et Cou - Service de Neurochirurgie / Hôpital de Haute-pierre	49.01	Neurologie

NOM et Prénoms	CS*	Services Hospitaliers ou Institut / Localisation	Sous-section du Conseil National des Universités
----------------	-----	--	--

HC : Hôpital Civil - HP : Hôpital de Haute-pierre - NHC : Nouvel Hôpital Civil  
 \* : CS (Chef de service) ou NCS (Non Chef de service hospitalier) Cspi : Chef de service par intérim CSp : Chef de service provisoire (un an)  
 CU : Chef d'unité fonctionnelle  
 Pô : Pôle RPô (Responsable de Pôle) ou NRPô (Non Responsable de Pôle)  
 Cons. : Consultanat hospitalier (poursuite des fonctions hospitalières sans chefferie de service) Dir : Directeur  
 (1) En surnombre universitaire jusqu'au 31.08.2018 (7) Consultant hospitalier (pour un an) éventuellement renouvelable --> 31.08.2017  
 (3) (8) Consultant hospitalier (pour une 2ème année) --> 31.08.2017  
 (5) En surnombre universitaire jusqu'au 31.08.2019 (9) Consultant hospitalier (pour une 3ème année) --> 31.08.2017  
 (6) En surnombre universitaire jusqu'au 31.08.2017

#### A4 - PROFESSEUR ASSOCIE DES UNIVERSITES

HABERSETZER François	CS	Pôle Hépatodigestif 4190 Service de Gastro-Entérologie - NHC	52.01	Gastro-Entérologie
CALVEL Laurent	NRPô CS	Pôle Spécialités médicales - Ophtalmologie / SMO Service de Soins palliatifs / NHC	55.02	Ophtalmologie
SALVAT Eric		Centre d'Evaluation et de Traitement de la Douleur		

<b>MO112</b>	<b>B1 - MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES - PRATICIENS HOSPITALIERS (MCU-PH)</b>		
--------------	---	--	--

NOM et Prénoms	CS*	Services Hospitaliers ou Institut / Localisation	Sous-section du Conseil National des Universités
AGIN Arnaud M0001		• Pôle d'Imagerie - Service de Biophysique et de Médecine nucléaire/Hôpital de HautePierre	43.01 Biophysique et Médecine nucléaire
Mme ANTAL Maria Cristina M0003		• Pôle de Biologie - Service de Pathologie / HautePierre • Faculté de Médecine / Institut d'Histologie	42.02 Histologie, Embryologie et Cytogénétique (option biologique)
Mme ANTONI Delphine M0109		• Centre de lutte contre le cancer Paul Strauss	47.02 Cancérologie ; Radiothérapie
ARGEMI Xavier M0112		• Pôle de Spécialités médicales - Ophtalmologie / SMO - Service des Maladies infectieuses et tropicales / Nouvel Hôpital Civil	45.03 Maladies infectieuses ; Maladies tropicales Option : <b>Maladies infectieuses</b>
Mme AYME-DIETRICH Estelle		• Pôle de Pharmacologie - Unité de Pharmacologie clinique / NHC	48.03 Option: pharmacologie fondamentale
Mme BARNIG Cindy M0110		• Pôle de Pathologie thoracique - Service de Physiologie et d'Explorations Fonctionnelles / NHC	44.02 <b>Physiologie</b>
Mme BIANCALANA Valérie M0008		• Pôle de Biologie - Laboratoire de Diagnostic Génétique / Nouvel Hôpital Civil	47.04 Génétique (option biologique)
BLONDET Cyrille M0091		• Pôle d'Imagerie - Service de Biophysique et de Médecine nucléaire/Hôpital de HautePierre	43.01 Biophysique et médecine nucléaire
BONNEMAINS Laurent M0099		• Pôle d'activité médico-chirurgicale Cardio-vasculaire - Service de Chirurgie cardio-vasculaire / Nouvel Hôpital Civil	54.01 Pédiatrie
BOUSIGES Olivier M0092		• Pôle de Biologie - Laboratoire de Biochimie et de Biologie moléculaire / HP	44.01 Biochimie et biologie moléculaire
CARAPITO Raphaël M0113		• Pôle de Biologie - Laboratoire d'Immunologie biologique / Nouvel Hôpital Civil	47.03 Immunologie
CAZZATO Roberto		• Pôle d'Imagerie - Service d'Imagerie A interventionnelle / NHC	43.02 Radiologie et imagerie médicale (option clinique)
CERALINE Jocelyn M0012		• Pôle d'Oncologie et d'Hématologie - Service d'Oncologie et d'Hématologie / HP	47.02 <b>Cancérologie</b> ; Radiothérapie (option biologique)
CHOQUET Philippe M0014		• Pôle d'Imagerie - Service de Biophysique et de Médecine nucléaire / HP	43.01 Biophysique et médecine nucléaire
COLLONGUES Nicolas M0016		• Pôle Tête et Cou-CETD - Centre d'Investigation Clinique / NHC et HP	49.01 Neurologie
DALI-YOUCEF Ahmed Nassim M0017		• Pôle de Biologie - Laboratoire de Biochimie et Biologie moléculaire / NHC	44.01 Biochimie et biologie moléculaire
Mme de MARTINO Sylvie M0018		• Pôle de Biologie - Laboratoire de Bactériologie / PTM HUS et Faculté de Médecine	<b>Bactériologie-virologie</b> Option bactériologie-virologie biologique
Mme DEPIENNE Christel M0100 (Dispo->15.08.18)	CS	• Pôle de Biologie - Laboratoire de Cytogénétique / HP	47.04 Génétique
DEVYS Didier M0019		• Pôle de Biologie - Laboratoire de Diagnostic génétique / Nouvel Hôpital Civil	47.04 Génétique (option biologique)
DOLLÉ Pascal M0021		• Pôle de Biologie - Laboratoire de Biochimie et biologie moléculaire / NHC	44.01 Biochimie et biologie moléculaire
Mme ENACHE Irina M0024		• Pôle de Pathologie thoracique - Service de Physiologie et d'Explorations fonctionnelles / NHC	44.02 Physiologie
FILISSETTI Denis M0025		• Pôle de Biologie - Labo. de Parasitologie et de Mycologie médicale / PTM HUS et Faculté	45.02 Parasitologie et mycologie (option biologique)
FOUCHER Jack M0027		• Institut de Physiologie / Faculté de Médecine • Pôle de Psychiatrie et de santé mentale - Service de Psychiatrie I / Hôpital Civil	44.02 Physiologie (option clinique)
GUERIN Eric M0032		• Pôle de Biologie - Laboratoire de Biochimie et de Biologie moléculaire / HP	44.03 Biologie cellulaire (option biologique)
Mme HARSAN-RASTEI Laura		• Pôle d'Imagerie - Service de Biophysique et de Médecine nucléaire/Hôpital de HautePierre	43.01 Biophysique et médecine nucléaire
Mme HEIMBURGER Céline		• Pôle d'Imagerie - Service de Biophysique et de Médecine nucléaire/Hôpital de HautePierre	43.01 Biophysique et médecine nucléaire
Mme HELMS Julie M0114		• Pôle d'Urgences / Réanimations médicales / CAP - Service de Réanimation médicale / Nouvel Hôpital Civil	48.02 Réanimation ; Médecine d'urgence Option : <b>Réanimation</b>
HUBELE Fabrice M0033		• Pôle d'Imagerie - Service de Biophysique et de Médecine nucléaire / HP et NHC	43.01 Biophysique et médecine nucléaire
Mme JACAMON-FARRUGIA Audrey M0034		• Pôle de Biologie - Service de Médecine Légale, Consultation d'Urgences médico-judiciaires et Laboratoire de Toxicologie / Faculté et HC • Institut de Médecine Légale / Faculté de Médecine	46.03 Médecine Légale et droit de la santé
JEGU Jérémie M0101		• Pôle de Santé publique et Santé au travail - Service de Santé Publique / Hôpital Civil	46.01 Epidémiologie, Economie de la santé et Prévention (option biologique)
JEHL François M0035		• Pôle de Biologie - Institut (Laboratoire) de Bactériologie / PTM HUS et Faculté	45.01 Option : <b>Bactériologie-virologie</b> (biologique)

NOM et Prénoms	CS*	Services Hospitaliers ou Institut / Localisation	Sous-section du Conseil National des Universités
KASTNER Philippe M0089		• Pôle de Biologie - Laboratoire de diagnostic génétique / Nouvel Hôpital Civil	47.04 Génétique (option biologique)
Mme KEMMEL Véronique M0036		• Pôle de Biologie - Laboratoire de Biochimie et de Biologie moléculaire / HP	44.01 Biochimie et biologie moléculaire
Mme LAMOUR Valérie M0040		• Pôle de Biologie - Laboratoire de Biochimie et de Biologie moléculaire / HP	44.01 Biochimie et biologie moléculaire
Mme LANNES Béatrice M0041		• Institut d'Histologie / Faculté de Médecine • Pôle de Biologie - Service de Pathologie / Hôpital de Hautepierre	42.02 Histologie, Embryologie et Cytogénétique (option biologique)
LAVAUX Thomas M0042		• Pôle de Biologie - Laboratoire de Biochimie et de Biologie moléculaire / HP	44.03 Biologie cellulaire
LAVIGNE Thierry M0043	CS	• Pôle de Santé Publique et Santé au travail - Service d'Hygiène hospitalière et de médecine préventive / PTM et HUS - Equipe opérationnelle d'Hygiène	46.01 Epidémiologie, économie de la santé et prévention (option biologique)
Mme LEJAY Anne M0102		• Pôle de Pathologie thoracique - Service de Physiologie et d'Explorations fonctionnelles / NHC	44.02 Physiologie (Biologique)
LENORMAND Cédric M0103		• Pôle de Chirurgie maxillo-faciale, Morphologie et Dermatologie - Service de Dermatologie / Hôpital Civil	50.03 Dermato-Vénérologie
LEPILLER Quentin M0104 (Dispo → 31.08.2018)		• Pôle de Biologie - Laboratoire de Virologie / PTM HUS et Faculté de Médecine	45.01 <b>Bactériologie-Virologie</b> ; Hygiène hospitalière (Biologique)
Mme LETSCHER-BRU Valérie M0045		• Pôle de Biologie - Laboratoire de Parasitologie et de Mycologie médicale / PTM HUS • Institut de Parasitologie / Faculté de Médecine	45.02 Parasitologie et mycologie (option biologique)
LHERMITTE Benoît M0115		• Pôle de Biologie - Service de Pathologie / Hôpital de Hautepierre	42.03 Anatomie et cytologie pathologiques
Mme LONSDORFER-WOLF Evelyne M0090		• Institut de Physiologie Appliquée - Faculté de Médecine • Pôle de Pathologie thoracique - Service de Physiologie et d'Explorations fonctionnelles / NHC	44.02 Physiologie
LUTZ Jean-Christophe M0046		• Pôle de Chirurgie plastique reconstructrice et esthétique, Chirurgie maxillo-faciale, Morphologie et Dermatologie - Serv. de Chirurgie Maxillo-faciale, plastique reconstructrice et esthétique/HC	55.03 Chirurgie maxillo-faciale et stomatologie
MEYER Alain M0093		• Institut de Physiologie / Faculté de Médecine • Pôle de Pathologie thoracique - Service de Physiologie et d'Explorations fonctionnelles / NHC	44.02 Physiologie (option biologique)
MIGUET Laurent M0047		• Pôle de Biologie - Laboratoire d'Hématologie biologique / Hôpital de Hautepierre et NHC	44.03 Biologie cellulaire (type mixte : biologique)
Mme MOUTOU Céline ép. GUNTNER M0049	CS	• Pôle de Biologie - Laboratoire de Diagnostic préimplantatoire / CMCO Schiltigheim	54.05 Biologie et médecine du développement et de la reproduction (option biologique)
MULLER Jean M0050		• Pôle de Biologie - Laboratoire de Diagnostic génétique / Nouvel Hôpital Civil	47.04 Génétique (option biologique)
NOLL Eric M0111		• Pôle d'Anesthésie Réanimation Chirurgicale SAMU-SMUR - Service Anesthésiologie et de Réanimation Chirurgicale - Hôpital Hautepierre	48.01 <b>Anesthésiologie-Réanimation</b> ; Médecine d'urgence
Mme NOURRY Nathalie M0011		• Pôle de Santé publique et Santé au travail - Service de Pathologie professionnelle et de Médecine du travail - HC	46.02 Médecine et Santé au Travail (option clinique)
PENCREAC'H Erwan M0052		• Pôle de Biologie - Laboratoire de Biochimie et biologie moléculaire / Nouvel Hôpital Civil	44.01 Biochimie et biologie moléculaire
PFUFF Alexander M0053		• Pôle de Biologie - Laboratoire de Parasitologie et de Mycologie médicale / PTM HUS	45.02 Parasitologie et mycologie
Mme PITON Amélie M0094		• Pôle de Biologie - Laboratoire de Diagnostic génétique / NHC	47.04 Génétique (option biologique)
PREVOST Gilles M0057		• Pôle de Biologie - Institut (Laboratoire) de Bactériologie / PTM HUS et Faculté	45.01 Option : <b>Bactériologie-virologie</b> (biologique)
Mme RADOSAVLJEVIC Mirjana M0058		• Pôle de Biologie - Laboratoire d'Immunologie biologique / Nouvel Hôpital Civil	47.03 Immunologie (option biologique)
Mme REIX Nathalie M0095		• Pôle de Biologie - Labo. d'Explorations fonctionnelles par les isotopes / NHC • Institut de Physique biologique / Faculté de Médecine	43.01 Biophysique et médecine nucléaire
RIEGEL Philippe M0059		• Pôle de Biologie - Institut (Laboratoire) de Bactériologie / PTM HUS et Faculté	45.01 Option : <b>Bactériologie-virologie</b> (biologique)
ROGUE Patrick (cf. A2) M0060		• Pôle de Biologie - Laboratoire de Biochimie et biologie moléculaire / NHC	44.01 Biochimie et biologie moléculaire (option biologique)
Mme ROLLAND Delphine		• Pôle de Biologie - Laboratoire d'Hématologie biologique / NHC	44.03 Biologie cellulaire (type mixte : biologique)
ROMAIN Benoît M0061		• Pôle des Pathologies digestives, hépatiques et de la transplantation - Service de Chirurgie générale et Digestive / HP	53.02 Chirurgie générale
Mme RUPPERT Elisabeth M0106		• Pôle Tête et Cou - Service de Neurologie - Unité de Pathologie du Sommeil / Hôpital Civil	49.01 Neurologie
Mme SABOU Alina M0096		• Pôle de Biologie - Laboratoire de Parasitologie et de Mycologie médicale / PTM HUS • Institut de Parasitologie / Faculté de Médecine	45.02 Parasitologie et mycologie (option biologique)

NOM et Prénoms	CS*	Services Hospitaliers ou Institut / Localisation	Sous-section du Conseil National des Universités
Mme SAMAMA Brigitte M0062		• Institut d'Histologie / Faculté de Médecine	42.02 Histologie, Embryologie et Cytogénétique (option biologique)
Mme SCHEIDECKER Sophie		• Pôle de Biologie - Laboratoire de Diagnostic génétique / Nouvel Hôpital Civil	47.04 Génétique (option biologique)
Mme SCHNEIDER Anne M0107		• Pôle médico-chirurgical de Pédiatrie - Service de Chirurgie pédiatrique / Hôpital de Hautepierre	54.02 Chirurgie Infantile
SCHRAMM Frédéric M0068		• Pôle de Biologie - Institut (Laboratoire) de Bactériologie / PTM HUS et Faculté	45.01 Option : <b>Bactériologie</b> -virologie (biologique)
Mme SOLIS Morgane		• Pôle de Biologie - Laboratoire de Diagnostic Génétique / Nouvel Hôpital Civil	47.04 Génétique (option biologique)
Mme SORDET Christelle M0069		• Pôle de Médecine Interne, Rhumatologie, Nutrition, Endocrinologie, Diabétologie (MIRNED) - Service de Rhumatologie / Hôpital de Hautepierre	50.01 Rhumatologie
TALHA Samy M0070		• Pôle de Pathologie thoracique - Service de Physiologie et explorations fonctionnelles / NHC	44.02 Physiologie (option clinique)
Mme TALON Isabelle M0039		• Pôle médico-chirurgical de Pédiatrie - Service de Chirurgie Infantile / Hôpital Hautepierre	54.02 Chirurgie infantile
TELETIN Marius M0071		• Pôle de Biologie - Service de Biologie de la Reproduction / CMCO Schiltigheim	54.05 Biologie et médecine du développement et de la reproduction (option biologique)
Mme URING-LAMBERT Béatrice M0073		• Institut d'Immunologie / HC • Pôle de Biologie - Laboratoire d'Immunologie biologique / Nouvel Hôpital Civil	47.03 Immunologie (option biologique)
VALLAT Laurent M0074		• Pôle de Biologie - Laboratoire d'Hématologie Biologique - Hôpital de Hautepierre	47.01 <b>Hématologie</b> ; Transfusion Option Hématologie Biologique
Mme VILLARD Odile M0076		• Pôle de Biologie - Labo. de Parasitologie et de Mycologie médicale / PTM HUS et Fac	45.02 Parasitologie et mycologie (option biologique)
Mme WOLF Michèle M0010		• Chargé de mission - Administration générale - Direction de la Qualité / Hôpital Civil	48.03 Option : Pharmacologie fondamentale
Mme ZALOSZYC Ariane ép. MARCANTONI M0116		• Pôle Médico-Chirurgical de Pédiatrie - Service de Pédiatrie I / Hôpital de Hautepierre	54.01 Pédiatrie
ZOLL Joffrey M0077		• Pôle de Pathologie thoracique - Service de Physiologie et d'Explorations fonctionnelles / HC	44.02 Physiologie (option clinique)

## B2 - PROFESSEURS DES UNIVERSITES (monoappartenant)

Pr BONAHE Christian	P0166	Département d'Histoire de la Médecine / Faculté de Médecine	72. Epistémologie - Histoire des sciences et des techniques
Mme la Pre RASMUSSEN Anne	P0186	Département d'Histoire de la Médecine / Faculté de Médecine	72. Epistémologie - Histoire des Sciences et des techniques

## B3 - MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES (monoappartenant)

Mr KESSEL Nils		Département d'Histoire de la Médecine / Faculté de Médecine	72. Epistémologie - Histoire des Sciences et des techniques
Mr LANDRE Lionel		ICUBE-UMR 7357 - Equipe IMIS / Faculté de Médecine	69. Neurosciences
Mme THOMAS Marion		Département d'Histoire de la Médecine / Faculté de Médecine	72. Epistémologie - Histoire des Sciences et des techniques
Mme SCARFONE Marianna	M0082	Département d'Histoire de la Médecine / Faculté de Médecine	72. Epistémologie - Histoire des Sciences et des techniques

## B4 - MAITRE DE CONFERENCE DES UNIVERSITES DE MEDECINE GENERALE

Mme CHAMBE Juliette	M0108	Département de Médecine générale / Faculté de Médecine	53.03 Médecine générale (01.09.15)
---------------------	-------	--	------------------------------------

---

**C - ENSEIGNANTS ASSOCIES DE MEDECINE GENERALE**  
**C1 - PROFESSEURS ASSOCIES DES UNIVERSITES DE M. G. (mi-temps)**

Pr Ass. GRIES Jean-Luc	M0084	Médecine générale (01.09.2017)
Pr Ass. KOPP Michel	P0167	Médecine générale (depuis le 01.09.2001, renouvelé jusqu'au 31.08.2016)

---

**C2 - MAITRE DE CONFERENCES DES UNIVERSITES DE MEDECINE GENERALE - TITULAIRE**

Dre CHAMBE Juliette	M0108	53.03 Médecine générale (01.09.2015)
---------------------	-------	--------------------------------------

---

**C3 - MAITRES DE CONFERENCES ASSOCIES DES UNIVERSITES DE M. G. (mi-temps)**

Dre BERTHOU anne	M0109	Médecine générale (01.09.2015 au 31.08.2018)
Dr BREITWILLER-DUMAS Claire		Médecine générale (01.09.2016 au 31.08.2019)
Dr GUILLOU Philippe	M0089	Médecine générale (01.11.2013 au 31.08.2016)
Dr HILD Philippe	M0090	Médecine générale (01.11.2013 au 31.08.2016)
Dr ROUGERIE Fabien	M0097	Médecine générale (01.09.2014 au 31.08.2017)
Dr SANSELME Anne-Elisabeth		Médecine générale

---

**D - ENSEIGNANTS DE LANGUES ETRANGERES**  
**D1 - PROFESSEUR AGREGE, PRAG et PRCE DE LANGUES**

Mme ACKER-KESSLER Pia	M0085	Professeure certifiée d'Anglais (depuis 01.09.03)
Mme CANDAS Peggy	M0086	Professeure agrégée d'Anglais (depuis le 01.09.99)
Mme SIEBENBOUR Marie-Noëlle	M0087	Professeure certifiée d'Allemand (depuis 01.09.11)
Mme JUNGNER Nicole	M0088	Professeure certifiée d'Anglais (depuis 01.09.09)
Mme MARTEN Susanna	M0098	Professeure certifiée d'Allemand (depuis 01.09.14)

---

**E - PRATICIENS HOSPITALIERS - CHEFS DE SERVICE NON UNIVERSITAIRES**

Dr ASTRUC Dominique	NRP6 CS	• Pôle médico-chirurgical de Pédiatrie - Serv. de Néonatalogie et de Réanimation néonatale (Pédiatrie 2) / Hôpital de Hautepierre
Dr ASTRUC Dominique (par intérim)	NRP6 CS	• Pôle médico-chirurgical de Pédiatrie - Service de Réanimation pédiatrique spécialisée et de surveillance continue / Hôpital de Hautepierre
Dr CALVEL Laurent	NRP6 CS	• Pôle Spécialités médicales - Ophtalmologie / SMO - Service de Soins Palliatifs / NHC et Hôpital de Hautepierre
Dr DELPLANCQ Hervé	NRP6 CS	- SAMU-SMUR
Dr GARBIN Olivier	CS	- Service de Gynécologie-Obstétrique / CMCO Schiltigheim
Dre GAUGLER Elise	NRP6 CS	• Pôle Spécialités médicales - Ophtalmologie / SMO - UCSA - Centre d'addictologie / Nouvel Hôpital Civil
Dre GERARD Bénédicte	NRP6 CS	• Pôle de Biologie - Département de génétique / Nouvel Hôpital Civil
Mme GOURIEUX Bénédicte	RP6 CS	• Pôle de Pharmacie-pharmacologie - Service de Pharmacie-Stérilisation / Nouvel Hôpital Civil
Dr KARCHER Patrick	NRP6 CS	• Pôle de Gériatrie - Service de Soins de suite de Longue Durée et d'hébergement gériatrique / EHPAD / Hôpital de la Robertsau
Pr LESSINGER Jean-Marc	NRP6 CS	• Pôle de Biologie - Laboratoire de Biologie et biologie moléculaire / Nouvel Hôpital Civil + Hautepierre
Mme Dre LICHTBLAU Isabelle	NRP6 Resp	• Pôle de Biologie - Laboratoire de biologie de la reproduction / CMCO de Schiltigheim
Mme Dre MARTIN-HUNYADI Catherine	NRP6 CS	• Pôle de Gériatrie - Secteur Evaluation / Hôpital de la Robertsau
Dr NISAND Gabriel	RP6 CS	• Pôle de Santé Publique et Santé au travail - Service de Santé Publique - DIM / Hôpital Civil
Dr REY David	NRP6 CS	• Pôle Spécialités médicales - Ophtalmologie / SMO - «Le trait d'union» - Centre de soins de l'infection par le VIH / Nouvel Hôpital Civil
Dr TCHOMAKOV Dimitar	NRP6 CS	• Pôle Médico-chirurgical de Pédiatrie - Service des Urgences Médico-Chirurgicales pédiatriques - HP
Mme Dre TEBACHER-ALT Martine	NRP6 NCS Resp	• Pôle d'Activité médico-chirurgicale Cardio-vasculaire - Service de Maladies vasculaires et Hypertension - Centre de pharmacovigilance / Nouvel Hôpital Civil
Mme Dre TOURNOUD Christine	NRP6 CS	• Pôle Urgences - Réanimations médicales / Centre antipoison - Centre Antipoison-Toxicovigilance / Nouvel Hôpital Civil

---

## F1 - PROFESSEURS ÉMÉRITES

- o *de droit et à vie (membre de l'Institut)*  
CHAMBON Pierre (Biochimie et biologie moléculaire)
- o *pour trois ans (1er septembre 2016 au 31 août 2019)*  
BOUSQUET Pascal  
PINGET Michel
- o *pour trois ans (1er septembre 2017 au 31 août 2020)*  
BELLOCQ Jean-Pierre (Anatomie Cytologie pathologique)  
CHRISTMANN Daniel (Maladies Infectieuses et tropicales)  
MULLER André (Thérapeutique)
- o *pour trois ans (1er septembre 2018 au 31 août 2021)*  
Mme DANION-GRILLIAT Anne (Pédopsychiatrie, addictologie)
- o *pour trois ans (1er avril 2019 au 31 mars 2022)*  
Mme STEIB Annick (Anesthésie, Réanimation chirurgicale)

---

## F2 - PROFESSEUR des UNIVERSITES ASSOCIE (mi-temps)

M. SOLER Luc CNU-31 IRCAD (01.09.2009 - 30.09.2012 / renouvelé 01.10.2012-30.09.2015-30.09.2021)

---

## F3 - PROFESSEURS CONVENTIONNÉS\* DE L'UNIVERSITE

Dr BRAUN Jean-Jacques	ORL (2012-2013 / 2013-2014 / 2014-2015 / 2015-2016)
Pr CHARRON Dominique	Université Paris Diderot (2016-2017 / 2017-2018)
Mme GUI Yali	(Shaanxi/Chine) (2016-2017)
Mme Dre GRAS-VINCENDON Agnès	Pédopsychiatrie (2010-2011 / 2011-2012 / 2013-2014 / 2014-2015)
Dr JENNY Jean-Yves	Chirurgie orthopédique (2014-2015 / 2015-2016 / 2016-2017 / 2017-2018)
Mme KIEFFER Brigitte	IGBMC (2014-2015 / 2015-2016 / 2016-2017)
Dr KINTZ Pascal	Médecine Légale (2016-2017 / 2017-2018)
Dr LAND Walter G.	Immunologie (2013-2014 à 2015-2016 / 2016-2017)
Dr LANG Jean-Philippe	Psychiatrie (2015-2016 / 2016-2017 / 2017-2018)
Dr LECOCQ Jehan	IURC - Clémenceau (2016-2017 / 2017-2018)
Dr REIS Jacques	Neurologie (2017-2018)
Pr REN Guo Sheng	(Chongqing / Chine) / Oncologie (2014-2015 à 2016-2017)
Dr RICCO Jean-Baptiste	CHU Poitiers (2017-2018)

(\* 4 années au maximum)

---

## G1 - PROFESSEURS HONORAIRES

ADLOFF Michel (Chirurgie digestive) / 01.09.94  
 BABIN Serge (Orthopédie et Traumatologie) / 01.09.01  
 BAREISS Pierre (Cardiologie) / 01.09.12  
 BATZENSCHLAGER André (Anatomie Pathologique) / 01.10.95  
 BAUMANN René (Hépatogastro-entérologie) / 01.09.10  
 BERGERAT Jean-Pierre (Cancérologie) / 01.01.16  
 BERTHEL Marc (Gériatrie) / 01.09.18  
 BLICKLE Jean-Frédéric (Médecine Interne) / 15.10.2017  
 BLOCH Pierre (Radiologie) / 01.10.95  
 BOURJAT Pierre (Radiologie) / 01.09.03  
 BRECHENMACHER Claude (Cardiologie) / 01.07.99  
 BRETTE Jean-Philippe (Gynécologie-Obstétrique) / 01.09.10  
 BROGARD Jean-Marie (Médecine interne) / 01.09.02  
 BURGHARD Guy (Pneumologie) / 01.10.86  
 BURSZEJN Claude (Pédopsychiatrie) / 01.09.18  
 CANTINEAU Alain (Médecine et Santé au travail) / 01.09.15  
 CAZENAVE Jean-Pierre (Hématologie) / 01.09.15  
 CHAMPY Maxime (Stomatologie) / 01.10.95  
 CINQUALBRE Jacques (Chirurgie générale) / 01.10.12  
 CLAVERT Jean-Michel (Chirurgie infantile) / 31.10.16  
 COLLARD Maurice (Neurologie) / 01.09.00  
 CONRAUX Claude (Oto-Rhino-Laryngologie) / 01.09.98  
 CONSTANTINESCO André (Biophysique et médecine nucléaire) / 01.09.11  
 DIETEMANN Jean-Louis (Radiologie) / 01.09.17  
 DOFFOEL Michel (Gastroentérologie) / 01.09.17  
 DORNER Marc (Médecine Interne) / 01.10.87  
 DUPEYRON Jean-Pierre (Anesthésiologie-Réa.Chir.) / 01.09.13  
 EISENMANN Bernard (Chirurgie cardio-vasculaire) / 01.04.10  
 FABRE Michel (Cytologie et histologie) / 01.09.02  
 FISCHBACH Michel (Pédiatrie) / 01.10.2016  
 FLAMENT Jacques (Ophtalmologie) / 01.09.2009  
 GAY Gérard (Hépatogastro-entérologie) / 01.09.13  
 GERLINGER Pierre (Biol. de la Reproduction) / 01.09.04  
 GRENIER Jacques (Chirurgie digestive) / 01.09.97  
 GROSSHANS Edouard (Dermatologie) / 01.09.03  
 GUT Jean-Pierre (Virologie) / 01.09.14  
 HASSELMANN Michel (Réanimation médicale) / 01.09.18  
 HAUPTMANN Georges (Hématologie biologique) / 01.09.06  
 HEID Ernest (Dermatologie) / 01.09.04  
 IMBS Jean-Louis (Pharmacologie) / 01.09.2009  
 IMLER Marc (Médecine interne) / 01.09.98  
 JACMIN Didier (Urologie) / 09.08.17  
 JAECK Daniel (Chirurgie générale) / 01.09.11  
 JAEGER Jean-Henri (Chirurgie orthopédique) / 01.09.2011  
 JESEL Michel (Médecine physique et réadaptation) / 01.09.04  
 KEHR Pierre (Chirurgie orthopédique) / 01.09.06  
 KEMPF Jules (Biologie cellulaire) / 01.10.95  
 KRÉMER Michel (Parasitologie) / 01.05.98  
 KRIEGER Jean (Neurologie) / 01.01.07  
 KUNTZ Jean-Louis (Rhumatologie) / 01.09.08  
 KUNTZMANN Francis (Gériatrie) / 01.09.07  
 KURTZ Daniel (Neurologie) / 01.09.98  
 LANG Gabriel (Orthopédie et traumatologie) / 01.10.98  
 LANG Jean-Marie (Hématologie clinique) / 01.09.2011  
 LEVY Jean-Marc (Pédiatrie) / 01.10.95  
 LONSDORFER Jean (Physiologie) / 01.09.10  
 LUTZ Patrick (Pédiatrie) / 01.09.16  
 MAILLOT Claude (Anatomie normale) / 01.09.03  
 MAITRE Michel (Biochimie et biol. moléculaire) / 01.09.13  
 MANDEL Jean-Louis (Génétique) / 01.09.16  
 MANGIN Patrice (Médecine Légale) / 01.12.14  
 MANTZ Jean-Marie (Réanimation médicale) / 01.10.94  
 MARESCAUX Jacques (Chirurgie digestive) / 01.09.16  
 MARK Jean-Joseph (Biochimie et biologie cellulaire) / 01.09.99  
 MESSER Jean (Pédiatrie) / 01.09.07  
 MEYER Christian (Chirurgie générale) / 01.09.13  
 MEYER Pierre (Biostatistiques, informatique méd.) / 01.09.10  
 MINCK Raymond (Bactériologie) / 01.10.93  
 MONTEIL Henri (Bactériologie) / 01.09.2011  
 MOSSARD Jean-Marie (Cardiologie) / 01.09.2009  
 OUDET Pierre (Biologie cellulaire) / 01.09.13  
 PASQUALI Jean-Louis (Immunologie clinique) / 01.09.15  
 PATRIS Michel (Psychiatrie) / 01.09.15  
 Mme PAULI Gabrielle (Pneumologie) / 01.09.2011  
 POTTECHER Thierry (Anesthésie-Réanimation) / 01.09.18  
 REYS Philippe (Chirurgie générale) / 01.09.98  
 RITTER Jean (Gynécologie-Obstétrique) / 01.09.02  
 RUMPLER Yves (Biol. développement) / 01.09.10  
 SANDNER Guy (Physiologie) / 01.09.14  
 SAUVAGE Paul (Chirurgie infantile) / 01.09.04  
 SCHAFF Georges (Physiologie) / 01.10.95  
 SCHLAEDER Guy (Gynécologie-Obstétrique) / 01.09.01  
 SCHLIENGER Jean-Louis (Médecine Interne) / 01.08.11  
 SCHRAUB Simon (Radiothérapie) / 01.09.12  
 SCHWARTZ Jean (Pharmacologie) / 01.10.87  
 SICK Henri (Anatomie Normale) / 01.09.06  
 STIERLE Jean-Luc (ORL) / 01.09.10  
 STOLL Claude (Génétique) / 01.09.2009  
 STOLL-KELLER Françoise (Virologie) / 01.09.15  
 STORCK Daniel (Médecine interne) / 01.09.03  
 TEMPE Jean-Daniel (Réanimation médicale) / 01.09.06  
 TREISSER Alain (Gynécologie-Obstétrique) / 24.03.08  
 VAUTRAVERS Philippe (Médecine physique et réadaptation) / 01.09.16  
 VETTER Jean-Marie (Anatomie pathologique) / 01.09.13  
 VINCENDON Guy (Biochimie) / 01.09.08  
 WALTER Paul (Anatomie Pathologique) / 01.09.09  
 WEITZENBLUM Emmanuel (Pneumologie) / 01.09.11  
 WILHM Jean-Marie (Chirurgie thoracique) / 01.09.13  
 WILK Astrid (Chirurgie maxillo-faciale) / 01.09.15  
 WILLARD Daniel (Pédiatrie) / 01.09.96

### Légende des adresses :

**FAC** : Faculté de Médecine : 4, rue Kirschleger - F - 67085 Strasbourg Cedex - Tél. : 03.68.85.35.20 - Fax : 03.68.85.35.18 ou 03.68.85.34.67

### HOPITAUX UNIVERSITAIRES DE STRASBOURG (HUS) :

- NHC : **Nouvel Hôpital Civil** : 1, place de l'Hôpital - BP 426 - F - 67091 Strasbourg Cedex - Tél. : 03 69 55 07 08
- HC : **Hôpital Civil** : 1, Place de l'Hôpital - B.P. 426 - F - 67091 Strasbourg Cedex - Tél. : 03.88.11.67.68
- HP : **Hôpital de Hautepierre** : Avenue Molière - B.P. 49 - F - 67098 Strasbourg Cedex - Tél. : 03.88.12.80.00
- **Hôpital de La Robertsau** : 83, rue Himmerich - F - 67015 Strasbourg Cedex - Tél. : 03.88.11.55.11
- **Hôpital de l'Elsau** : 15, rue Cranach - 67200 Strasbourg - Tél. : 03.88.11.67.68

**CMCO** - Centre Médico-Chirurgical et Obstétrical : 19, rue Louis Pasteur - BP 120 - Schiltigheim - F - 67303 Strasbourg Cedex - Tél. : 03.88.62.83.00

**C.C.O.M.** - Centre de Chirurgie Orthopédique et de la Main : 10, avenue Baumann - B.P. 96 - F - 67403 Illkirch Graffenstaden Cedex - Tél. : 03.88.55.20.00

**E.F.S.** : Etablissement Français du Sang - Alsace : 10, rue Spielmann - BP N°36 - 67065 Strasbourg Cedex - Tél. : 03.88.21.25.25

**Centre Régional de Lutte contre le cancer "Paul Strauss"** - 3, rue de la Porte de l'Hôpital - F-67085 Strasbourg Cedex - Tél. : 03.88.25.24.24

**IURC** - Institut Universitaire de Réadaptation Clemenceau - CHU de Strasbourg et UGECAM (Union pour la Gestion des Etablissements des Caisses d'Assurance Maladie) - 45 boulevard Clemenceau - 67082 Strasbourg Cedex

## RESPONSABLE DE LA BIBLIOTHÈQUE DE MÉDECINE ET ODONTOLOGIE ET DU DÉPARTEMENT SCIENCES, TECHNIQUES ET SANTÉ DU SERVICE COMMUN DE DOCUMENTATION DE L'UNIVERSITÉ DE STRASBOURG

Monsieur Olivier DIVE, Conservateur

LA FACULTÉ A ARRÊTÉ QUE LES OPINIONS ÉMISES DANS LES DISSERTATIONS  
QUI LUI SONT PRÉSENTÉES DOIVENT ÊTRE CONSIDÉRÉES COMME PROPRES  
A LEURS AUTEURS ET QU'ELLE N'ENTEND NI LES APPROUVER, NI LES IMPROUVER

## SERMENT D'HIPPOCRATE

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 seront 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.

## REMERCIEMENTS

### **A notre maître, Président du Jury, Monsieur le professeur STEIB,**

Vous me faites l'honneur de présider le jury de cette thèse. Merci d'avoir encadré ma formation depuis le début, et d'avoir cru en moi. Si j'en suis arrivé aujourd'hui c'est parce que vous m'en avez laissé l'opportunité, et pour cela recevez toute ma gratitude. Bien au-delà des leçons théoriques et pratiques, appuyé par de nombreuses anecdotes, votre enseignement fait référence. Merci pour votre bienveillance, votre disponibilité et vos précieux conseils. Vous m'avez ouvert les portes de votre service et je suis fier de faire partie de cette équipe. Voyez en ce travail toute ma reconnaissance.

### **A notre Juge et Directeur de Thèse, Monsieur le Professeur Yann Philippe CHARLES,**

Vous me faites l'honneur de diriger cette thèse. Cela fait 3 ans que vous m'épauler dans ce travail, m'encourageant et m'aidant à le compléter à de nombreuses reprises jusqu'à son achèvement. Merci pour votre soutien, votre patience, votre discernement et votre efficacité. Je vous dois mes premiers pas en chirurgie, où la rigueur et la précision ne sont pas des options. « Nous ne sommes pas là pour faire des choses faciles » mais avec vous tout paraît accessible. Vous trouverez dans ce travail l'expression de toute ma gratitude.

### **A notre maître et juge, Monsieur le Professeur ADAM,**

Vous me faites l'honneur de juger ce travail. Vous assister a toujours été un plaisir. Grand est votre savoir, et votre désir de le partager l'est encore plus. Quel que soit la situation, vous avez toujours été là pour me conseiller et m'épauler. Merci pour vos enseignements, votre accessibilité et votre calme olympien. Soyez assuré de mon profond respect.

### **Monsieur le docteur NTILIKINA,**

Tu me fais l'honneur de participer au jury de ma thèse. Bien plus qu'un chef, j'ai découvert un homme formidable, un homme qui n'a jamais de temps pour lui mais qui n'a pas hésité à en prendre pour moi. Tu m'as appris à gérer les situations délicates mais surtout à me gérer quand ça se complique ... « c'est la vie ». Merci pour ta confiance, ton aide, et tes encouragements à me surpasser. Grâce à toi, j'appréhende la suite avec plus de sérénité. Je partage tes valeurs, travailler avec toi est un réel bonheur. Merci l'artiste.

## **A mes chefs et collègues**

A mes anciens et premiers chefs, Axel et Sébastien, mes modèles d'accomplissement. Dès mes premiers jours en chirurgie B, de l'externat à l'internat, vous m'avez inspiré. Grâce à vous, la chirurgie du rachis était une évidence. Merci pour votre accessibilité, votre oreille attentive et ces nombreux débriefings de fin de journée en tout genre. Travailler à vos côtés m'a toujours réjoui, chaque moment passé ensemble restera gravé dans ma mémoire.

A Leonardo et sa précautionneuse patte chirurgicale. Merci de m'avoir sensibilisé au versant neurochirurgical de notre profession. Merci pour tes cours de séméiologie, d'hémostase soigneuse à la bipolaire, et de dissection radiculaire. Tout ça agrémenté de folklore roumain.

Merci au Pr Massard et son équipe pour ce stage initiatique en chirurgie thoracique. Au Dr Barsotti et ses collègues de chirurgie digestive pour la richesse de leurs leçons. Au Dr Ghassani et sa team, merci Affif pour tes railleries légendaires, tes défis hors du commun, et ton enseignement chirurgical.

Merci à toute l'équipe d'orthopédie, au Pr Bonnet, au Pr Ehlinger, aux Dr Brinkert, Schenck et Di Marco de leur temps et leur pédagogie.

Merci à l'équipe de chirurgie pédiatrique et au Pr Gicquel pour ce semestre riche en émotions.

A Maxime Antoni, véritable gravure de mode, la classe incarnée, une belle rencontre, des fous rires a n'en plus finir. Merci pour tout.

A Benjamin Scheibling, le chasseur, homme de traditions au sourire ravageur. Merci pour ta constante bonne humeur.

A Lucas Niglis, le DJ insoupçonné, merci pour ces nuits blanches en tête à tête à HautePierre. Don't be so shy. Imany forever.

A David Bahlau, le plus beau ...après moi. Une grande histoire d'amour dès le premier regard. Une terrible épreuve pour mon couple. Un homme de principe, un ami. Merci

A Adrien, mon plus vieux partenaire, mon white Rommel. De la P2 à l'internat, en passant par la caïpi et les champs de bosses, nous avons fait tout ce chemin ensemble. Tant de bons moments passés en ta compagnie, que je ne peux évoquer ici ... Vivement la suite.

A Henri, de toutes mes rencontres, tu es la plus inattendue. J'ai découvert un homme surprenant et sensible. Nos dégustations et échappées spirituelles en aparté m'ont ravi. Tant de projets à réaliser.

A mes co internes traumatologues et pédiatres, Sophie ma confidente, l'adorable Alexandra, Kiti l'athlète, Eloi le distingué, Xavier et ses potins, Vincent et ses tableaux, Benjamin le normand, Arthur le tombeur, l'infatigable Pauline, les magouilles de Cyril, professeur Amane, Audrey et ses principes, Pheitoon et ses yeux bridés. Pour tous ces moments de joie, ça n'a pas été toujours facile mais grâce à vous, ça restera de bons souvenirs. Merci

Merci à mes collègues mulhousiens, Andrei et Bogdan, je suis heureux que nos chemins se soient croisés et de pouvoir vous compter parmi mes amis. Clémence ...surtout ne change pas, tu es formidable.

Et pour ce dernier semestre, merci à Eloïse, le ventre sur pattes et à Achraf d'avoir pu gérer Eloïse. Merci à Marie de m'avoir facilité ce semestre. Beaucoup de travail mais beaucoup de fous rires.

Merci à l'ensemble des équipes qui ont pu croiser ma route. Je remercie tout particulièrement l'équipe de chirurgie du rachis que je fréquente depuis maintenant 2 ans. L'équipe du service (les Sylvie, Viviane, Roselyne, Anne, Maeva, Gaëlle, Laura, Anaïs, Aurélie, Fanny, Audrey, Marion, Christiane, Claire, Margaux, Cindy, Rachel, Vanessa, Fa, Eva, Jacqueline, Caroline, Michaël, Antoine, Benoît) merci pour leur soutien et leur aide durant ses semaines de management, mais également pour votre savoir-faire et votre bonne humeur. Mention spéciale à l'équipe de radiologie (Caroline, Estelle, Amandine) pour leur dynamisme, leur franc-parler, leurs bendings, et pour ces belles radios, presque toutes réussies. L'équipe du bloc opératoire avec qui j'ai passé l'essentiel de mes journées (Marion, Marie, Mégane, Cristal, Hélène, Glawdys, Elise, Elodie, Nico, Fabien, JP, Gilles, Cédric, Martine, Anne-Fred, Maroussia, Joana, Tania, Olivier, André). Sans vous ces longues journées n'auraient pas eu la même saveur. Merci pour votre self-control et votre enthousiasme. Enfin l'équipe de consultation (les Christine, Mélanie, Amélie, Maryline, Caroline, Martine, Aurélie, Aurore). Merci pour votre aide, votre empathie et votre tolérance à mes sautes d'humeur.

### **A ma famille, mes amis**

A mes parents, merci pour tous ces moments passés ensemble qui ont rythmé ma vie. Tous ces bons souvenirs que je chéris, plein de tendresse et d'émotions. Merci pour votre amour inconditionnel, vos sacrifices, vos mots réconfortants, vos conseils avisés, votre présence rassurante, votre soutien sans faille, et votre bienveillance. Je vous dois beaucoup, si j'en suis là aujourd'hui c'est parce que vous m'en avez donné les moyens. Le chemin n'était pas facile, mais avec vous à mes côtés tout devenait possible. Je vous aime

A mon frère Olivier, tu es mon essentiel. Loin des yeux, près du cœur. Merci pour tes visites régulières, tu as été une véritable bouffée d'oxygène pendant ces années. Merci pour ta sagacité manifeste, personne ne me comprend aussi bien que toi. Ton soutien et tes conseils m'ont aidé à bien des reprises. C'est avec toi que je partage mes plus beaux souvenirs. Ton parcours me remplit de fierté. Je t'aime

A mes grands-parents, papi et mamie, merci pour vos précieuses leçons de vie. Avec vous le mot famille prend tout son sens. Parce que même dans l'au-delà vous êtes toujours présents à mes côtés. Grand-maman je suis tellement heureux que tu puisses assister à cet événement. Merci de m'avoir soutenu toutes ces années. Je vous aime

A mes tonton et tata, Evelyne, Théo, Martine, et mes cousins, Thibault, Camille, Pauline, merci pour tous ces moments passés en votre compagnie, ces réunions de famille inoubliables.

A Muriel, Léopold et Violette. Nous avons partagé tant de choses, aujourd'hui nous formons une famille. Muriel merci d'être là, aux petits soins, toujours à se préoccuper de savoir si tout va bien. Les petits loulous, ça me manque de vous changer les couches, mais vous avez grandi. Aujourd'hui vous pouvez être fier de vous, fier des personnes que vous êtes devenus.

A ma belle-famille, Sylviane, Mario, Florian, Lola, Sélène, et tous les autres. Merci pour ces nombreuses et belles rencontres, pour ces week-ends revigorants, ces randonnées vosgiennes, ces vacances italiennes et ces repas à n'en plus finir. Merci pour cette complicité et votre soutien.

A Frédéric, mon babar, mon thorak, ma ... Depuis toutes ces années qu'on se tolère et que tu me supportes, merci. On en a fait du chemin, pas toujours ensemble mais au final on se retrouve toujours. Depuis notre première altercation sous les yeux de Mme Balke, nous sommes liés. Je te regarde, tu me comprends, on rigole. Avec toi il n'y a pas de filtre. Je t'admire mais tu le sais déjà. Merci

A Erick, symbole d'élégance, le plus vieux et le plus sincère de mes amis. Personne n'aurait parié sur nous quand on dévalait la cour avec nos tracteurs. Et pourtant d'années en années nous avons fait nos preuves. Je suis fier de te compter parmi mes amis. Je sais que nous serons toujours là l'un pour l'autre, tu as ma confiance. Tu étais présent à toutes les étapes importantes de ma vie. Merci

A Nicolas, mon jungler favori, mon partenaire de toujours. Avec toi, le TK et le KS sont source d'un profond bonheur. Je ne compte plus les heures passées ensemble, je n'en regrette pas une, malgré tes faiblesses. Merci pour toutes ces expériences partagées, les camps itinérants, les nombreuses activités sportives, les nuits blanches, Mme Kerdiles .. Même à distance, ou après des mois sans nouvelles, nous restons connectés. Merci

### **A Elsa,**

Mon amour, ta présence et ton soutien m'ont porté pendant ces 6 années, tu m'as aidé à concrétiser tous mes projets et à ne rien lâcher. Merci pour ta confiance, avec toi je me sens bien, je me sens moi. Je ne compte plus les épreuves que nous avons traversées et pourtant à chaque reprise nous en sommes sortis plus forts. Merci pour tous ces beaux moments, chaque jour passé avec toi me remplit de joie. Aujourd'hui nous avons construit quelque chose de beau, quelque chose de fort, la famille se constitue petit à petit. C'est avec toi que je veux poursuivre cette aventure. Je t'aime

## Table des matières

I. Introduction .....	21
A. Epidémiologie .....	21
B. Anatomie et physiologie .....	28
1. Analyse radiologique du segment thoraco-lombaire.....	28
2. Statique vertébrale et équilibre sagittal .....	31
3. Segment mobile et amortisseur .....	40
a) Le disque intervertébral.....	40
b) Le segment mobile .....	44
4. Instabilité rachidienne et rôle protecteur neurologique .....	47
C. Classifications des fractures .....	50
D. Traitement.....	61
1. Traitement non Chirurgical .....	61
a) Traitement fonctionnel.....	61
b) Traitement orthopédique.....	62
(1) Immobilisation par corset sans réduction .....	62
(2) Immobilisation par corset avec réduction .....	63
2. Traitement chirurgical .....	64
a) Chirurgie ouverte .....	64
(1) Réduction de la déformation et stabilisation.....	64
(2) Décompression neurologique .....	66
(3) Chirurgie antérieure .....	67
b) Chirurgie percutanée et minimale invasive (MIS).....	68
(1) Intérêt de la chirurgie MIS .....	68
(2) Limites de la chirurgie MIS.....	70
c) L'ostéosynthèse percutanée combinée aux techniques de reconstruction percutanée de la colonne antérieure.....	72
d) L'ablation du matériel d'ostéosynthèse .....	72
3. Technique opératoire .....	73
a) L'ostéosynthèse percutanée.....	73
b) La kyphoplastie .....	75

II. Objectif de l'étude clinique .....	78
III. Matériel et Méthodes .....	80
IV. Résultats .....	85
V. Discussion.....	89
VI. Conclusion .....	92
VII. Annexes .....	93
Annexe 1 : Questionnaire EQ_5D_3L.....	93
Annexe 2 : Oswestry Disability Questionnaire .....	94
Annexe 3 : Echelle visuelle analogique (EVA).....	96
VIII. Bibliographie .....	97

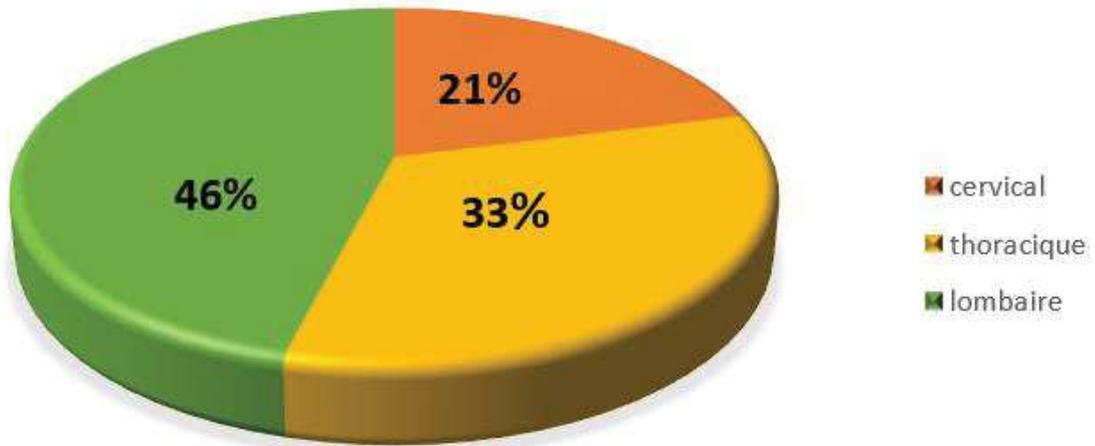
# I. Introduction

## A. Epidémiologie

Les traumatismes du rachis thoraco-lombaire peuvent être sévères et compromettre le pronostic fonctionnel et parfois vital. Ils sont dominés par les fractures de la charnière dorso-lombaire. Deux problèmes se posent : Le premier d'origine mécanique nécessitant une réduction et une stabilisation de la lésion, et le deuxième neurologique. La moelle épinière se termine au niveau du cône terminal en regard de la charnière thoraco-lombaire, plus fragile et moins libres que le fourreau dural sous-jacent. Il est important de préciser le risque immédiat de la fracture liée à l'instabilité ainsi que le risque évolutif et donc les indications thérapeutiques qui en découlent.

Les fractures thoraco-lombaires sont fréquentes, leur incidence est estimée à 10 000 cas par an en France, dont 60 % sont situées entre T10 et L2 (1), zone charnière entre la cyphose dorsale et la lordose lombaire à l'origine de sollicitation biomécanique importante.

Dans une étude réalisée au Canada pendant 3 ans par Hu et al., l'incidence des traumatismes de la colonne vertébrale était de 64 pour 10 000 habitants (2). Cela représentait 21% de traumatismes du rachis cervical, 33% du rachis thoracique (parmi eux 17% présentaient des troubles neurologiques) et 46% du rachis lombaire (parmi eux 7% présentaient des troubles neurologiques) (**Figure 1**). La mortalité globale était de 4% liée à l'intensité du traumatisme associé à d'importantes lésions. Les circonstances de l'accident le plus fréquemment observé regroupaient : les chutes d'un lieu élevé, les accidents de circulation, les accidents du travail et enfin les accidents sportifs. On note 2 pics d'incidence chez les jeunes hommes et les femmes âgées.



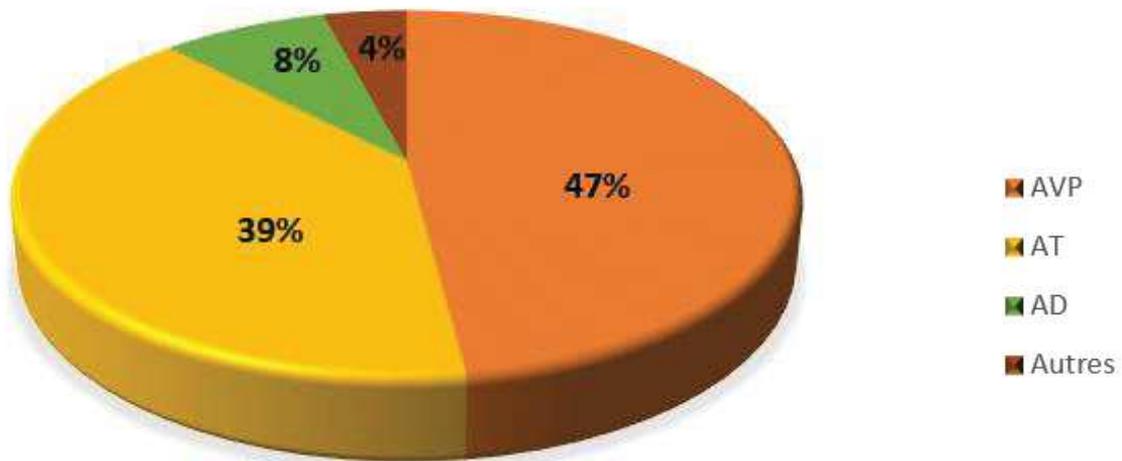
**Figure 1** répartition segmentaire des traumatismes du rachis

(Epidemiology of incident spinal fracture in a complete population. Spine. 1996)

Une étude anglaise menée par Cooper et al. rapporte un taux d'incidence de 117 pour 100 000 habitants (3). Le taux ajusté selon l'âge pour les femmes (145 pour 100 000 habitants) était le double de celui des hommes (73 pour 100 000 habitants) pour des fractures consécutives à un traumatisme modéré et augmentait fortement avec l'âge chez les deux sexes. En revanche les traumatismes à haute vitesse étaient plus fréquents chez les hommes et diminuaient avec l'âge.

En Chine, dans une étude réalisée par Wang et al. sur 3 142 patients présentant un traumatisme du rachis, 65,5% des patients étaient des hommes (4). La fréquence maximale de ces blessures apparaissait dans le groupe d'âge de 31 à 40 ans. Les accidents de la route ont tendance à se produire chez les patients les plus jeunes, alors que les chutes accidentelles ont tendance à se produire chez les patients plus âgés. La région thoraco-lombaire était la région de fracture la plus fréquente (54,9%). Les fractures de la colonne cervicale étaient significativement plus fréquentes chez les patients blessés dans des accidents de la route, tandis que les fractures de la colonne lombaire étaient plus fréquentes chez les patients victimes d'une chute d'un lieu élevé. Selon la classification de l'American Spinal Injury Association (ASIA), 479 patients (15,3%) ont été classés dans la catégorie des lésions de l'ASIA A, 913 patients (29,1%) étaient classés dans les catégories ASIA B, C ou D ; et 1 750 (55,7%) dans la catégorie ASIE E. A noter également que 954 patients (30,4%) présentaient des lésions non rachidiennes associées. La durée d'hospitalisation différait de manière significative entre les chutes accidentelles d'un lieu élevé et les chutes de faibles hauteurs, tout comme le coût moyen d'hospitalisation, mais aucune différence significative n'a été constatée entre les chutes accidentelles d'un lieu élevé et les accidents de la route. La durée d'hospitalisation différait significativement entre les 3 groupes selon la classification ASIA, tout comme le coût moyen d'hospitalisation. Les chutes accidentelles sont apparues comme la principale cause de fracture vertébrale traumatique dans cette étude, et le nombre de blessures causées par des chutes et de blessures sportives augmentait régulièrement avec l'âge.

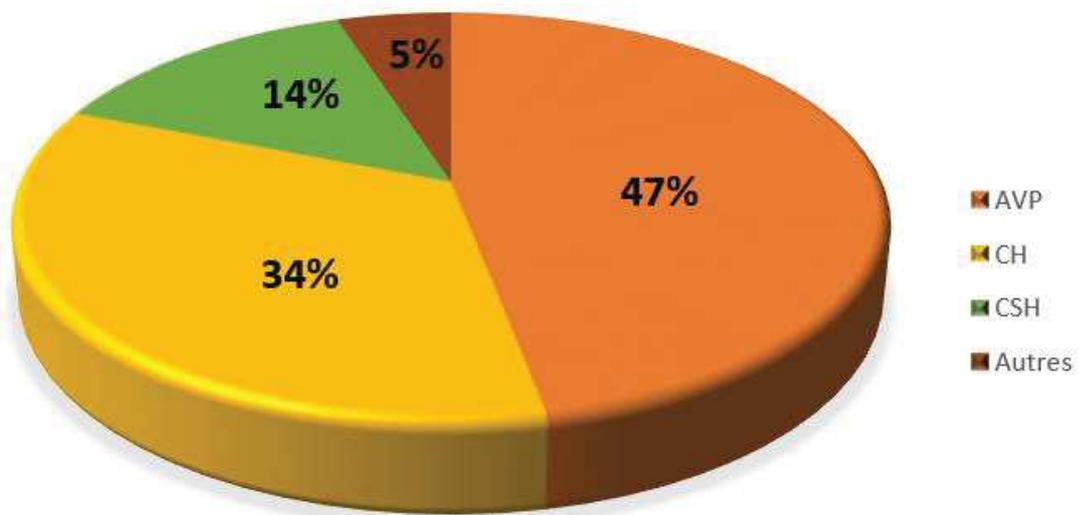
Une autre étude épidémiologique réalisée dans les Emirats Arabes Unis (5) retrouvait 57% de fractures de la colonne lombaire sur l'ensemble des traumatismes du rachis. Les accidents de la voie publique (AVP) représentaient 47% des traumatismes du rachis, suivis par les accidents de travail (AT) avec 39%, les accidents survenant au domicile (AD) avec 8% et enfin les autres localisations représentaient 4% (**Figure 2**). Les blessures les plus fréquentes chez les hommes étaient les accidents de la route (47%) et pour les femmes les accidents arrivaient le plus souvent à la maison (50%). Les blessures à la colonne vertébrale liées à la circulation étaient le mécanisme de blessure le plus courant (48%), suivies de la chute de hauteur (39%), d'une chute du même niveau (9% ; n = 21) et d'autres mécanismes ; tels que chutes d'objets et blessures causées par des animaux (4%) (tableau 3).



**Figure 2** répartition locale des traumatismes du rachis

(Epidemiology of spinal injuries in the United Arab Emirates. World J Emerg Surg WJES. 2015)

En s'intéressant au mécanisme lésionnel on retrouve en premier les accidents de la voie publique, suivi par les chutes d'un lieu élevé (CH), puis les chutes de se hauteur (CSH) et pour finir les autres mécanismes comme les chutes d'un objet avec traumatisme direct ou les chutes liées à un animal (**Figure 3**).



**Figure 3** répartition circonstancielle des traumatismes du rachis

(Epidemiology of spinal injuries in the United Arab Emirates. World J Emerg Surg WJES. 2015)

Mais la plupart des études épidémiologiques ont été limitées par la taille réduite de l'échantillon et les zones géographiques restreintes.

L'étude China national fracture study (CNFS) (6) dirigé par Bo et al. s'est intéressée à un échantillon plus vaste de 512 187 patients sur l'ensemble du territoire chinois. Le taux d'incidence des fractures de la colonne vertébrale traumatique était de 32,80 pour 100 000 personnes. Les probabilités de risque de fracture étaient environ multipliées par 3 à 4 pour les individus âgés de 35 à 54 ans et de 8 à 9 fois pour les individus de plus de 55 ans. Stratifiés par profession, les retraités et les chômeurs affichaient les taux d'incidence les plus élevés à 72,45 et 64,08 pour 100 000 habitants. Selon le niveau d'éducation, les analphabètes avaient le taux d'incidence le plus élevé (73,39 pour 100 000 habitants). Parmi tous les groupes d'âge, les fractures des vertèbres thoraco-lombaires (T11-L2) étaient les plus courantes pour les deux sexes, suivies des fractures des vertèbres lombaires (L3-L5). Quatre facteurs de risque indépendants de fractures traumatiques de la colonne vertébrale ont été mis en évidence, notamment le vieillissement, la consommation d'alcool, le sommeil <7 heures par jour et les antécédents de fracture.

Melton et al. (7) avaient constaté que la prévalence des fractures de la colonne vertébrale ajustée sur l'âge était de 6,5% dans le groupe d'âge des 50 à 59 ans et de 46,5% dans le groupe des 80 à 89 ans.

Ghaffarifam et al. (8), Tafida et al. (9), Holmes et al. (10) en arrivent aux mêmes conclusions, suggérant que les personnes âgées étaient plus exposées aux fractures de la colonne vertébrale. Mais également que le segment le plus touché demeurerait la charnière thoraco-lombaire.

On estime à 10000 le nombre de cas annuel de fractures du rachis thoracique et lombaire pris en charge en France (11). Avec le vieillissement croissant de la population, l'incidence des fractures vertébrales traumatiques pourrait augmenter dans les prochaines années. La majorité des patients ne présente pas de troubles neurologiques lors de la prise en charge initiale (2) (12) (13). Le traitement est orthopédique dans 60% des cas, fonctionnel dans 10% des cas, seules 30% des fractures sont traitées chirurgicalement (14) (15). Il existe néanmoins une tendance croissante au traitement chirurgical minimal invasif, ce qui permet une récupération rapide pour le patient, qui se lève sans corset dès le premier jour postopératoire.

Sur le plan économique, la chirurgie minimale invasive permet de diminuer la durée du séjour hospitalier et le coût de la prise en charge d'une fracture thoraco-lombaire. En 2018 le tarif plein du GHS (groupe homogène de soins) pour une fracture du rachis thoraco-lombaire avec traitement orthopédique varie de 710,85 euros à 2 738,02 euros en fonction des comorbidités (GHS 3111 à 3114). La durée moyenne de séjour oscille entre 6 jours et 21 jours. Le tarif plein du GHS en cas de traitement chirurgical s'élève de 4 021,62 euros à 13 926,88 euros (GHS 2897 à 2900) pour une durée moyenne de séjour de 10 jours à 30 jours. Le tarif CCAM de la confection d'un appareil rigide d'immobilisation de la colonne vertébrale thoracique et lombaire (LEMP001) est de 62,70 euros. Le tarif du traitement chirurgical varie de 490,15 euros à 542,39 euros pour l'arthrodèse postérieure (LHCA010), et est de 577.84 euros pour l'arthrodèse antérieure (LFCA005). Ces durées moyennes de séjour sont basées sur la chirurgie à ciel ouverte et minimale invasive confondues. La chirurgie minimale invasive n'est pas représentée spécifiquement dans la cotation des actes opératoires (CCAM).

## **B. Anatomie et physiologie**

La colonne vertébrale est constituée de vingt-quatre vertèbres libres. Le rachis est aligné symétriquement dans le plan frontal et présente une succession de courbures inversées dans le plan sagittal, développées au cours de la croissance. La structure de la colonne vertébrale est adaptée à ses multiples fonctions : assurer la stabilité et maintenir une posture érigée ; permettre la mobilité de la tête, du tronc et des membres dans l'espace ; supporter et transmettre les charges appliquées aux parties supérieures du corps aux membres inférieurs ; absorber les chocs ; et protéger les structures nerveuses, notamment la moelle épinière.

### **1. Analyse radiologique du segment thoraco-lombaire**

Les corps vertébraux grossièrement parallélépipédiques, augmentent progressivement de taille entre T1 et L5. Les aspects varient en fonction du niveau (16). De face on note des plateaux vertébraux parallèles en T4, T8, T9, L3 et L4. De profil on retrouve un aspect cunéiforme entre T1 et L2. Les plateaux vertébraux de L3 sont classiquement à l'horizontal. Les processus articulaires présentent à leurs extrémités des facettes articulaires qui déterminent avec celles des vertèbres adjacentes les lignes articulaires : à direction oblique en bas, en avant et en dedans à l'étage thoracique ; et à direction oblique vers l'arrière et la ligne médiane à l'étage lombaire. Les processus transverses s'insèrent latéralement sur les processus articulaires à hauteur des pédicules. La réunion des lames avec les processus épineux ferme en arrière le foramen vertébral. Les côtes contribuent à la stabilité du rachis thoracique. Les dix premières sont articulés avec les processus transverses et les

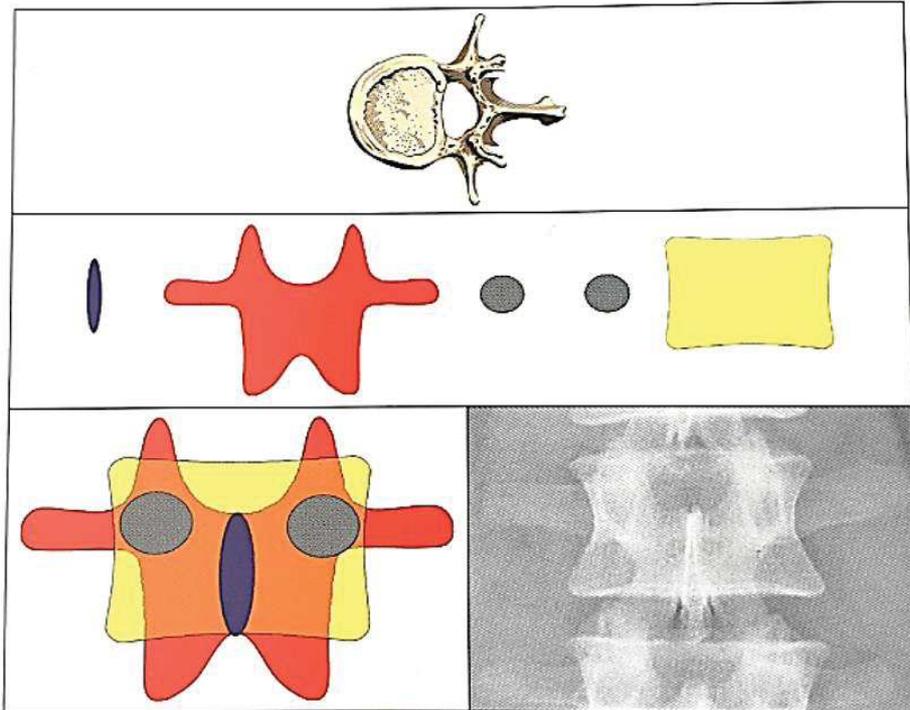
corps vertébraux. Les deux dernières côtes sont flottantes et ne s'articulent pas avec les processus transverses, elles ne rejoignent pas le sternum en avant.

Pour explorer le rachis traumatique, des radiographies de face et de profil, centrées sur les vertèbres cliniquement suspectes peuvent être utilisées en première intention. On privilégiera le segment le plus souvent touché à savoir la jonction thoraco-lombaire entre T10 et L2. Les incidences de trois-quarts sont inutiles. L'analyse radiologique doit être menée avec attention notamment au niveau des pédicules sur les clichés de face et le mur postérieur sur les clichés de profil.

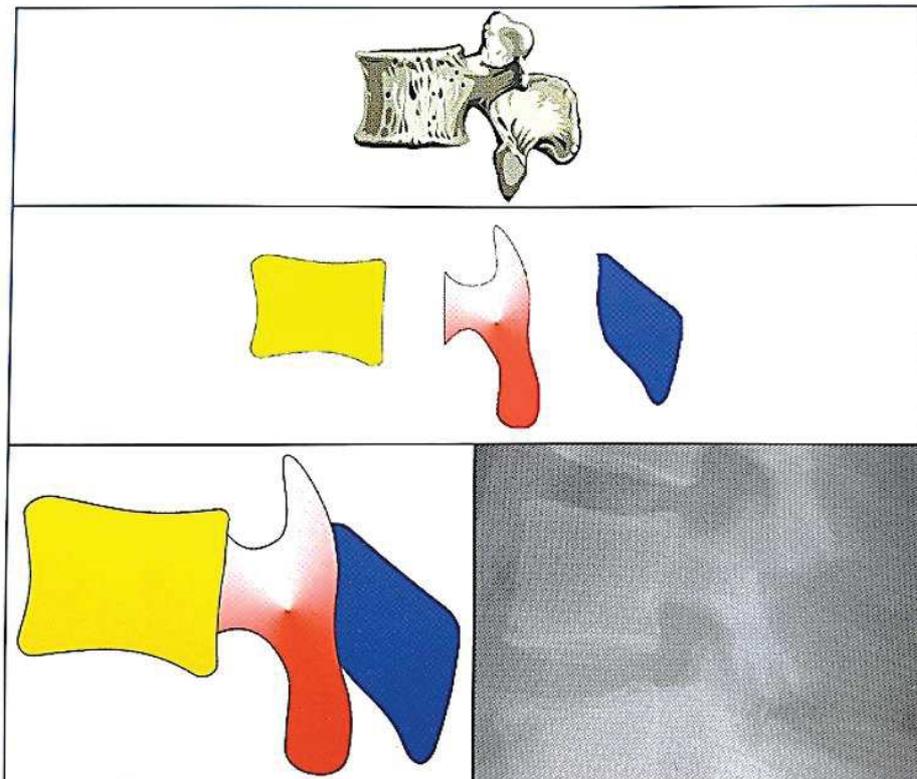
Les pédicules (yeux de la vertèbre) sont cerclés par une corticale dense continue à grand axe vertical. Ils siègent dans la concavité des murs latéraux à hauteur des processus transverses. La distance inter-pédiculaire normale contient par repliement deux fois la taille d'un pédicule. Il faut vérifier systématiquement l'intégrité de l'anneau pédiculaire, l'équidistance des processus épineux et les espaces interapophysolaires. A l'étage thoracique il faut inspecter les hauteurs respectives des espaces intercostaux (**Figure 4**).

Sur l'incidence de profil, il faut vérifier l'intégrité des corticales des murs et des plateaux vertébraux. On vérifiera également les hauteurs respectives des espaces interépineux, des foramens intervertébraux et des disques (**Figure 5**).

La connaissance des bases anatomiques du rachis thoraco-lombaire est un prérequis indispensable. Il est décrit par Louis (17) comme un système à 3 colonnes assurant plusieurs fonctions : statique, dynamique et protection du système nerveux.



**Figure 4** schéma de lecture de la vertèbre de face



**Figure 5** schéma de lecture de la vertèbre de profil

On étudiera successivement, de l'arrière vers l'avant, le processus épineux (en bleu), l'arc neural (en rouge), les pédicules (en gris) et le corps vertébral (en jaune) (Traumatologie du rachis J,-C-DOSCH; Masson)

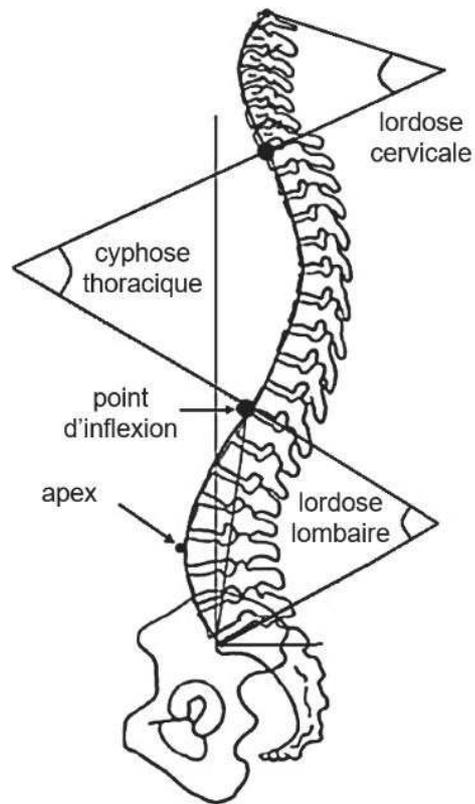
## 2. Statique vertébrale et équilibre sagittal

L'espèce humaine est caractérisée par la bipédie, qui a pour avantage de libérer les membres supérieurs pour d'autres tâches mais ceci se fait au détriment d'un équilibre global plus précaire.

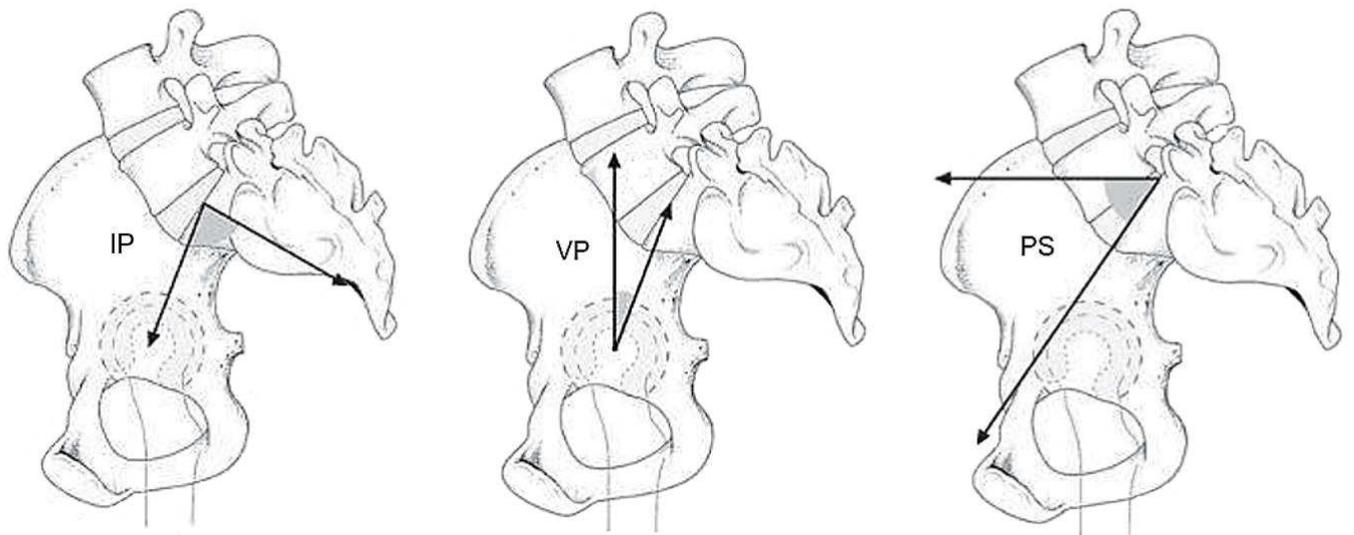
Dans le plan frontal, le rachis sain est rectiligne sans aucune courbure. Inversement, le plan sagittal présente des courbures physiologiques. Il existe une lordose cervicale (7 vertèbres cervicales de C1 à C7) mobile, une cyphose thoracique (12 vertèbres dorsales de T1 à T12) peu mobile, une lordose lombaire (cinq vertèbres lombaires de L1 à L5) mobile et une cyphose sacrée non mobile constituée par le sacrum appelée également vertèbre pelvienne par Dubousset (1/7ème de la hauteur de la colonne vertébrale) (**Figure 6**). Il est également indispensable de tenir compte du bassin dans l'analyse de l'équilibre sagittal rachidien. La cyphose thoracique (CT) (18) est l'angle entre le plateau supérieur de la première vertèbre thoracique T1 et le plateau inférieur de la douzième vertèbre thoracique T12, selon la méthode de Cobb. La CT est la courbure du rachis thoracique dans le plan sagittal, le plus souvent convexe en arrière. La lordose lombaire (LL) est l'angle entre le plateau supérieur de la 1ère vertèbre lombaire et le plateau inférieur de la 5ème vertèbre lombaire. La LL est définie comme la courbure dans le plan sagittal du rachis lombaire, principalement concave en arrière. Selon Roussouly et al. la lordose lombaire est mesurée entre le point d'inflexion entre la courbure en lordose du rachis lombaire et la courbure en cyphose du rachis thoracique et le plateau supérieur de S1 (19).

L'équilibre sagittal global correspond à l'étude des paramètres pelviens et rachidiens décrits par Duval-Beaupère et al. (20) (**Figure 7**) comprennent :

- l'incidence pelvienne (IP) (moyenne :  $52^\circ$ ) est l'angle formé par la droite joignant le centre des 2 têtes fémorales et le milieu du plateau supérieur de S1, avec la perpendiculaire au plateau supérieur de S1 en son milieu. L'IP est un paramètre morphologique constant pour chaque individu et indépendant de l'orientation du pelvis dans l'espace.
- la version pelvienne (VP) (moyenne :  $11,4^\circ$ ) est l'angle formé par la droite joignant le centre des 2 têtes fémorales et le milieu du plateau sacré, avec la verticale. La VP est, avec la pente sacrée, un paramètre positionnel qui définit l'orientation du bassin. Le bassin bascule autour de l'axe des têtes fémorales. En antéversion, le bassin est déporté en avant des têtes fémorales : la VP diminue. En rétroversion, le bassin est déporté en arrière des têtes fémorales : la VP augmente. Ce mécanisme permet de compenser un déséquilibre antéro-postérieur en ajustant la position des têtes fémorales sous la charnière occipito-cervicale
- la pente sacrée (PS) (moyenne :  $40,6^\circ$ ) est l'angle entre la tangente au plateau sacré avec l'horizontale. La pente sacrée est un paramètre positionnel. Elle reflète la position du sacrum dans le plan sagittal.



**Figure 6** courbures physiologiques rachidiennes dans le plan sagittal



**Figure 7** paramètres pelviens de l'équilibre sagittal

L'incidence pelvienne (IP) est un paramètre anatomique invariable dans le temps dès la fin de la croissance et elle peut légèrement augmenter avec le vieillissement de la colonne vertébrale. Ce paramètre est indépendant de la position du bassin dans l'espace. L'IP est proportionnel à deux paramètres positionnels : la pente sacrée (PS) et la version pelvienne (VP). Ces derniers varient dans le temps pour compenser l'équilibre pelvi-rachidien selon la formule  $IP = PS + VP$ . L'IP est également corrélée à la lordose lombaire (LL) théorique idéale ( $LL = IP \pm 10^\circ$ ) (21). A noter que les deux tiers de la lordose lombaire se situent en L4 et S1 (19) ( $L4-S1 = 0,66 L1-S1$ ). L'analyse de cet équilibre sagittal est aujourd'hui fondamentale et incontournable, aussi bien dans la prise en charge des pathologies dégénératives qu'en traumatologie. Sa restitution doit donc rester une préoccupation constante dans la prise en charge des fractures thoraco-lombaires afin d'assurer un résultat fonctionnel le plus satisfaisant possible. Il convient également de raisonner en fonction du niveau de la fracture. Ainsi, la présence d'une lésion traumatique cyphosante dans une région normalement en lordose est d'autant plus grave en termes de statique rachidienne et nécessite une restitution aussi anatomique.

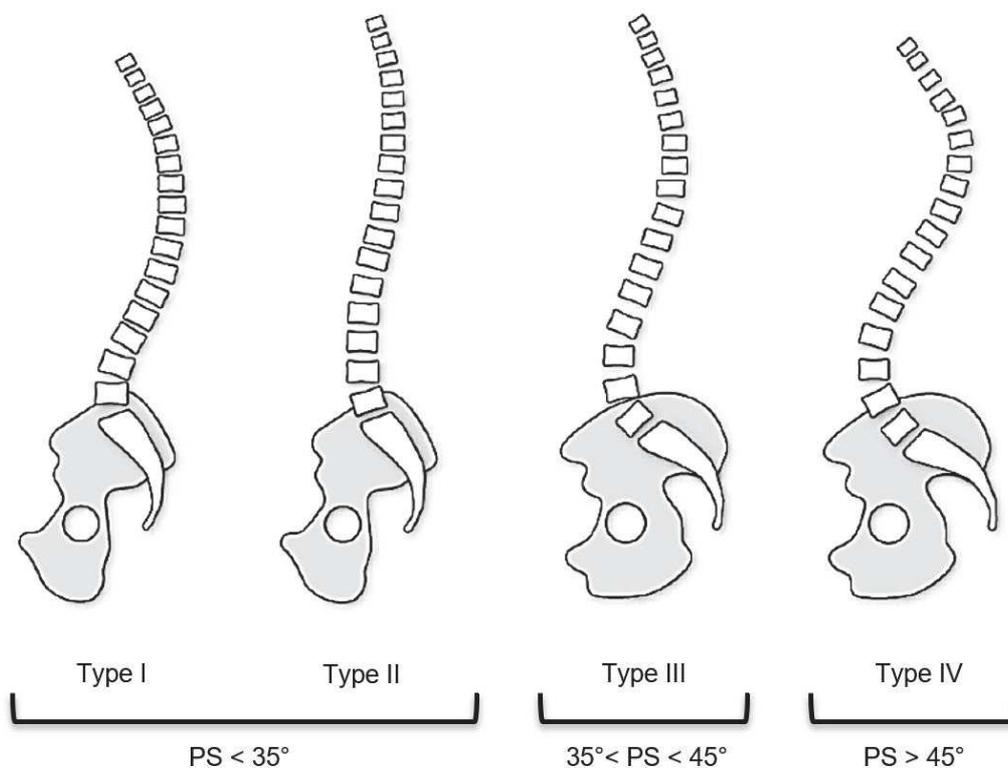
Roussouly et al. ont pris en compte ces différents paramètres, rachidiens et pelviens, dans une étude prospective d'une population normale asymptomatique pour définir quatre types de forme de rachis notamment en prenant en compte le point d'inflexion (22) (**Figure 8**).

Le type 1 regroupe les individus présentant une pente sacrée inférieure à  $35^\circ$ , avec une lordose lombo-sacrée raccourcie et une lordose globale faible ( $\sim 50^\circ$ ) avec un apex en L5 en moyenne. La cyphose thoracique est très longue, descend sur les vertèbres lombaires. L'incidence pelvienne est faible.

Le type 2 présente des critères proches au niveau pelvien. Il s'agit de sujets ayant une faible pente sacrée, inférieure à  $35^\circ$ , avec une lordose quasi effacée ( $\sim 50^\circ$ ) avec un apex moyen en L4. Là aussi, l'incidence est faible. C'est le classique dos plat lombaire.

Le type 3 est constitué de sujets présentant une pente sacrée entre  $35^\circ$  et  $45^\circ$ , avec une lordose harmonieuse d'environ  $60^\circ$ . L'apex est en L4. L'incidence est en moyenne de  $51^\circ$ . C'est le type de dos le plus harmonieux. Il existe un sous-groupe récemment nommé type 3 à bassin antéversé.

Le type 4 regroupe les individus avec une pente sacrée forte, supérieure à  $45^\circ$ , et une incidence élevée, en moyenne  $63^\circ$ . Du fait de ces grandes incidences et pente sacrée, on observe une grande lordose ( $71^\circ$  en moyenne) qui remonte haut, avec un apex en L3 en moyenne.



**Figure 8** classification des courbures rachidiennes selon Roussouly

(classification of the normal variation in the sagittal alignment of the human lumbar spine and pelvis in the standing position. Spine. 2005)

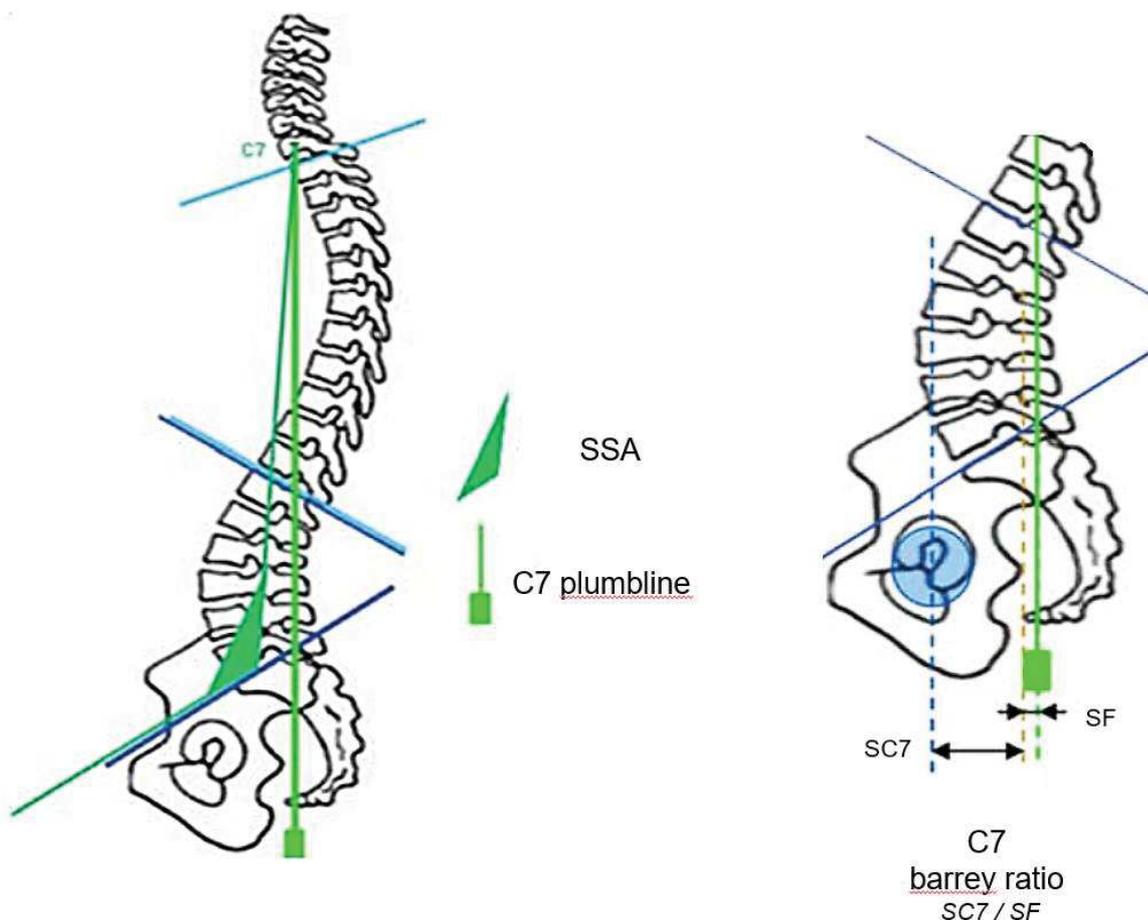
Définir l'état optimal de l'équilibre rachidien est difficile. Une compréhension complète des relations compensatoires entre la colonne vertébrale, le bassin et les membres inférieurs reste difficile. D'autres paramètres peuvent être utiles.

La gîte sagittale de C7 (23) est l'angle formé par la droite joignant le centre du corps de la septième vertèbre cervicale (C7) et le milieu du plateau sacré, avec la ligne verticale de référence. Sa valeur est positive lorsque C7 se projette en avant du milieu du plateau sacré, négative en arrière.

La sagittal vertebral axis (SVA) ou C7 plumbline est la distance entre la projection de la verticale de C7 et le bord postéro-supérieur de la 1ère vertèbre sacrée (S1). Ce paramètre permet de décrire l'équilibre sagittal global rachidien, il est la référence dans la littérature internationale. Sa valeur moyenne dans une population de témoins est  $0,5 \pm 2,5$  cm, elle est positive lorsque C7 se projette en avant du sacrum, négative en arrière

Le C7 Barrey ratio (24) est le rapport de distance de la verticale de C7 (7) et des têtes fémorales (SFD) par rapport au coin postéro-supérieur de S1. En situation d'équilibre, la verticale de C7 est située à l'aplomb du coin postéro-supérieur du plateau sacré. Sa valeur moyenne chez les sujets sans pathologie rachidienne est de  $0,9 \pm 1$ . Sa valeur est négative lorsque C7 est en arrière du sacrum, elle est nulle lorsque C7 est à l'aplomb du coin postéro-supérieur de S1, elle est égale à 1 lorsque C7 est à l'aplomb des têtes fémorales et supérieure à 1 lorsque C7 est en avant des têtes fémorales.

Le spino sacral angle (SSA) est l'angle entre la droite joignant le centre du corps de C7 et le milieu du plateau supérieur de la 1ère vertèbre sacrée S1, avec la tangente au plateau supérieur de S1. Le SSA permet une évaluation de la cyphose de l'ensemble du rachis, il diminue en cas de perte de lordose lombaire ou d'augmentation de la cyphose thoracique. Roussouly (23) a montré une grande corrélation entre SSA et PS ( $r=0,91$ ,  $p<0,001$ ), La valeur moyenne du SSA dans la population asymptomatique est  $135\pm 8^\circ$  (**Figure 9**).



**Figure 9** (sagittal balance of the pelvis-spine complex and lumbar degenerative diseases. A comparative study about 85 cases. Barrey C, Jund J, Nosedo O, Roussouly P. Eur Spine J. 2007)

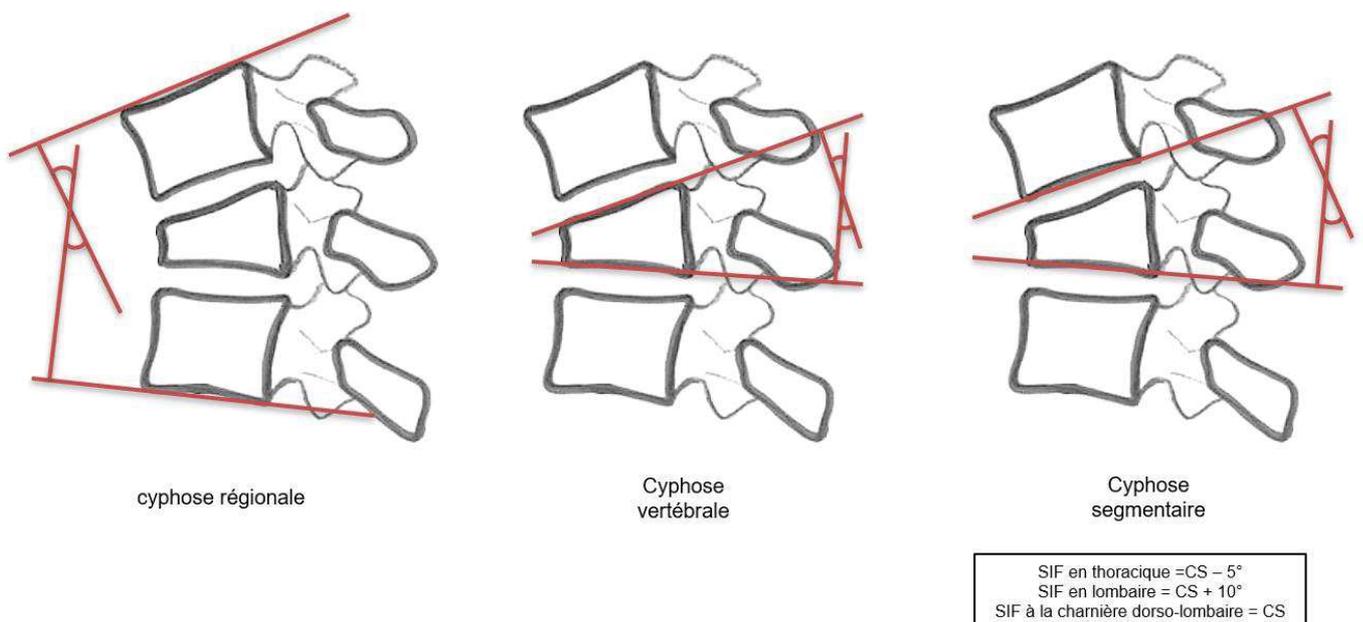
Une fracture peut induire une déformation rachidienne dans le plan frontal et dans le plan sagittal. Les conséquences fonctionnelles d'un potentiel cal vicieux justifient une correction efficace et pérenne.

Des clichés radiographiques de face et de profil doivent être systématiquement réalisés pour analyser la morphologie de la fracture ainsi que son potentiel d'instabilité. Ils permettent de mesurer la déformation locale et régionale secondaire à la fracture. Leur mesure est réalisable aussi bien sur des clichés standards que sur des reconstructions TDM sagittales. Il faut cependant considérer que la majorité des imageries sont réalisées en décubitus dorsal ce qui sous-estime la déformation supposée en charge.

Les paramètres rachidiens segmentaires (**Figure 10**) définis par Stagnara et al. (25) sont essentiels afin d'orienter la prise en charge thérapeutique. La cyphose vertébrale (CV) ou index de cunéiformisation évalue la déformation sagittale intra lésionnelle (angle formée par les plateaux de la vertèbre fracturée). L'angle de cyphose régionale (CR) ou angle de Cobb est formé par le plateau vertébral supérieur de la vertèbre sus-jacente et le plateau vertébral inférieur de la vertèbre sous-jacente. Il prend en compte la déformation induite par la fracture et par les lésions disco-ligamentaires éventuellement associées. Cependant, du fait des courbures physiologiques du rachis, une même valeur de CR n'a pas la même signification pour la cyphose thoracique que pour la lordose lombaire. L'angle régionale traumatique (ART) est définie comme la déformation induite par le traumatisme et se mesure comme la CR moins la valeur de courbure physiologique au niveau considéré en fonction des mesures établies par Stagnara :  $ART = CR - \text{courbure physiologique}$  ( $9^\circ$  pour T11 ;  $7^\circ$  pour T12 ;  $1^\circ$  pour L1 ;  $-8^\circ$  pour L2). Cette valeur est considérée comme positive dans les traumatismes

en flexion et négative lors des mécanismes en extension. Elle permet une évaluation plus précise de la lésion en fonction du profil physiologique et également de rendre compte de la qualité de la réduction thérapeutique, surtout en lombaire où il existe une forte lordose physiologique.

Farcy (26) a proposé un index corrigé pour aider à évaluer la déformation segmentaire cyphotique (CS) dans les fractures par éclatement (27). Il tient compte de la déformation physiologique locale à savoir  $+5^\circ$  en thoracique,  $0^\circ$  à la charnière thoraco-lombaire,  $-10^\circ$  en lombaire. Un sagittal index de plus de  $10^\circ$  n'est pas tolérable et nécessite un geste de réduction. En l'absence de support antérieur suffisant, la statique vertébrale ne peut être maintenue. Cet index apprécie également le risque de déformation vertébrale secondaire avec progression de la cyphose segmentaire



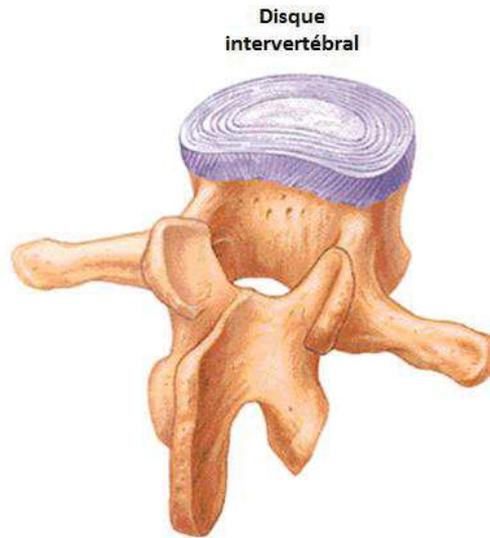
**Figure 10** paramètres rachidiens segmentaires

### 3. Segment mobile et amortisseur

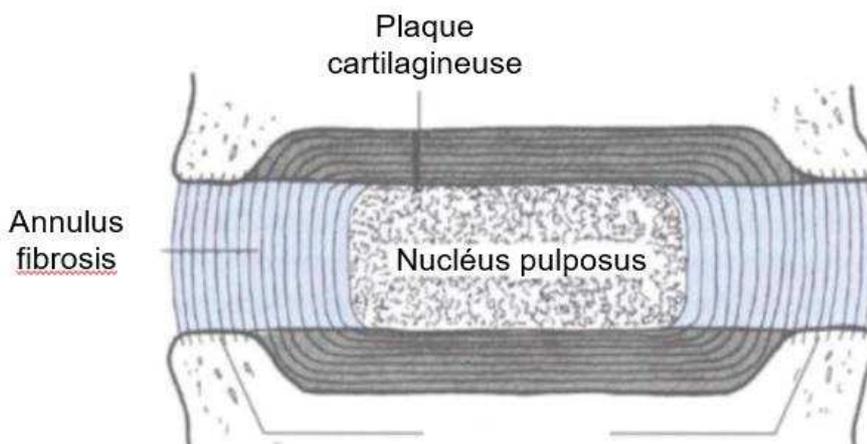
#### a) Le disque intervertébral

Le disque intervertébral est le principal élément amortisseur de la colonne, il permet de résister à la transmission des forces de pesanteur et d'assurer des mouvements amples et multidirectionnels. C'est une structure cartilagineuse en forme de lentille biconvexe interposée entre les corps vertébraux (**Figure 11**). On peut distinguer à chaque disque intervertébral deux parties : l'une périphérique, l'autre, centrale. La partie périphérique, appelée également anneau fibreux (*annulus fibrosus*), élastique et blanchâtre, est constituée par des lamelles fibreuses concentriques en pelure d'oignon tendues obliquement entre les corps vertébraux adjacents (**Figure 12**). La partie centrale, appelée également noyau pulpeux (*nucleus pulposus*) composée à 80% d'eau, est une substance gélatineuse et molle, de forme ovoïde et incluse dans la partie centrale de l'anneau plus près du bord postérieur que du bord antérieur. Le nucléus pulposus occupe 50% de la surface du disque et joue le rôle d'un amortisseur. Il répartit les pressions et sert de pivot de rotation. Sa position postérieure et sa mobilité expliquent qu'il puisse être subluxé en arrière, entraînant un conflit radiculaire.

L'épaisseur des DIV lombaires varie de 10 à 15 mm. Il est non vascularisé chez l'adulte, pauvre en cellules. Il est composé principalement de protéoglycanes, d'eau et de collagène de type II. Le nucleus pulposus est composé de quatre fois plus de protéoglycanes, deux fois plus d'eau et deux fois moins collagène que l'annulus (28) A l'opposé la vertèbre est composite avec une matrice corticale composée essentiellement de collagène et un os spongieux. Le collagène n'a aucune résistance en compression mais une grande résistance à la traction. Inversement, l'os spongieux est plus résistant à la compression.



**Figure 11** schéma d'un disque intervertébral



**Figure 12** coupe d'un disque intervertébral

Le plateau vertébral cartilagineux de part et d'autre du disque intervertébral a une épaisseur de 1,5 mm caractérisé par un module d'élasticité inférieure à l'os cortical il est mal vascularisé et plus fragile que le disque. Il est perforé de fins pertuis qui servent de conduits pour les liquides nourriciers entre l'os spongieux et le disque. Le disque peu pénétrer le cartilage et former une hernie intraspongieuse dite de Schmorl. Il n'y a pas de structure fibrillaire amarrant la plaque cartilagineuse à l'os sous-chondral de telle sorte qu'elle peut être arrachée au cours d'un mouvement forcé.

La nutrition et l'élimination des produits de dégradation du métabolisme cellulaire du disque intervertébral s'effectuent essentiellement par un processus de diffusion avec les vaisseaux péridiscaux au travers de la plaque cartilagineuse située à l'interface disque-os et accessoirement avec les plexus vasculaires à la périphérie de l'annulus fibrosus.

Seule la partie centrale de la plaque en regard du nucléus est perméable (29). La vitalité du disque intervertébral dépend de l'intégrité de la plaque cartilagineuse vertébrale, dont le décollement du corps vertébral adjacent est une modification précoce de la dégénérescence discale (30). La nutrition du disque intervertébral dépend également de l'état de la vascularisation intrinsèque du rachis. Les altérations discales au cours du vieillissement pourraient être favorisées par un état circulatoire précaire.

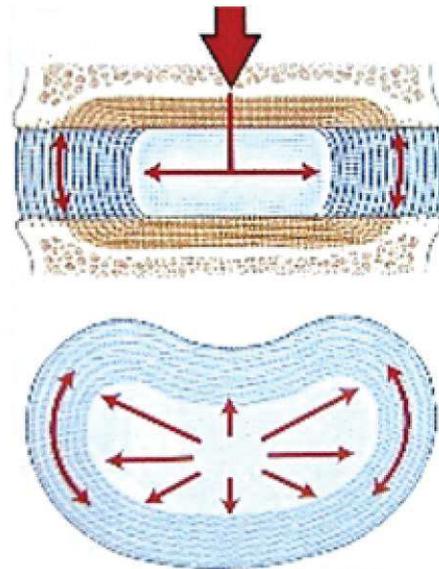
Le disque n'est innervé qu'à sa périphérie. Le nucléus est dépourvu de toute innervation sensitive. Des terminaisons libres nociceptives sont présentes dans les lamelles superficielles. Il existe donc un substrat anatomique à la douleur discogénique (31).

Sur le plan biomécanique (32) on distingue 2 types de contraintes s'exerçant sur le disque. Les contraintes courtes et intenses où le disque se comporte tel un solide élastique comme un ressort. Les contraintes longues de faible intensité où le disque se comporte comme un fluide newtonien tel un amortisseur.

La viscoélasticité des disques influence les contraintes reçues par les structures adjacentes. La résistance au cisaillement pour une contrainte appliquée de façon

rapide est absorbée à 30 % par les facettes articulaires contre 100% si la contrainte est appliquée lentement.

Les contraintes en compression exercée au niveau du disque son absorbée par l'annulus et transformées en force de traction sur l'annulus (**Figure 13**).



*Figure 13 force appliquée au niveau du disque intervertébral*

Nachemson et al. ont étudié la fonction d'amortissement du disque en mesurant la pression intra discale in vivo par discomanométrie dans différentes positions (33). Cette pression était de 100 Kgf (kilogramme-force) en position debout, 25 Kgf en décubitus dorsal et 140 Kgf en position assise. Il en découle que la position assise est plus contraignante que la position debout.

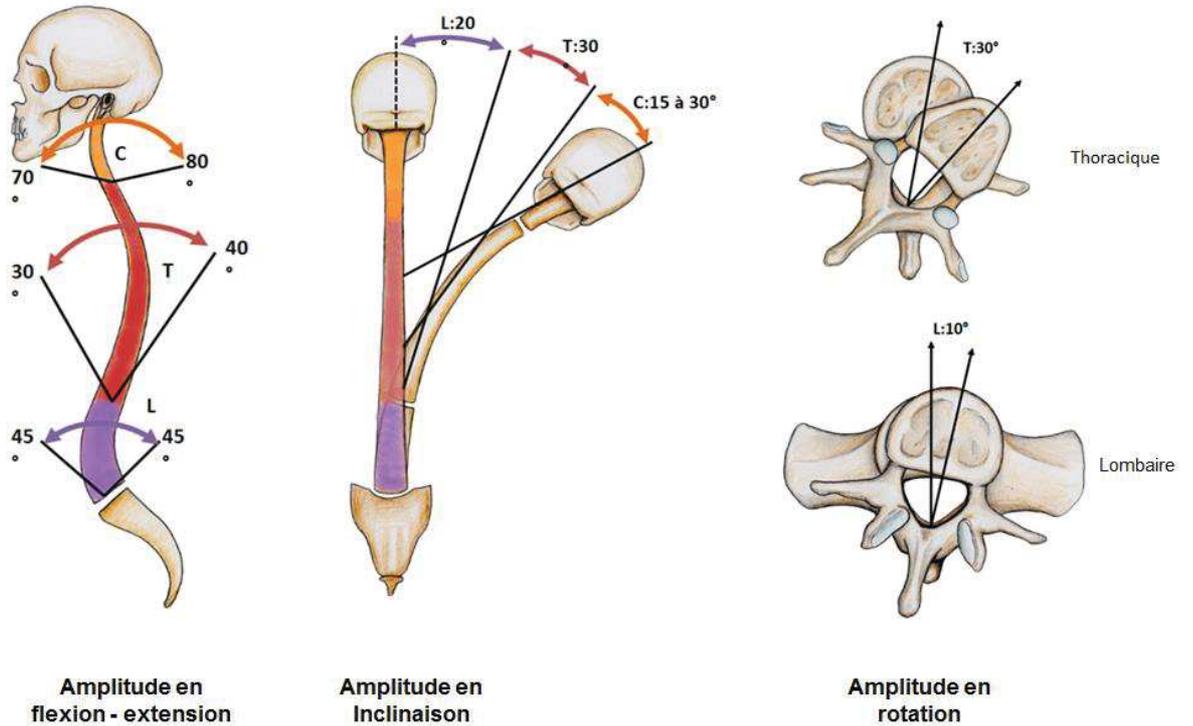
L'état d'hydratation du disque joue un rôle majeur. Un nucléus déshydraté transmet mal les forces de compression à l'annulus.

## b) Le segment mobile

Le disque intervertébral permet une grande étendue de mouvements entre deux vertèbres, mais ceux-ci sont limités par le jeu des articulations zygapophysaires et la mise en tension des structures ligamentaires passives. Plus précisément, les massifs articulaires se comportent comme des guides dont la fonction est d'orienter le mouvement. Les structures capsulo-ligamentaires et les muscles agissent comme des freins qui vont limiter et rendre le mouvement harmonieux. Les amplitudes de ces mouvements sont très variables suivant les individus (âge, sexe, musculature et élasticité des tissus) et suivant le niveau considéré. Les mouvements se font dans le segment mobile intervertébral de Junghanns (34) comprenant le disque, les ligaments intervertébraux et les articulaires postérieures. Ces mouvements se font dans les trois plans l'espace autour de trois axes.

Au niveau lombaire, à cause de l'orientation des facettes articulaires, les mouvements de rotation sont limités alors que les mouvements de flexion-extension sont importants. La flexion-extension lombaire a une amplitude de 45°. L'amplitude de l'inclinaison lombaire est de 20°. En rotation, le rachis lombaire est peu mobile, il présente une amplitude de 10°.

En thoracique la flexion-extension a une amplitude respective de 30° à 40°. L'amplitude d'inclinaison thoracique est de 30°. En rotation l'amplitude du rachis thoracique est de 30° (**Figure 14**).

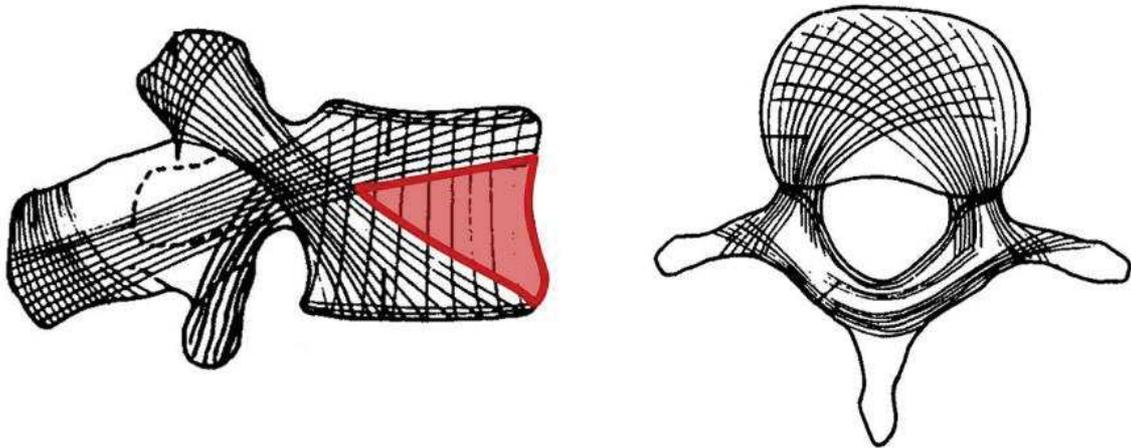


**Figure 14** amplitudes des mouvements de la colonne vertébrale dans les 3 plans de l'espace

La balance rachidienne lombaire fonctionne selon un levier inter appui. Le fléau de la balance se trouve au milieu du complexe disco-corporéal. Le centre de gravité du tronc se projette en avant de la colonne avec un bras de levier deux fois plus long que celui des muscles extenseurs du rachis nécessitant une force deux fois plus grande pour maintenir le tronc droit. Cela explique pourquoi il y a une augmentation des contraintes chez les personnes en surpoids ou présentant une insuffisance musculaire abdominale ou rachidienne.

La répartition des contraintes en compression se fait également selon un levier inter-appui à 82% sur le complexe disco-corporeal ou colonne antérieure et 18% arc postérieur ou colonne postérieure

Les corps vertébraux encaissent des contraintes en compression. Ils présentent des corticales minces, les trabéculations de l'os spongieux sont horizontales, verticales et obliques, elles transmettent les contraintes du plateau supérieur vers les épineuses et les articulaires inférieurs et d'autre part des articulaires supérieures vers le plateau inférieur. On notera la fragilité de la partie moyenne et antérieure du corps vertébral exposée au tassement.



**Figure 15** lignes de force d'une vertèbre lombaire, zone de faiblesse matérialisée en rouge

Les muscles postérieurs érecteurs du rachis enveloppés par leur fascia constituent une véritable contention pneumatique postérieure. Le diaphragme, les muscles abdominaux et les muscles pelviens maintiennent la cavité abdominale en compression constituant une contention pneumatique antérieure ou airbag antérieur protégeant la colonne vertébrale.

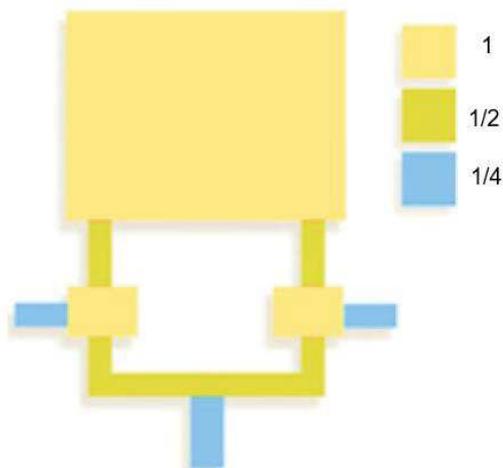
En cas d'insuffisance musculaire ou de surpoids la balance est déséquilibrée et les contraintes appliquées au rachis augmentent.

#### **4. Instabilité rachidienne et rôle protecteur neurologique**

La colonne vertébrale ou rachis est une longue tige osseuse, résistante et flexible, située à la partie médiane et postérieure du tronc, depuis la tête qu'elle soutient jusqu'au bassin qui la supporte. Son rôle principal est la protection de la moelle épinière contenue dans le canal rachidien. La stabilité du rachis se définit comme la capacité des pièces vertébrales à maintenir leur cohésion lors des mouvements du corps. Inversement, une instabilité du rachis correspond à la survenue d'un mouvement anormal ou d'un mouvement normal avec une amplitude exagérée pouvant entraîner des lésions neurologiques souvent définitives. Elle peut être la conséquence de lésions osseuses ou disco ligamentaires. Les capacités dynamiques physiologiques de la colonne vertébrale dépendent du niveau concerné. Ainsi la partie thoracique est essentiellement mobile en rotation avec un maximum en T8-T9 du fait de l'articulation avec les côtes et le sternum. Au niveau de la charnière thora colombar, il existe une zone transitionnelle entre le rachis thoracique peu mobile et le rachis lombaire très mobile, la rendant vulnérable aux fractures.

La conjonction d'une lésion osseuse déformante en cyphose avec un potentiel recul du mur postérieur de la vertèbre et d'une instabilité disco ligamentaire sont à l'origine de troubles neurologiques radiculaires ou médullaires qui nécessitent une prise en charge chirurgicale en urgence.

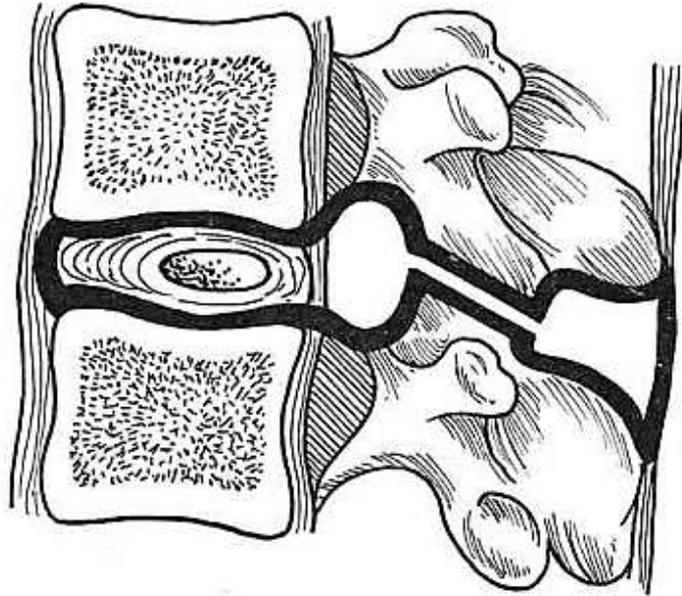
Louis (17) a divisé le rachis en trois colonnes (**Figure 16**). L'atteinte traumatique d'une colonne est cotée 1, celle d'un élément de liaison 1/2 et celle d'un élément périphérique 1/4. L'instabilité osseuse est jugée sur la somme des coefficients d'instabilité



**Figure 16** coefficient d'instabilité de Louis

Steib J-P, Mitulescu A, Bogorin I, Chiffolot X. Traumatismes récents du rachis thoraco-lombaire. Techniques chirurgicales. EMC

Junghanns (34) a introduit la notion de segment mobile rachidien (SMR) (**Figure 17**) correspondant aux éléments disco-ligamentaires. Leur atteinte engendre une instabilité avec un potentiel de cicatrisation très limité.



**Figure 17** segment mobile rachidien

Roy-Camille a insisté sur le segment vertébral moyen (SVM) qui comporte le mur vertébral postérieur, le ligament vertébral postérieur, les pédicules, les articulaires et la partie latérale des lames. L'atteinte du SVM est un facteur d'instabilité surtout en rotation.



**Figure 18** segment vertébral moyen

Steib J-P, Mitulescu A, Bogorin I, Chiffolot X. Traumatismes récents du rachis thoraco-lombaire. Techniques chirurgicales. EMC

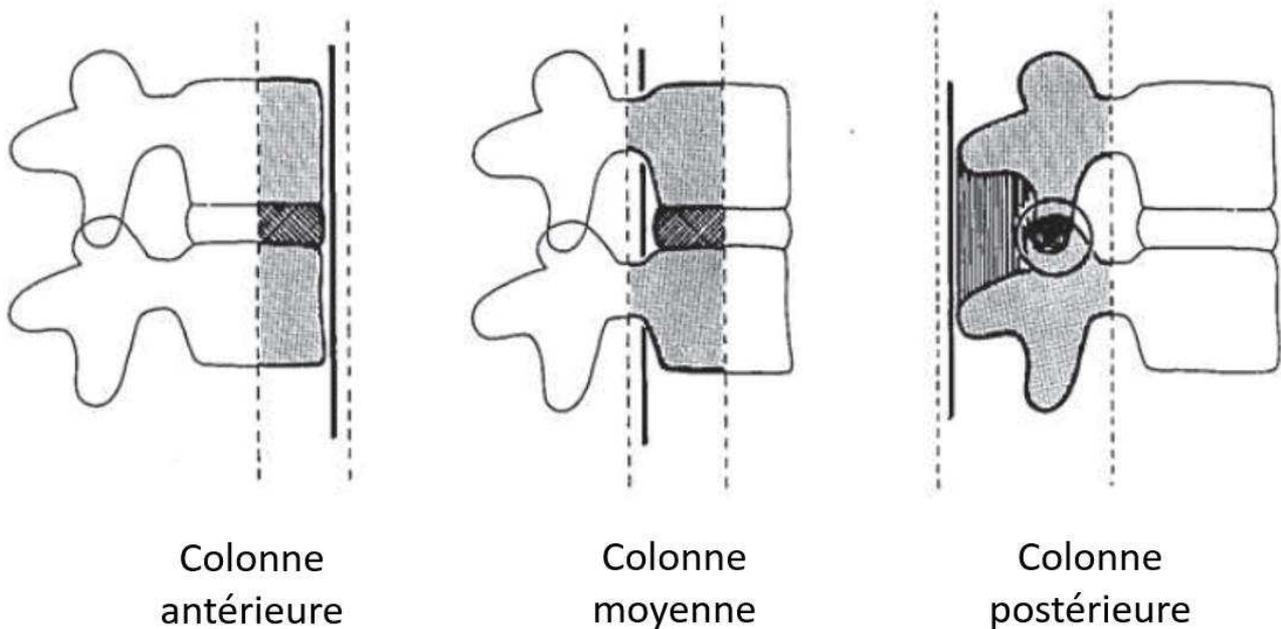
### **C. Classifications des fractures**

Un système de classification moderne doit intégrer la compréhension actuelle de la biomécanique des traumatismes thoraco-lombaires et la disponibilité de modalités d'imagerie moderne. Le système de classification doit être simple, reproductible et doit préciser le degré d'instabilité, les risques évolutifs et les possibilités thérapeutiques. L'analyse radiologique, tomodensitométrique et IRM permettent d'explorer l'arc vertébral postérieur ainsi que la comminution du corps mais également l'analyse du complexe discoligamentaire.

Parmi les premières classifications, on retrouve la notion de 2 colonnes développée en 1968 par Kelly et al. (35) et en 1970 par Holdsworth et al. (36). Une première colonne antérieure constituée par les corps vertébraux et des disques, travaillant en compression et l'autre postérieure constituée des arcs neurax, travaillant en tension. L'intégrité de la colonne postérieure est nécessaire à la stabilité de la colonne vertébrale thoraco-lombaire.

Dès 1973, Louis et al. (17) individualisent 3 colonnes, 1 antérieure (complexe disco-corporéale) et deux postérieures (articulaire + isthme) reliées entre elles par les pédicules et lames. L'instabilité lésionnelle était évaluée en fonction du type et du nombre d'atteinte de ces éléments. Un traumatisme n'altérant qu'une colonne dans sa portion osseuse correspond à une lésion stable. L'atteinte de deux ou trois colonnes produira une lésion instable. Quatre types d'instabilités se distinguent : transitoire, à prédominance osseuse et de bon pronostic ; durable, disco-ligamentaire de mauvais pronostic en absence de traitement chirurgical (50 à 70% d'échec) ; mixte et iatrogène, induite par un défaut antérieur post réductionnel ou une laminectomie.

En 1983 Denis et al. (12) distinguent les 3 colonnes différemment. La colonne antérieure regroupe le ligament longitudinal antérieur ainsi que la partie antérieure du disque et du corps vertébral. La colonne moyenne comporte le ligament longitudinal postérieur et la partie postérieure du disque et du corps vertébral. Enfin la colonne postérieure est constituée des arcs postérieurs et des ligaments postérieurs (ligament jaune, ligaments inter et sus-épineux, capsule articulaire).



**Figure 19** les trois colonnes de Louis

*(The three column spine and its significance in the classification of acute thoracolumbar spinal injuries. Spine. 1983)*

Denis (12) a proposé de classer les fractures en 4 groupes (**Figure 19**) :

- Type I : fracture par compression de la colonne antérieure
- Type II : fracture-éclatement par compression de la colonne antérieure et moyenne
- Type III : fracture « seat belt » par cisaillement
- Type IV : fracture-dislocation avec rupture des 3 colonnes

Il a également reconnu que l'instabilité mécanique et la détérioration neurologique progressive pouvaient se produire séparément ou ensemble. L'instabilité mécanique peut conduire à une cyphose progressive sans instabilité neurologique et une détérioration neurologique peut survenir sans signes radiographiques d'instabilité, comme dans le cas de fractures par éclatement.

L'instabilité mécanique était qualifiée de lésion du « premier degré » avec atteinte de 2 colonnes sur 3, la détérioration neurologique comme lésion du « deuxième degré » et la détérioration combinée mécanique et neurologique comme lésion du « troisième degré ».

L'importance de la colonne moyenne était déjà évoquée en 1958 par Decoux et Rieunau (37) sous le nom de mur postérieur. Roy-Camille (38) a défini le segment vertébral moyen par la partie postérieure du corps vertébral et du disque mais aussi par les pédicules et les articulaires.

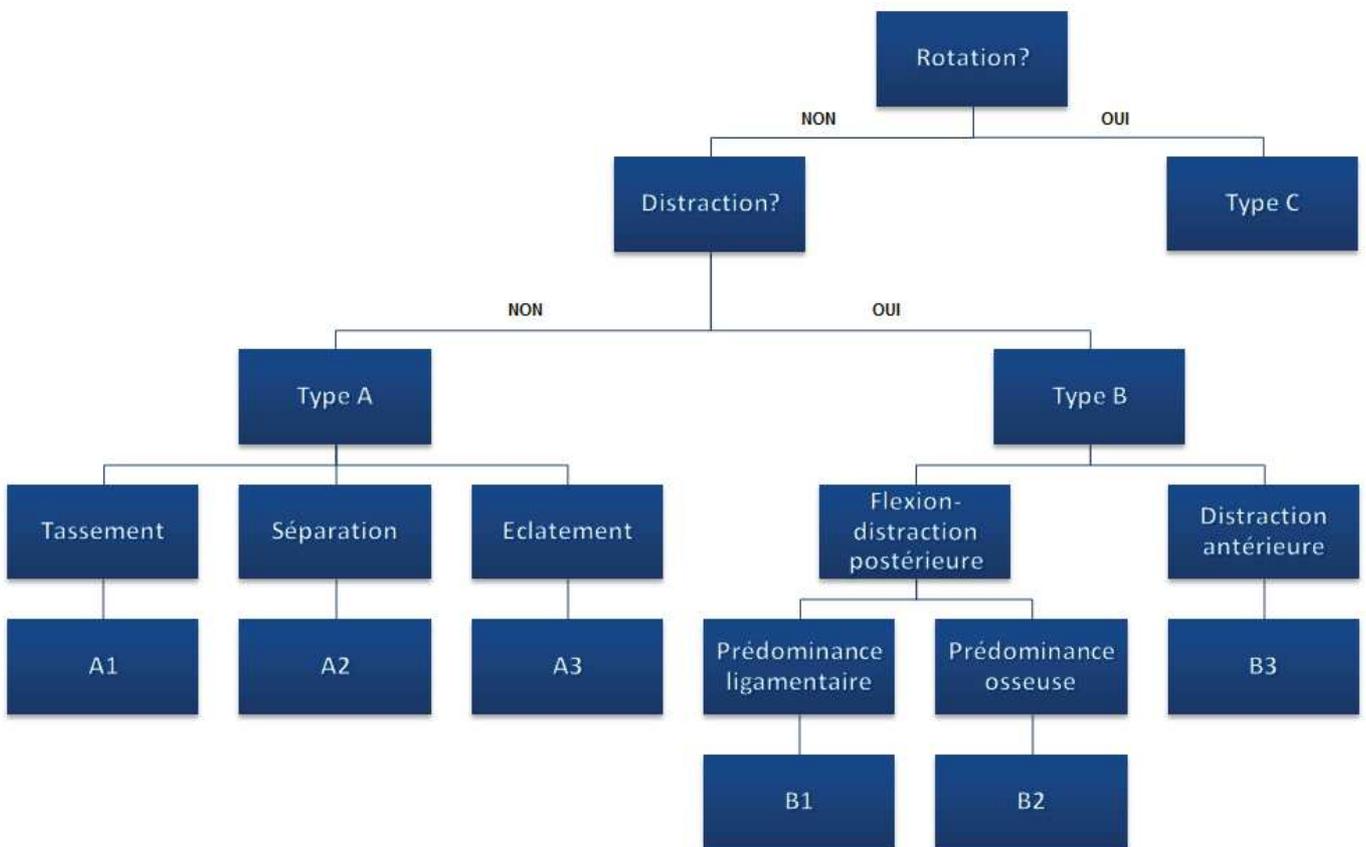
Cependant pour une même fracture du corps vertébral avec atteinte du plateau supérieur, le mécanisme lésionnel peut être différent, et évoluer différemment en fonction du type d'atteinte postérieure associée. L'analyse du mécanisme lésionnel est importante et permet de comprendre la fracture pour proposer une prise en charge adéquate. Déjà en 1929 Böhler (39) proposait de classer les lésions selon leur mécanisme lésionnel : compression, flexion antérieure, l'extension, le cisaillement et la torsion. Cependant cette classification ne prenait pas en compte le risque d'instabilité lié aux paramètres radiologiques de la lésion. Waston-Jones (40) a reconnu que le concept d'instabilité devait être inclus dans l'algorithme du traitement des fractures thoraco-lombaires pour prévenir le risque de lésion neurologique progressive et de déformation.

Les contributions de McAfee et al. (41) ont permis d'établir un lien entre stabilité et morphologie de la fracture. Ces travaux ont été les fondements nécessaires à l'élaboration des recommandations en matière de stabilité et de traitement.

Magerl et al. (1) ont réalisé la synthèse de l'ensemble des travaux antérieurs afin de proposer une nouvelle classification basée sur le mécanisme lésionnel et permettant ainsi de codifier l'ensemble des lésions observées en fonction de leur instabilité et du risque de troubles neurologiques.

- Les lésions en compression pure ou type A
- Les lésions en distraction ou type B
- Les lésions antérieures et postérieures en rotations ou type C

La fracture de type A apparaît comme un diagnostic d'élimination, l'important étant de ne pas méconnaître une lésion postérieure. Cette classification est fiable et reproductible. Elle évalue la sévérité lésionnelle et permet de guider l'attitude thérapeutique (**Figure 20**).

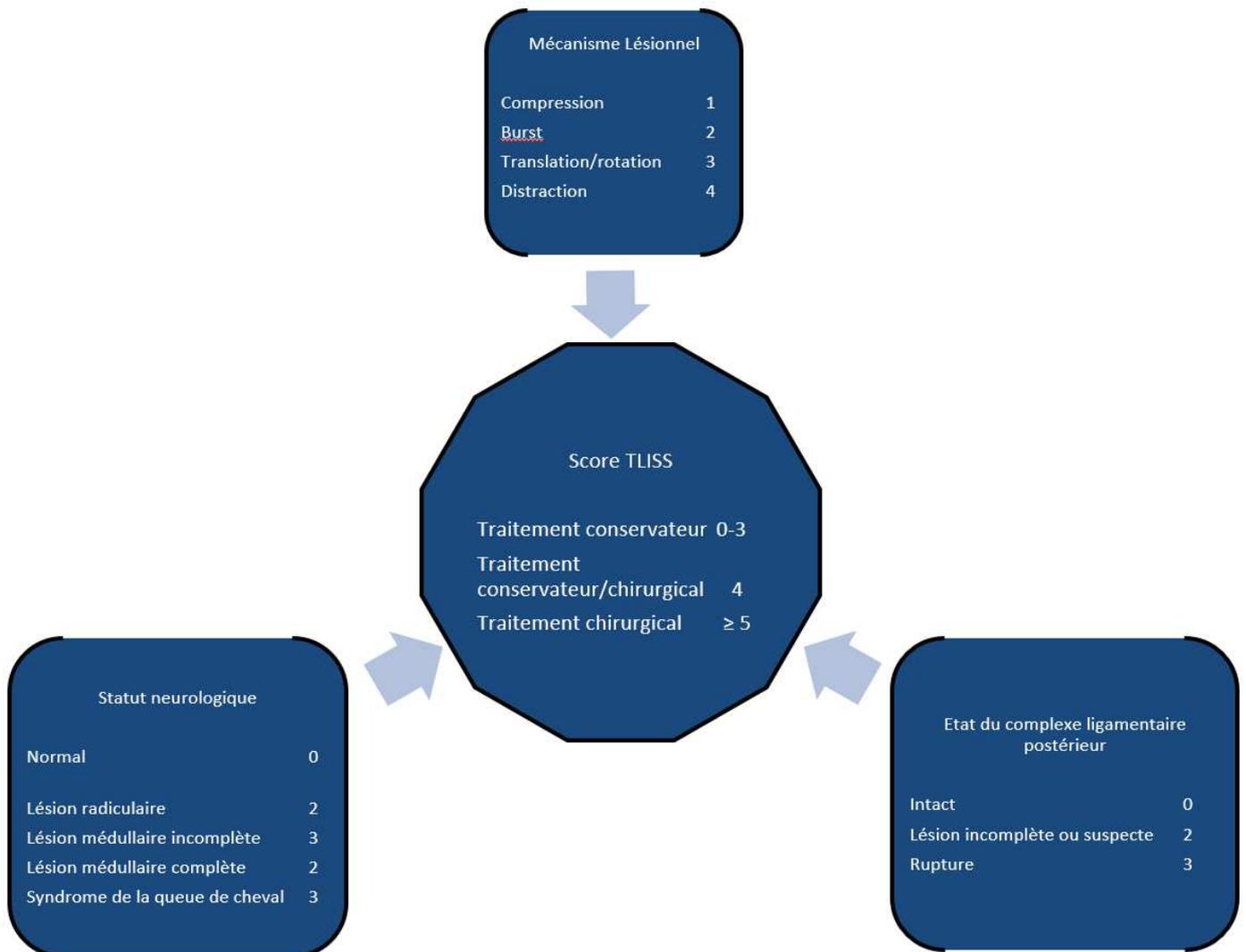


**Figure 20** algorithme décisionnel selon la classification de Magerl

La classification et le score de gravité des lésions thoraco-lombaires (TLISS) introduits en 2005 par Vacaro et al. et complétés en 2013 (42) (43) (44) conjuguent les algorithmes de traitement des lésions thoraco-lombaires courantes, ainsi que les éléments impactant le processus décisionnel (**Figure 21**). Elle insiste sur l'importance de l'intégrité ou non des éléments postérieurs, sur la morphologie de la lésion mais également sur l'état neurologique du patient.

La première étape consiste à identifier le mécanisme lésionnel selon la classification de l'AO. Si plusieurs niveaux sont touchés seule l'atteinte la plus grave est comptée. L'évaluation du statut neurologique est basée sur la nature de la lésion, la sévérité du déficit et le potentiel de récupération lié à une possible décompression chirurgicale. Enfin l'état du complexe ligamentaire postérieur est apprécié par la palpation ou non d'une dépression inter-épineuse, un écart inter-épineux majoré à la radiographie ou la présence d'un hypersignal T2 à l'IRM.

En fonction de la gravité de ces lésions, des points spécifiques sont attribués. Un nombre total de points plus élevé indique une blessure plus grave. Ce score est conçu pour aider les chirurgiens et les non-chirurgiens à évaluer la gravité de la blessure et pour aiguiller le médecin dans sa prise en charge chirurgicale ou non chirurgicale.



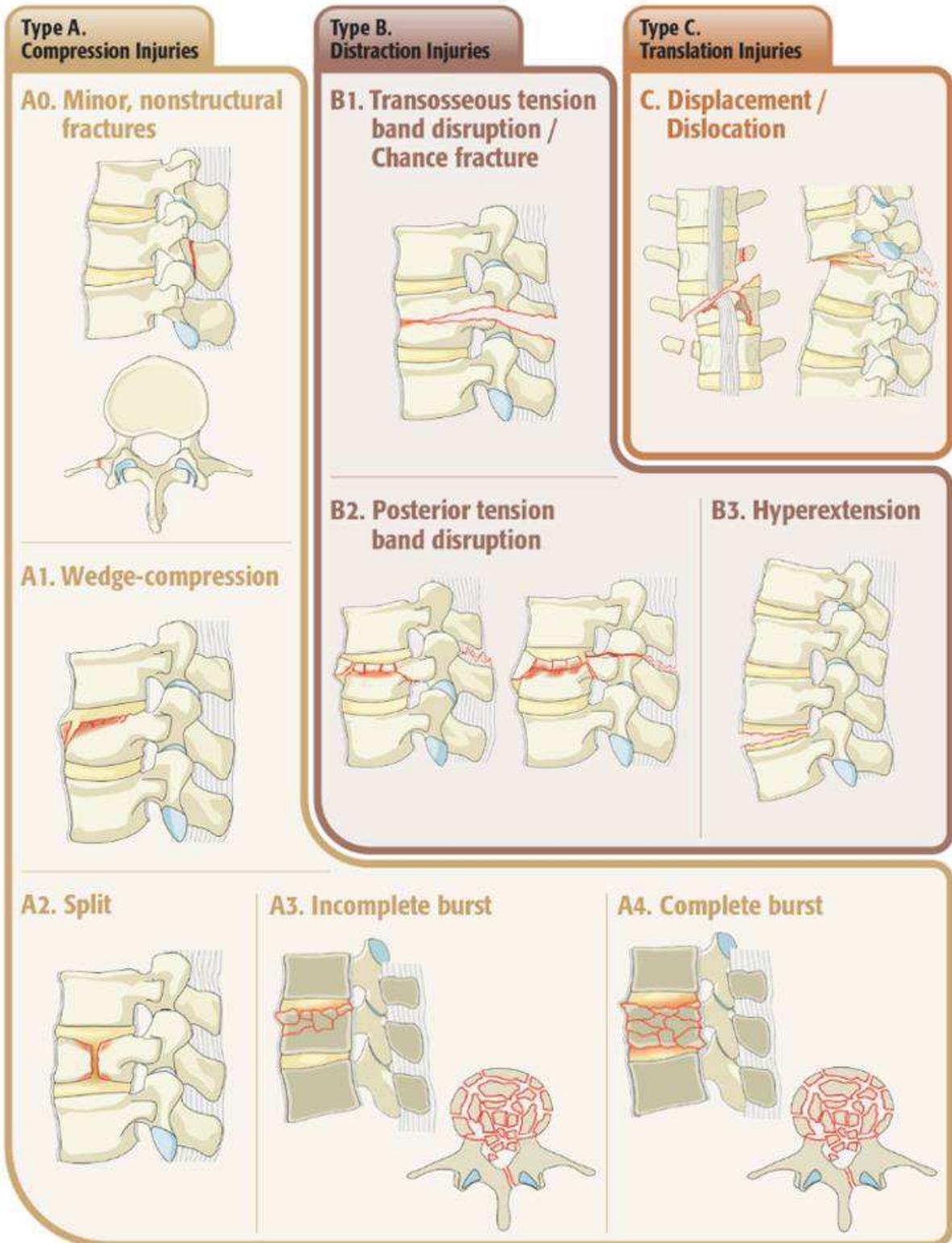
**Figure 21** Classification TLISS système de score

Afin de simplifier la classification de Magerl et d'orienter le chirurgien dans sa prise en charge, un groupe de chirurgiens spécialistes de la colonne vertébrale a été chargé de valider une nouvelle classification largement acceptée, complète mais simple, fiable et reproductible pour la pratique clinique ainsi que pour la recherche. Il s'agit de la classification la plus récente.

La classification de l'AO (43) est basée sur l'analyse de 3 paramètres (**Figure 22**):

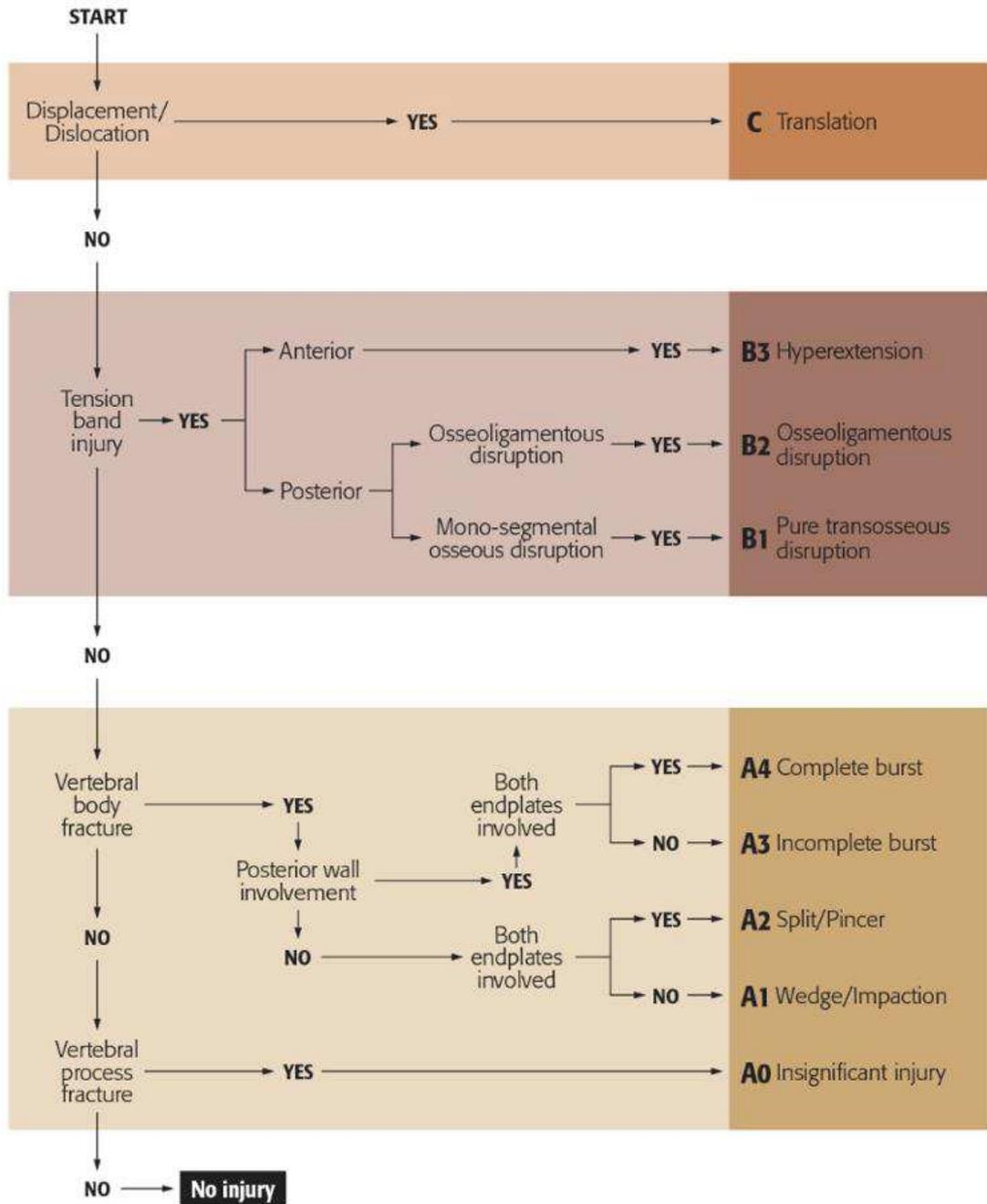
- La classification morphologique, similaire au système de classification de Magerl.
  - Lésion de type A ou fracture compression
    - A0 : aucune fracture de la vertèbre ou alors des fractures cliniquement insignifiantes comme une fracture isolée du processus transverse ou du processus épineux. Aucun risque d'instabilité mécanique et ou de complication neurologique.
    - A1 : fracture par compression du coin antéro-supérieur ou par impaction d'un seul plateau sans atteinte de la paroi postérieure du corps vertébral.
    - A2 : fracture séparation ou fracture split ; le trait de fracture touche les deux plateaux de la vertèbre fracturée sans atteinte de la paroi vertébrale postérieure
    - A3 : fracture burst incomplète avec atteinte d'un seul plateau et du mur postérieur. L'intégrité de la bande de tension postérieure est maintenue et il n'y a pas de translation vertébrale.
    - A4 : fracture burst complète avec atteinte des 2 plateaux et du mur postérieur. Elles peuvent être associées à des lignes de fracture verticale de la lame mais sans perturbation de la bande de tension postérieure.

- Lésion de type B ou fracture distraction affecte la tension antérieure et postérieure. Elles peuvent être associées avec une fracture de type A.
  - B1 : fracture de chance, affecte la bande de tension postérieure avec extension dans le corps vertébral.
  - B2 : rupture de la bande de tension postérieure avec extension dans l'espace intervertébrale +/- atteinte de la bande de tension antérieure.
  - B3 : fracture en hyperextension, rupture de la bande de tension antérieure se prolongeant ou pas dans l'espace intervertébral.
- Lésion de type C ou fracture rotation / translation. Pas de sous type aux vues des grandes possibilités lésionnelles par fracture luxation.
- Le statut neurologique se classe en 5 sous-groupes :
  - N0 : absence de lésion neurologique
  - N1 : déficit neurologique transitoire
  - N2 : déficit neurologique radiculaire
  - N3 : lésion médullaire incomplète ou lésion de la queue de cheval
  - N4 : lésion médullaire complète
- Paramètres spécifiques
  - M1 : lésion semblant stable sur le plan osseux mais pour laquelle une insuffisance ligamentaire est suspectée ; recherchée à l'examen clinique ou à l'IRM.
  - M2 : comorbidité présentée par le patient pouvant affecter l'orientation thérapeutique comme la spondylarthrite ankylosante, les maladies rhumatologiques, ostéoporose, brûlure de la peau en regard de la colonne vertébrale.



**Figure 22** classification des fractures thoraco-lombaires AO

(AOSpine thoracolumbar spine injury classification system: fracture description, neurological status, and key modifiers. Spine. 2013)



**Figure 23** Algorithme radiologique de la classification des fractures thoraco-lombaires AO

(AOSpine thoracolumbar spine injury classification system: fracture description, neurological status, and key modifiers. Spine. 2013)

## **D. Traitement**

Une bonne prise en charge nécessite un bon diagnostic prenant en compte les circonstances de l'accident et l'état neurologique du patient. Un examen d'imagerie par TDM est aujourd'hui facile d'accès et permet de confirmer le diagnostic anatomique. La synthèse de ces éléments permettra traitement adapté. La variété de la gamme thérapeutique est liée au polymorphisme lésionnel. Les choix sont en partie affaire d'école.

### **1. Traitement non Chirurgical**

Prise en charge indiquée pour des fractures thoraco-lombaires stables, sans atteinte neurologique, avec un encombrement canalaire inférieur à 60 %, sans comorbidités importantes et en dehors d'un contexte de polytraumatisme.

#### **a) Traitement fonctionnel**

Il est dérivé de la méthode fonctionnelle de Magnus et se déroule en deux temps (45) (46). Un premier temps de décubitus dorsal strict antalgique pendant 21 jours jusqu'à disparition des douleurs, associé à une éducation thérapeutique (éviction des postures et gestes sollicitant le rachis en cyphose), aucune manœuvre de réduction ou d'immobilisation n'est entreprise. Un deuxième temps où la reverticalisation précoce sans contention diminue le risque d'atrophie musculaire et permet au patient de retrouver une autonomie rapide. Il s'y associera un entretien des muscles paravertébraux et abdominaux par des exercices statiques et isométriques. Les activités sportives douces sont reprises au troisième mois. Ce traitement est

essentiellement réservé aux patients présentant des fractures de la région thoracique ou de tassement au niveau thoraco-lombaire, inférieure au tiers de la hauteur, stables et sans complications neurologiques.

### **b) Traitement orthopédique**

La prise en charge orthopédique des fractures thoraco-lombaires comprend systématiquement une immobilisation par corset, avec ou sans manœuvres de réduction de la fracture.

#### **(1) Immobilisation par corset sans réduction**

Une immobilisation par corset sans réduction peut être utilisée dans les fractures stables thoraco-lombaires sans troubles neurologiques (11). La partie initiale de la prise en charge est la même que lors d'un traitement fonctionnel. Après un temps de décubitus dorsal strict jusqu'à sédation des douleurs, le patient est levé avec un corset rigide le plus souvent en plastique thermoformable sur mesure sans aucune manœuvre de réduction préalable. La contention présente trois points d'appui (sternal et iliaques) et permet le maintien en hyperlordose. Puis débute les séances de rééducation précoces des muscles paravertébraux ainsi que de la sangle abdominale à l'aide d'exercices statiques et isométriques. Un travail en élongation permettra de conserver une certaine souplesse du rachis malgré une immobilisation. La contention externe est portée en continue en moyenne pendant 3 mois jusqu'à consolidation de la lésion.

## (2) Immobilisation par corset avec réduction

Dans le cas d'une fracture vertébrale avec important déplacement en cyphose, la mise en hyperlordose permet la réduction de la déformation. Il existe plusieurs possibilités, la réduction continue et progressive sur billot lordosant au sommet de la déformation pendant une durée variant de 21 à 45 jours (15) (47). Une autre méthode consiste à réduire la déformation sur cadre de Cotrel dans les jours suivants le traumatisme (idéalement <5jours) selon la méthode de Böhler (39) et reprise par Louis (48). L'immobilisation plâtrée réalisée en position de réduction est conservé trois mois. La rééducation se faite selon le même principe que précédemment. Plusieurs travaux décrivent une perte de réduction au terme de l'immobilisation avec une cyphose proche de la lésion initiale.

Des complications sont possibles : iléus réflexe, troubles trophiques cutanés locaux au niveau des points d'appui, accidents thrombo-emboliques, apparition ou aggravation de troubles neurologiques.

Si les fractures de la charnière thoraco-lombaire sont bien contenues par ce type de traitement, il n'en est pas de même avec les fractures lombaires basses mal immobilisées par le corset et les fractures thoraciques basses souvent difficiles à réduire.

## **2. Traitement chirurgical**

Quel que soit le mode opératoire la chirurgie doit répondre à 3 impératifs : la réduction de la déformation posttraumatique, la stabilisation des lésions jusqu'à consolidation et la décompression du canal en cas d'atteinte neurologique. Plus l'intervention est précoce plus le traitement est efficace surtout en cas d'atteinte neurologique. L'installation du patient se fait avec mobilisation en monobloc en décubitus ventral sans compression abdominale pour limiter le saignement postérieur, permettant ainsi une mise en lordose du rachis thoraco-lombaire et facilitant la réduction. Cela permet également de limiter le reflux veineux du système cave. La manœuvre de réduction entraîne par mécanisme de ligamentotaxis une réduction de la déformation. Une traction peut être installée pour stabiliser le rachis durant l'intervention ou en cas de manipulation externe pour faciliter la réduction.

### **a) Chirurgie ouverte**

#### **(1) Réduction de la déformation et stabilisation**

La réduction de la déformation dans le plan frontal et sagittal est possible en préopératoire (installation, traction) et en peropératoire (manœuvres externes, instrumentation). La qualité de cette réduction sera jugée sur la comparaison des paramètres radiologiques (cyphose vertébrale, sagittal index) pré et post-opératoire. Plus l'intervention est réalisée tôt (48 heures après le traumatisme), meilleure sera la réduction autant sur le plan régional que local. Il apparaît également que la réduction de la déformation est plus difficile à obtenir dans les niveaux lombaires bas (L3, L4,

L5) qu'au niveau thoraco-lombaire (T12, L1, L2) (11). La réalisation d'un temps antérieur complémentaire dans le but d'améliorer la correction obtenue est envisageable. L'objectif de la stabilisation est d'assurer à court et long terme la pérennité de la réduction de la fracture jusqu'à consolidation en évitant une perte de correction. De nombreuses techniques et de nombreux implants sont disponibles afin de réaliser la stabilisation rachidienne. Celle-ci est faite le plus souvent par une ostéosynthèse utilisant vis pédiculaires, crochets, tiges et plaques.

Les vis sont le plus fréquemment utilisées et sont introduites dans les pédicules, après repérage fluoroscopique. Dans le plan sagittal, l'orientation se fait perpendiculairement à la vertèbre afin d'être parallèle aux plateaux vertébraux. Les crochets peuvent également être utilisés lorsque les vis ne peuvent être mises en place ou aux extrémités du montage afin de mieux résister aux forces d'arrachement (49). Les liens entre implants se font par l'intermédiaire de plaques de type Roy-Camille (50), de tiges de type Cotrel-Dubousset (51) ou de type fixateur interne de Dick (52). La distraction entre les implants et la réalisation d'une manœuvre lordosante (53) permettent d'optimiser la réduction de la fracture et la réintégration d'un fragment osseux intracanalair.

Selon le matériel utilisé, le type et la localisation de la fracture, la longueur des montages varie. Ils peuvent être courts (un niveau sus- et sous-jacent au foyer de fracture), ou long englobant plusieurs niveaux au dessus et en dessous. Au niveau du rachis thoracique, on privilégie les montages longs prenant au minimum deux niveaux de part et d'autre de la fracture. Le rachis thoracique étant peu mobile il y a peu de répercussion sur le segment opéré. Concernant le rachis lombaire, les montages

courts sont préférés afin de préserver la mobilité, si la comminution du corps vertébral n'est pas trop importante.

Une arthrodèse postérolatérale par mise en place de greffons corticospongieux est réalisée en complément de l'ostéosynthèse, notamment dans les fractures avec lésions ligamentaires postérieures.

## **(2) Décompression neurologique**

La liberté du canal vertébral dépend de plusieurs paramètres dont la réduction de la fracture, la restitution de la hauteur vertébrale par distraction (54,55) et la réalisation d'un éventuel geste de libération. Lorsqu'un geste de décompression est nécessaire, la tomodensitométrie préopératoire permet d'en orienter le niveau et d'analyser les fragments intracanaux. Cependant, ce geste n'est pas systématique et ne dépend pas uniquement du recul du mur postérieur, mais de l'association entre des signes cliniques et radiologiques. En effet, devant un recul du mur postérieur sans troubles neurologiques, une laminectomie est sans doute inutile, rallonge le temps opératoire et augmente le saignement. Dans la série du symposium de 1995 un groupe de patients présentant initialement un déficit neurologique opéré par voie postérieure n'ont pas eu de geste de libération ou de temps antérieur. La comparaison du devenir neurologique de ces patients avec les patients ayant bénéficié d'un geste de libération ne montrait aucune différence. La libération neurologique est sans doute à éviter en l'absence de troubles neurologiques même s'il existe un recul du mur postérieur. En cas d'absence d'amélioration neurologique en postopératoire un bilan radiologique est nécessaire à la recherche d'une compression antérieure persistante. Un temps

complémentaire peut être indiqué en sachant qu'il expose à un risque d'aggravation neurologique (11). Une lésion de l'arc postérieur peut entraîner une plaie de la dure-mère avec incarceration de radicelles entre les fragments osseux de la fracture (56). Ces lésions sont traitées de manière classique avec suture de la dure-mère pouvant être complétée par de la colle biologique afin d'augmenter l'étanchéité du sac dural.

### **(3) Chirurgie antérieure**

Réalisée isolément ou après une chirurgie postérieure, la voie antérieure doit répondre aux mêmes objectifs que précédemment : réduction, décompression et stabilisation.

La chirurgie par voie antérieure plus exigeante techniquement et plus hémorragique permet une meilleure correction à court et long terme du profil rachidien. Elle offre également des chances de récupération neurologique légèrement supérieure à la chirurgie postérieure.

Une fracture-éclatement par compression avec un alignement correct dans le plan coronal peut également être traitée par une voie antérieure seule permettant la décompression neurologique et la restauration de la colonne antérieure. Réalisée dans un deuxième temps après chirurgie postérieure, cette voie est aussi intéressante pour renforcer et augmenter le soutien antérieur afin d'éviter une déformation secondaire en cyphose. A Strasbourg, les travaux de Charles et al. (57,58) ont montré que l'instrumentation percutanée postérieure associée à une fusion antérieure sélective à l'aide os spongieux autologue dans les fractures thoraco-lombaires présentent de bons résultats cliniques à long terme. Les taux de fusion sont élevés atteints et l'alignement sagittal a été maintenu après le retrait de l'instrumentation sans endommager les muscles paravertébraux.

## **b) Chirurgie percutanée et minimale invasive (MIS)**

Les techniques de chirurgie postérieure percutanée sont apparues dans le but de diminuer le traumatisme musculaire, la perte sanguine et réduire la durée d'hospitalisation en facilitant les suites post opératoires. La première visée pédiculaire percutanée a été réalisée en 1977 par Magerl. Initialement cette technique a été décrite pour la chirurgie dégénérative par Assaker (59). Malheureusement la technique est abandonnée car elle n'apportait pas les résultats attendus. En 2001 Foley et al. ont décrit un système d'introduction automatique des tiges pré-cintrés sur des vis pédiculaires polyaxiales introduite par voie percutanée (60). La mise en place de vis pédiculaires en percutané est maintenant décrite depuis plusieurs années par Lowery et al. (61). Elle fait actuellement partie de l'arsenal thérapeutique de la prise en charge des fractures thoraco-lombaires de type A2, A3 et B non neurologique. Le problème de l'ostéosynthèse percutanée était l'absence d'arthrodèse dans le cas où il y a une comminution de la colonne antérieure avec risque de démontage du matériel. On peut y remédier en réalisant un second temps par corporectomie et greffe antérieure. L'apparition des systèmes d'expansion intra-vertébraux a permis de reconstruire la colonne antérieure par voie percutanée sans complément chirurgical antérieur.

### **(1) Intérêt de la chirurgie MIS**

#### **Epargne musculaire**

La désinsertion de muscles dans l'abord postérieur à ciel ouvert ainsi que l'écartement intensif et continu ont été incriminés dans la dénervation et la dévascularisation musculaire aboutissant à leur atrophie (62). Ces phénomènes sont à l'origine de

douleurs post opératoires importantes et de perte de force musculaire retardant la récupération fonctionnelle (63). Le dysfonctionnement du muscle multifidus est responsable d'une partie des douleurs lombaires chroniques post opératoires (64,65). Les patients opérés à ciel ouvert consomment plus d'antalgiques en post opératoires. Un plus grand taux d'enzymes musculaires était retrouvé les 7 premiers jours suivant la chirurgie associé à une atrophie musculaire et une dégénérescence graisseuse plus importantes sur les coupes IRM (62,66). La force musculaire était mieux conservée en post opératoire chez les patients opérés par voie mini invasive. Enfin les résultats fonctionnels et subjectifs sont satisfaisants avec une reprise du travail à 80% selon McLain et al. (67).

### **Epargne sanguine**

Le saignement moyen dans la chirurgie percutanée est de 50cc contre 200 à 500cc dans la chirurgie ouverte pour un même montage notamment grâce à la sauvegarde musculaire(68). Les pertes sanguines sont statistiquement moins importantes et ne nécessitent pas de geste transfusionnel au cours de la chirurgie mini invasive (69).

### **Risque d'infection**

Les taux d'infection sont particulièrement bas pour les patients opérés d'une ostéosynthèse percutanée par rapport à la chirurgie ouverte qui présente des taux oscillant de 3.1% jusqu'à 10% (68,70). Ceci est facilement explicable par la diminution du temps opératoire, la faible perte sanguine et les incisions mini invasive.

### **Durée d'hospitalisation**

La durée d'hospitalisation est nettement diminuée avec une reprise de la déambulation au cours des deux premiers jours après la chirurgie contre trois ou quatre jours pour la chirurgie ouverte (71).

### **Positionnement des vis pédiculaires sous contrôle fluoroscopique**

Plusieurs études montrent que la visée pédiculaire percutanée sous fluoroscopie, en respectant la technique, semble exposer à moins d'effractions pédiculaires que la technique à ciel ouvert. Ringel et al. ont montré que 87% des vis étaient correctement positionnées, 10% tolérables et 3% inacceptables entraînant des troubles neurologiques et nécessitant une reprise par voie conventionnel (72,73). Le taux de mauvais positionnement était maximal au niveau sacré (40%) (74).

## **(2) Limites de la chirurgie MIS**

### **Expositions aux rayons ionisants**

Le chirurgien, proche de la source de rayonnement est exposé de façon intensive aux radiations. De même que le patient et l'équipe du bloc opératoire. La technique d'ostéosynthèse percutanée repose sur le contrôle et la qualité de la fluoroscopie. Dans son étude Rampersaud et al. (75) ont montré que les zones les plus touchées étaient : les mains, la thyroïde et le thorax. La dose reçue diminuait de moitié si le chirurgien se positionnait de l'autre côté de la source. Le temps d'exposition aux rayons était de 5,7 minutes pour la chirurgie percutanée et de 3,7minutes à ciel ouvert

(76), des résultats similaires ont été retrouvés par l'équipe de Schmidt (69). Cela expose le problème de radiations excessives perçues par l'équipe. Des modifications techniques ou de navigation per opératoire pourraient diminuer cette exposition.

### **Décompression neurologique**

Les fractures compliquées de troubles neurologiques représentent la principale contre-indication de la chirurgie percutanée, effectivement celle-ci ne permet pas de réaliser un geste de décompression. Cependant une chirurgie mini-invasive peut être doublée d'un abord médian postérieur limité pour effectuer une décompression. Dans ce cas, l'ostéosynthèse percutanée sera réalisée en premier suivi de la libération centrée sur la zone comprimée.

### **Arthrodèse du segment vertébral fracturé**

Les fractures par compression ont été longtemps traitées par immobilisation sans réalisation de greffe osseuse. La consolidation osseuse était toujours obtenue cependant on observait une perte de correction (discale ou vertébrale). Yang et al. (77) après ostéosynthèse à ciel ouvert sans greffe ont retiré le matériel à 1 an post-opératoire. On observait une perte de cyphose régionale à 7° (dont 3° dans le corps vertébral) sans impact clinique ou fonctionnel à 2 ans de suivi. A noter que la perte de correction au dernier recul est comparable avec celle des techniques conventionnelles à foyer ouvert (78). Ainsi il semble que pour les fractures de types A1, A3 et B1 de la classification de l'AO, la greffe osseuse complémentaire est non nécessaire pour obtenir une bonne consolidation. Pour les autres fractures une voie antérieure complémentaire ou autre technique combinée est nécessaire.

### **c) L'ostéosynthèse percutanée combinée aux techniques de reconstruction percutanée de la colonne antérieure**

Cette technique combinée s'adresse à des fractures ne nécessitant pas de greffe complémentaire mais dont l'ostéosynthèse seule ne permet pas de reconstruire la colonne antérieure de façon suffisante, tels que les fractures de type A3 non neurologique. Un geste de ré-expansion du corps vertébral par ballonnet avec adjonction de ciment (kyphoplastie) permettrait de réduire l'enfoncement du plateau vertébral supérieur en limitant ainsi la perte de correction discale secondaire (79). Elle permettait aussi de reconstruire la colonne antérieure avec une correction de 66% à 80% de l'enfoncement central, 71% à 91% de l'enfoncement antérieur et 11° à 1,6° de la cyphose (80). Dans une étude cadavérique, Mermelstein et al. (81) ont démontré que l'adjonction de ciment ostéosynthèse courte augmentait la rigidité du montage de 40% par rapport à une ostéosynthèse seule. En plus d'améliorer la correction le ciment possède des propriétés antalgiques puissantes à effet immédiat permettant de diminuer les douleurs post-opératoires et de diminuer les temps d'hospitalisation (sortie à J2 en moyenne). De plus la kyphoplastie est un geste rapide n'allongeant pas excessivement le temps opératoire. Se pose le problème de fuite de ciment parfois intracanaulaire mais toujours sans séquelles(73,80). Ce geste reste contre-indiqué en cas de troubles neurologiques associés.

### **d) L'ablation du matériel d'ostéosynthèse**

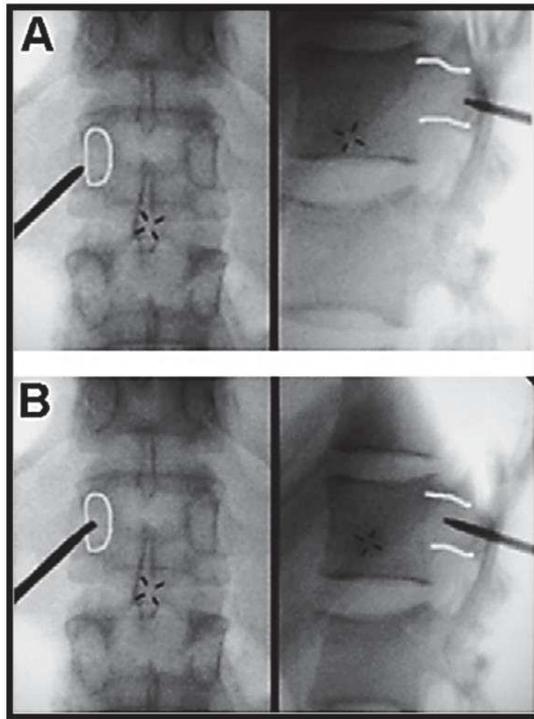
Malgré l'absence de consensus, l'ablation du matériel a pour but de libérer les disques lombaires fixés et de redonner de la souplesse au rachis après une période de consolidation variant de 8 à 12 mois en fonction des auteurs. Une perte de correction

discale a été remarquée 1 an après ablation du matériel, qui s'est progressivement stabilisé l'année suivante, et sans répercussions cliniques (76).

### 3. Technique opératoire

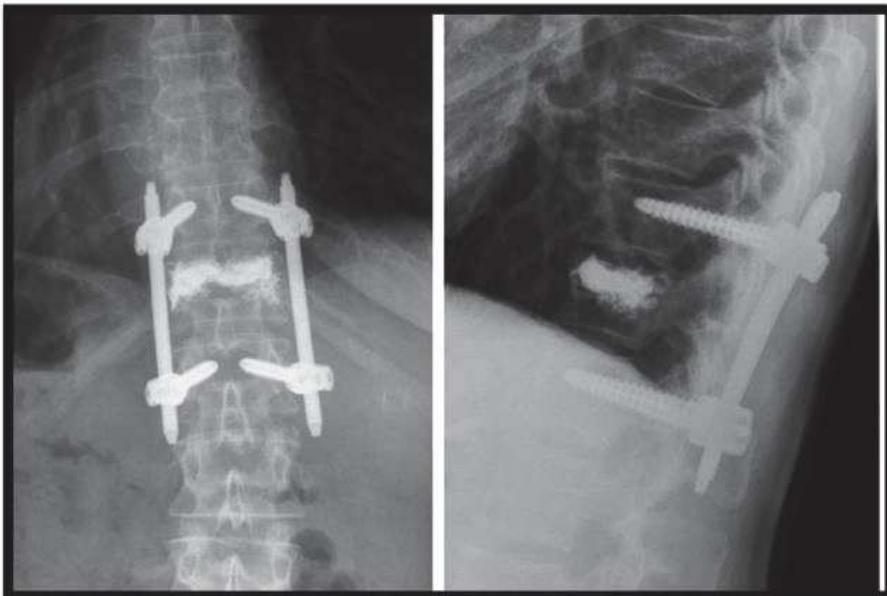
#### a) L'ostéosynthèse percutanée

Le patient est installé en décubitus ventral comme pour la chirurgie à ciel ouvert. On procède d'abord par le marquage dermatographique avec repérage des pédicules ciblés. On repère également le niveau fracturé à l'aide de clichés radiologiques de face et de profil. Ces repères cutanés détermineront le point d'entrée. Incision et dilatation des tissus jusqu'au contact osseux. Insertion des aiguilles de Jamshidi puis progression sous contrôle fluoroscopique (**Figure 24**). Le point d'entrée doit se faire sur le bord latéral du pédicule et se poursuivre sous contrôle fluoroscopique de face sans dépasser le bord médial. Une fois l'aiguille correctement positionnée on met en place les broches guides. Il est important de ne pas franchir le mur antérieur avec la broche. Puis on prépare le pédicule en introduisant la pointe carrée puis le taraud. Une fois le trajet réalisé et les dimensions du matériel choisis on insère les vis. Elles ne doivent pas dépasser la ligne médiane sur les clichés de face au risque d'entraîner des complications neurologiques. Enfin la tige pré-cintrée est positionnée de chaque côté et les écrous sont serrés à l'aide d'un tournevis dynamométrique. Réalisation d'un cliché fluoroscopique de contrôle final (**Figure 25**). Le patient peut se lever et marcher le lendemain de l'intervention.



**Figure 24** visée pédiculaire par voie percutanée

A. point d'entrée pédiculaire B. progression intrapédiculaire

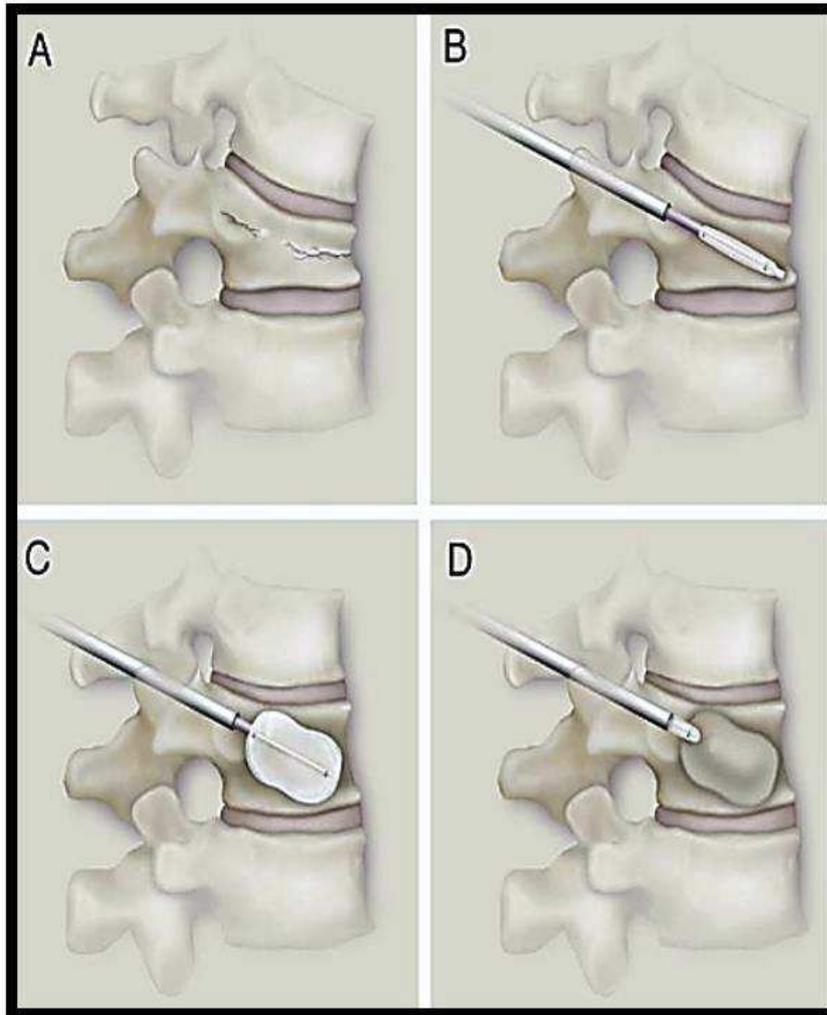


**Figure 25** ostéosynthèse percutanée associée à une kyphoplastie

contrôle scopique de face et de profile

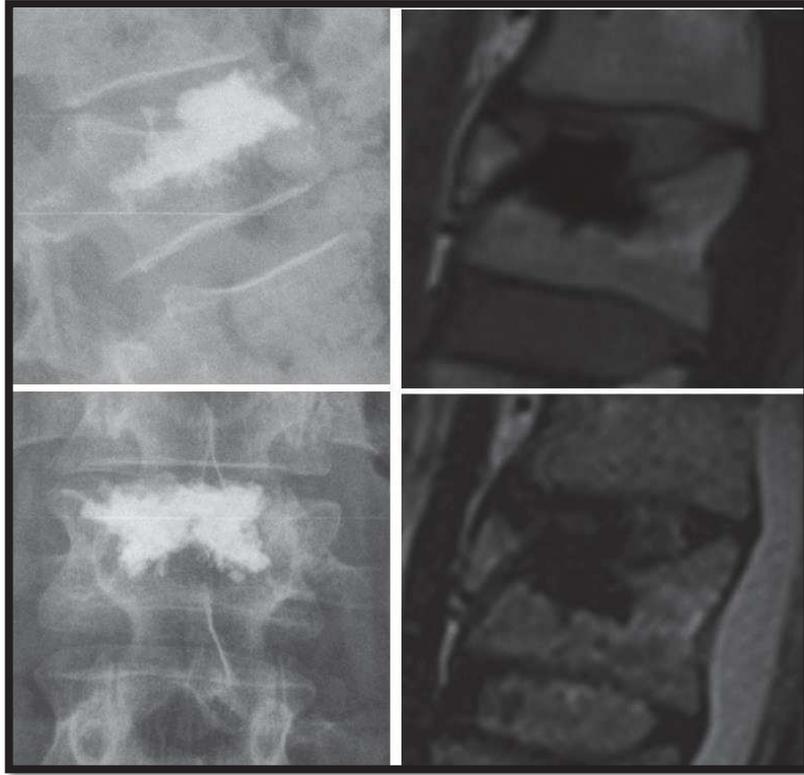
## **b) La kyphoplastie**

La kyphoplastie est un geste à effraction minimale. L'expansion du ballonnet permet de réduire l'effondrement du plateau vertébral supérieur afin de reconstituer la hauteur du corps vertébral. L'insertion de ciment permet de stabiliser la fracture. La voie d'abord est postéro-latérale percutanée transpédiculaire ou extrapédiculaire bilatérale avec incisions millimétriques permettant l'introduction des aiguilles Jamshidi sous contrôle radiologique de face et de profil. Mise en place des broches guides et introduction des canules de travail. Une chambre de travail est créée à l'aide d'un taraud pour faciliter l'insertion des ballons (**Image B, Figure 26**). Il faut éviter l'effraction de la corticale antérieure pouvant entraîner des plaies de gros vaisseaux ou une fuite de ciment. La progression du taraud se fait progressivement vers l'intérieur et sous contrôle scopique. Déploiement simultané des ballons en regard de la zone fracturée jusqu'à réduction satisfaisante (**Image C, Figure 26 ; Figure 28**). Les ballons sont laissés en place pendant 2 minutes puis retirés après dégonflement. Le ciment est introduit au travers de la canule jusqu'à comblement de la cavité créée par le ballon toujours sous contrôle scopique (**Image D, Figure 26**). La procédure est immédiatement arrêtée si l'on constate la moindre fuite de ciment (**Figure 27**). Les canules sont retirées après insertion du ciment. Le patient peut se lever et marcher à J1 post opératoire.

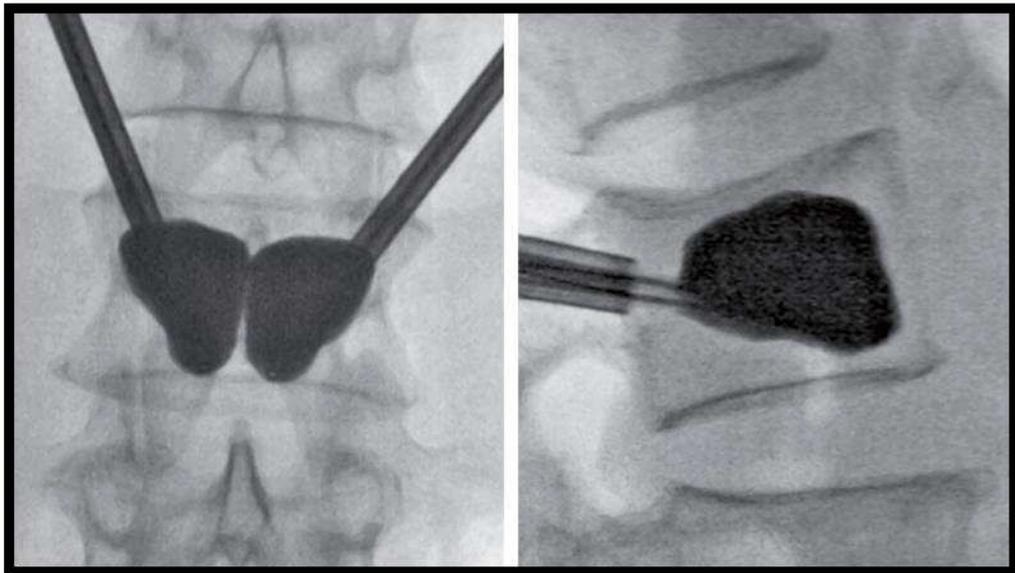


**Figure 26** réduction et stabilisation d'une fracture compression par kyphoplastie

- A. fracture compression de type A
- B. Introduction des ballons
- C. Déploiement des ballons
- D. Retrait des ballons et injection de ciment



**Figure 27** fuite de ciment intrasdiscal



**Figure 28** réduction de la déformation par déploiement des ballons  
Radiographie de face et de profile

Nous avons mené une étude clinique dans le Service de Chirurgie du Rachis des Hôpitaux Universitaires de Strasbourg afin d'évaluer la pratique de la kyphoplastie combinée avec l'ostéosynthèse percutanée. L'intérêt de cette stratégie par rapport au maintien du disque intervertébral sus-jacente à la fracture n'a pas été démontré à ce jour. L'objectif de notre étude clinique était de vérifier le devenir des disques intervertébraux adjacents au niveau de fracture et d'analyser les facteurs pouvant influencer une dégénérescence discale éventuelle.

## **II. Objectif de l'étude clinique**

Les fractures T12 et de L1 représentent environ 55% des fractures du rachis thoraco-lombaire (4). Pour les burst fractures incomplètes, A3 selon la nouvelle classification de l'AO (44), plusieurs traitements peuvent être proposés. Le traitement conservateur par corset avec réduction postural peut être envisagé pour des fractures non neurologiques, mais bien qu'il permette un soulagement précoce de la douleur et un retour rapide au travail il peut exister une perte de correction à distance du traumatisme (82). Le traitement chirurgical n'est pas consensuel. La chirurgie ouverte ou minimale invasive (MIS) peut être proposée sous forme d'ostéosynthèse courte ou longue. L'ostéosynthèse peut être associée à une expansion vertébrale (kyphoplastie) ou une greffe antérieure dans certains cas (83,84).

La chirurgie percutanée a montré une supériorité par rapport à la chirurgie ouverte avec des suites postopératoires simples, un temps opératoire diminué, une perte sanguine moins importante, une moindre dégénérescence musculaire paravertébrale (85) tout en permettant une correction de la déformation posttraumatique similaire aux résultats obtenus par techniques de réductions ouvertes (86,87). En cas de comminution partielle du corps vertébral, l'ostéosynthèse percutanée première avec vis mono-axiales permet une meilleure réduction par ligamentotaxis. L'adjonction de la kyphoplastie permet ensuite de compléter la réduction du plateau vertébral crânial avec un meilleur maintien de la correction déformation dans le temps (88–90). Bien que la déformation du corps vertébral soit bien étudiée, le devenir des disques adjacents au foyer de fracture reste controversé. Oner et al. (79) ont décrit une dégénérescence discale post-traumatique avec invagination du disque au travers du plateau vertébral, tandis que Loriaut et al. (91) et Barut et al. (92) ont décrit une faible dégénérescence discale après fractures A3.

L'hypothèse de notre étude était de démontrer que l'ostéosynthèse percutanée courte avec kyphoplastie pour fractures A3 de T12 ou L1 non neurologiques étaient associée à une faible dégénérescence discale et que les discopathies radiologiques n'avaient pas d'impact fonctionnel clinique.

L'objectif de cette étude rétrospective était d'analyser la dégénérescence des disques adjacents à la fracture et de vérifier leur relation avec l'âge, la déformation vertébrale et les scores cliniques.

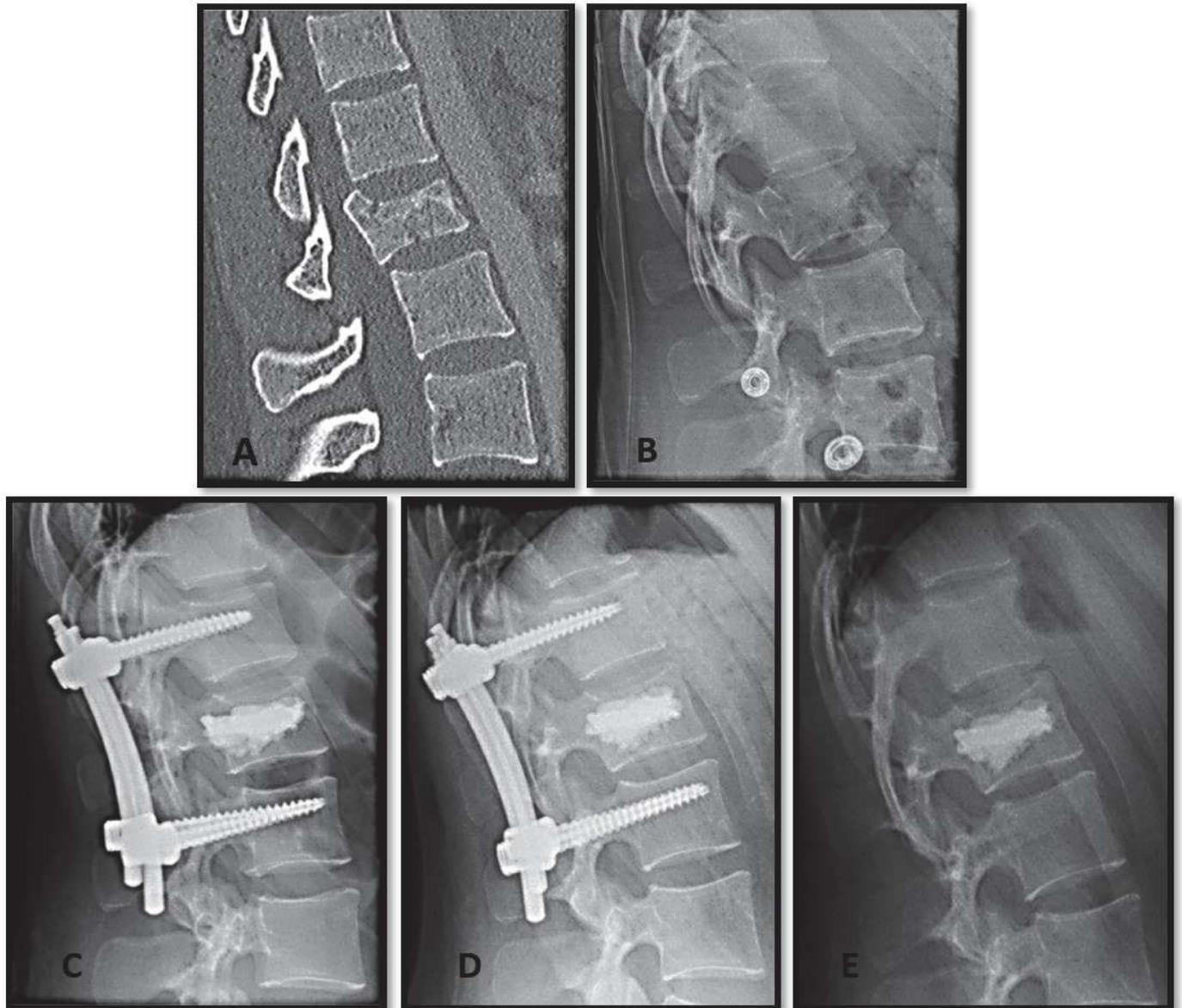
### III. Matériel et Méthodes

Dans cette étude rétrospective, étaient inclus des patients présentant une fracture A3 non neurologique de T12 ou L1 opérés par ostéosynthèse percutanée (T11-L1 ou T12-L2) et kyphoplastie entre mars 2015 et avril 2017. Les critères d'exclusion comprenaient une atteinte neurologique, une ostéoporose, une atteinte dégénérative sévère (discopathie, arthrose, scoliose) du rachis sur radiographies et tomodensitométrie au moment du traumatisme. Tous les patients avaient bénéficié d'une ablation de matériel d'ostéosynthèse après consolidation.

Sur un total de 31 patients opérés, deux patients étaient perdus de vue. Vingt-neuf patients (11 femmes, 18 hommes) respectaient les critères d'inclusion. L'âge moyen était de 47 ans (27-63 ans). Les patients étaient revus en moyenne à 12,4 mois (11-13 mois) après le traumatisme pour ablation du matériel d'ostéosynthèse et à 2,2 ans (2,0-2,4 ans) au dernier recul pour bilan clinique et radiologique avec réalisation d'une IRM permettant d'analyser les disques adjacents à la fracture. La **Figure 1** illustre un cas clinique représentatif.

Lors du bilan clinique au dernier recul, nous avons évalué la douleur du dos sur une échelle visuelle analogique (EVA) de 0 à 10, la qualité de vie par questionnaire EQ-5D-3L (93) et le score fonctionnel de l'Oswestry Disability Index (ODI) (94). Les mesures radiographiques permettant d'apprécier la déformation vertébrale et la dégénérescence discale ont été réalisées en position couchée en pré-opératoire et debout en post-opératoire immédiat, avant ablation du matériel à 1 an et au dernier recul à 2 ans post-opératoire par un chirurgien indépendant. La cyphose

régionale, la cyphose locale, le sagittal index étaient mesurés selon la technique proposée par Kuklo et al (95).



**Figure 1** évolution d'une fracture A3 traitée par ostéosynthèse percutanée associée à une kyphoplastie

A : examen TDM en reconstruction sagittale pré opératoire

B : radiographie de profile pré opératoire

C : ostéosynthèse percutanée + kyphoplastie en post opératoire immédiat

D : ostéosynthèse percutanée + kyphoplastie à 1 an post opératoire

E : radiographie de profile à 2 ans ; après ablation du matériel d'ostéosynthèse

L'état des disques en crânial et caudal par rapport au niveau de fracture était mesuré dans le plan sagittal médian par l'index de hauteur discale (IHD) (96). L'IHD représentait la somme de la hauteur antérieure et postérieure du disque (HDA + HDP), rapportée à la longueur du plateau supérieur de la vertèbre sous-jacente (LP) non fracturée (**Figure 2**).

$$\text{IHD} = \frac{(\text{HDA} + \text{HDP})}{\text{Longueur du plateau supérieur de la vertèbre inférieur(LP)}}$$

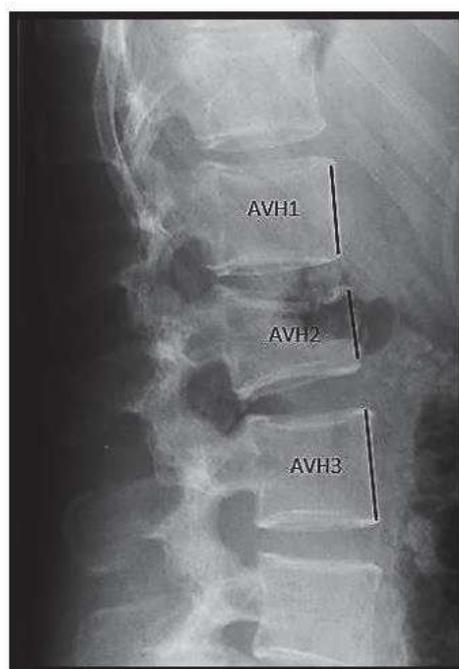
Le taux de compression vertébrale (CV) (97) était calculé sous forme d'index tenant compte de la hauteur vertébrale antérieure du corps vertébral fracturé (AVH2) par rapport aux hauteurs vertébrales antérieures des vertèbres sus- et sous-jacentes non fracturées (AVH1 et AVH3) (**Figure 3**).

$$\text{CV} = \frac{(\text{AVH1} + \text{AVH3})/2 - \text{AVH2}}{(\text{AVH1} + \text{AVH3})/2}$$



**Figure 2** index de hauteur discale (IDH)

*HDA (hauteur antérieure du disque) ; HDP (hauteur postérieure du disque) ; LP (longueur du plateau supérieur de la vertèbre sous-jacente)*



**Figure 3** taux de compression vertébrale (CV)

*AVH1 (hauteur antérieure du corps vertébral de la vertèbre sus-jacente)  
 AVH2 (hauteur antérieure du corps vertébral de la vertèbre fracturée)  
 AVH3 (hauteur antérieure du corps vertébrale de la vertèbre sous-jacente)*

La dégénérescence discale était évaluée selon le grade de Pfirrmann (98) sur l'IRM à 2 ans post-opératoire (**Figure 4**). Une IRM pré-opératoire n'était pas systématiquement réalisée et ne pouvait pas être évaluée de manière rétrospective.



**Figure 4** IRM en reconstruction sagittale réalisée 1 an après ablation du matériel

L'analyse statistique a été réalisée avec le logiciel R version 3.5.0. Un test t de Student comparait l'évolution des paramètres radiographiques. Nous avons analysé le lien entre la dégénérescence discale (Pfirrmann) l'âge du patient ainsi que la déformation radiologique post-traumatique du corps vertébral en analyse univariée par ANOVA. Une régression multinomiale multivariée était ensuite réalisée en intégrant les paramètres significatifs dans l'analyse univariée. Le lien entre les scores cliniques et la dégénérescence discale à 2 ans de recul était analysé par ANOVA. Le seuil de significativité était fixé à  $p < 0,05$ .

#### IV. Résultats

Le tableau 1 détaille les moyennes, les écarts-types, et les extrêmes des paramètres radiologiques de la vertèbre fracturée. La cyphose locale diminuait en moyenne de  $12,4^\circ$  à  $7,3^\circ$  en post-opératoire immédiat ( $p < 0,0001$ ) et augmentait à  $8,4^\circ$  à un an ( $p = 0,139$ ). La cyphose locale restait stable après ablation du matériel avec  $8,4^\circ$  au dernier recul ( $p = 0,891$ ).

**Tableau 1**

*Evolution de la déformation vertébrale (moyennes  $\pm$  écart-type ; minimum – maximum), cyphose en valeur positive, lordose en valeur négative*

	Préopératoire	Postopératoire immédiat	Postopératoire 1an	Postopératoire dernier recul
Cyphose locale	$12,4^\circ \pm 1,5$ 8° à 24°	$7,3^\circ \pm 2,7$ 1° à 24°	$8,4^\circ \pm 1,9$ 2° à 23°	$8,4^\circ \pm 2,8$ 3° à 1°
Cyphose régionale	$8,5^\circ \pm 4$ 2° à 25°	$5,4^\circ \pm 4,8$ -10° à 35°	$6,4^\circ \pm 4$ -7° à 26°	$6,2^\circ \pm 5,9$ -9° à 27°
Sagittal index	$12,3^\circ \pm 2,6$ 7° à 14°	$7,3^\circ \pm 4,6$ 2° à 21°	$8,3^\circ \pm 3,6$ -1° à 8°	$10,6^\circ \pm 3,8$ 0° à 24°
Compression vertébrale	$23\% \pm 10$ 10% à 38%	$14\% \pm 10$ 8% à 22%	$20\% \pm 5$ 5% à 40%	$17\% \pm 5$ 9% à 36%

La cyphose régionale moyenne diminuait de 8,5° à 5,4° en post-opératoire immédiat (p=0,080). A un an elle augmentait à 6,4° (p=0,004) et restait stable à 6,2° jusqu'au dernier recul (p=0,3189).

Le sagittal index moyen incluait dans la mesure la vertèbre fracturée et le disque sus-jacent dans la mesure. Il diminuait de 12,3° à 7,3° en post-opératoire (p<0.00001), augmentait à 8,3° avant ablation du matériel (p=0,7642) et se majorait au dernier recul à 10,6° (p=0,040).

La CV moyenne diminuait de 23% à 14% en post-opératoire (p<0.00001) et augmentait avant ablation du matériel à 20% (p=0,028). La CV restait stable à 17% au dernier recul (p=0,310).

Le tableau 2 décrit l'évolution de l'index de hauteur discale du disque crânial et caudal de la vertèbre fracturée. L'IDH moyen pour le disque crânial était de 32% en pré-opératoire et 31% en post-opératoire immédiat (p=0,072), diminuait à 29% avant ablation du matériel (p=0,650) et s'accroissait à 23% au dernier recul (p<0,0001). L'IDH pour le disque caudal était de 42% en pré-opératoire et 43% en post-opératoire immédiat, il n'y avait pas de modification à 1 an 39% (p=0,001) et au dernier recul 40% (p=0,044).

## Tableau 2

Evolution index de hauteur discale (moyennes ± écart-type ; minimum – maximum)

	Préopératoire	Postopératoire immédiat	Postopératoire 1 an	Postopératoire dernier recul
Disque crânial	32 ± 6 18 à 49	31 ± 5 16 à 54	29 ± 8 18 à 36	23 ± 10 12 à 39
Disque caudal	42 ± 6 19 à 61	43 ± 2 21 à 60	39 ± 3 18 à 57	40 ± 4 19 à 55

Chez 29 patients, la répartition des grades de Pfirrmann au niveau du disque crânial était : grade 1 (n=3), grade 2 (n=15), grade 3 (n=10), grade 4 (n=1) (**Figure 5**). En analyse univariée, il existait une relation significative entre le degré de dégénérescence discale et l'âge ( $p=0,015$ ), la cyphose locale ( $p=0,008$ ), le taux de compression vertébral ( $p=0,002$ ) au dernier recul. En analyse multivariée l'âge était le facteur prépondérant ( $p=0,042$ ) pour une dégénérescence discale Pfirrmann 4.

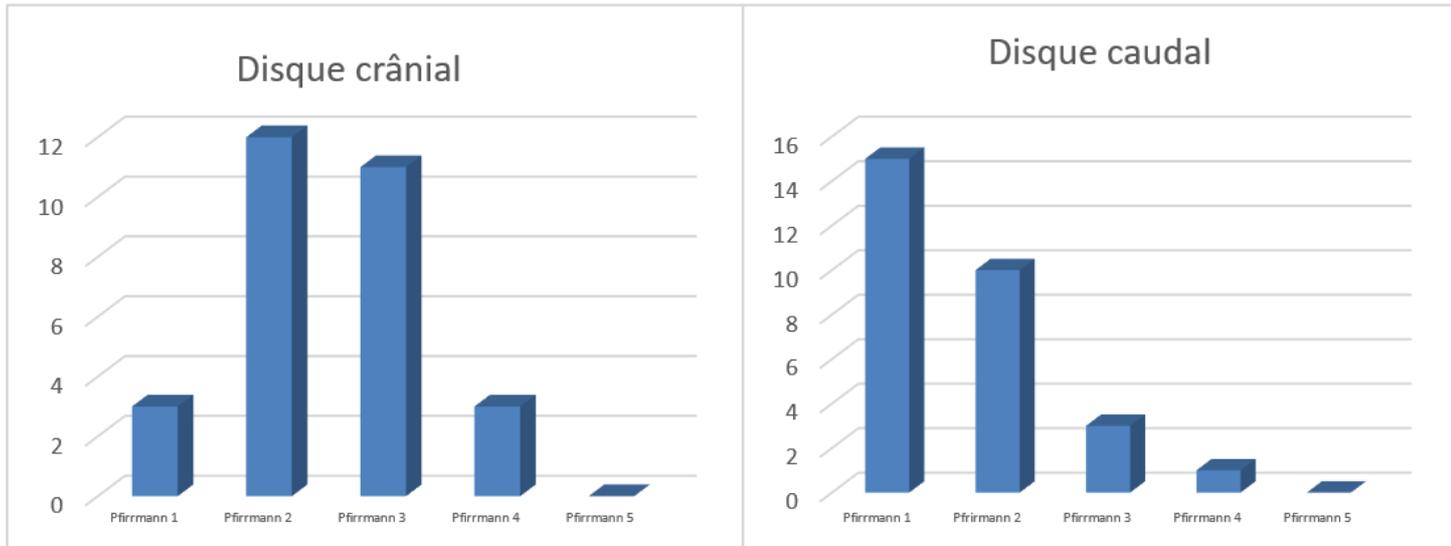
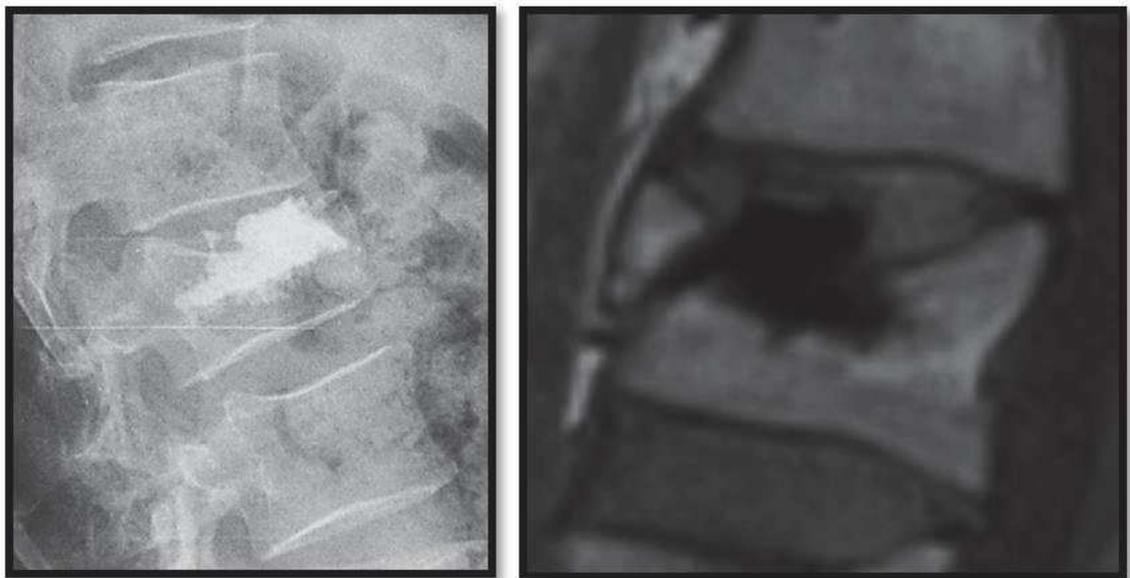
Pour le disque caudal la répartition des grades de Pfirrmann était de grade 1 (n=16), grade 2 (n=10), grade 3 (n=2), grade 4 (n=1) (**Figure 6**). Il existait une relation significative avec l'âge ( $p=0,015$ ), la cyphose locale ( $p=0,008$ ), le taux de compression vertébral ( $p=0,002$ ) au dernier recul. En analyse multivariée l'âge était le facteur prépondérant ( $p=0,0429$ ) pour une dégénérescence discale Pfirrmann 4.

Le tableau 3 résume les scores cliniques au dernier recul. L'EVA moyenne était de 2,3, l'EQ-5D-3L à 0,8626, et l'ODI à 11,8%. Il n'y avait pas de lien entre les scores cliniques et le degré de dégénérescence discale. Pour le disque crânial, l'ANOVA ne montrait pas de lien significatif entre le grade de Pfirrmann et EVA ( $p=0,416$ ), EQ-5D-3L ( $p=0,996$ ), ODI ( $p=0,142$ ). Il n'y avait pas de lien entre grade de Pfirrmann du disque caudal et EVA ( $p=0,207$ ), EQ-5D-3L ( $p=0,355$ ), ODI ( $p=0,304$ ).

Des fuites de ciment intra-discal ont été objectivées chez deux patients (Pfirrmann 3 et 4) sans répercussion clinique (**Figure 7**).

**Tableau 3**Scores cliniques à 2 ans (moyennes  $\pm$  écart-type ; minimum – maximum)

	EVA	ODI	EQ-5D-3L
Dernier recul	2,3 $\pm$ 0.7 0 à 5	11,8% $\pm$ 4.2 4% à 28%	0,86 $\pm$ 0.1 0,57 à 1

**Figure 5 et 6** répartition des grades de pfirrmann**Figure 7** fuite de ciment intradiscale sur image radiographique et IRM

## V. Discussion

La dégénérescence du disque est multifactorielle avec une prédisposition génétique qui influence la nutrition du disque, l'équilibre biochimique du nucléus et la résistance mécanique du fibrocartilage de l'annulus (99). Cependant le devenir du disque après burst fracture incomplète (A3) du rachis thoracolombaire reste controversé et à ce jour il existe peu d'études analysant l'impact d'un traumatisme sur la dégénérescence discale. Le disque est non vascularisé et sa nutrition se fait par diffusion au travers des plateaux vertébraux (100). La fracture du plateau supérieur de la vertèbre lésée entraîne une lésion du cartilage, à l'origine de l'invagination du disque au travers du plateau pouvant perturber sa nutrition. Par ailleurs, l'influence d'une déformation posttraumatique résiduelle n'est pas clairement définie après traitement conservateur ou chirurgical.

Les fractures A3 peuvent être traitées par corset ou chirurgicalement. Tropiano et al. (101) ont observé une perte de correction significative de la cyphose posttraumatique lorsque les patients sont traités par corset. La chirurgie minimale invasive représente une alternative au traitement conservateur. L'ostéosynthèse percutanée associée à la kyphoplastie permet d'obtenir une bonne correction de la déformation vertébrale dans les suites d'un traumatisme lombaire et représente une solution de choix dans la prise en charge des burst fractures. Il est acquis à ce jour que la chirurgie mini invasive permet de réduire les pertes sanguines, les morbidités péri-opératoires, une mobilisation précoce, une durée d'hospitalisation plus courte ainsi qu'un retour au travail facilité (102). Sur le plan technique, la kyphoplastie permet de relever le plateau vertébral fracturé afin de corriger la déformation en cyphose et restaurer l'anatomie vertébrale tout en préservant les

disques adjacents (103). Il s'agit d'une technique chirurgicale fiable et reproductible entraînant peu de complications malgré certains cas de fuite de ciment intradiscale (104).

Dans l'étude de Porietti et al. (105), retrouvaient une perte de correction non significative à 6 mois et sans impact sur la qualité de vie. Blondel et al. (106) retrouvaient des résultats cliniques similaires ainsi qu'une correction radiologique moyenne de la cyphose locale à 12° et une perte de correction à 2° au dernier suivi en associant l'ostéosynthèse percutanée à la kyphoplastie. Ces résultats étaient confirmés par Tesseydou et al. (107) et Renner et al. (108) qui ont montré que la configuration du plateau vertébral et la fonction du disque étaient retrouvées malgré une perte de hauteur du disque crânial. Dans notre étude les résultats étaient comparables avec une correction de la déformation du corps vertébral en postopératoire immédiat sans perte significative au dernier recul. En revanche, notre étude a retrouvé une perte significative de la correction du sagittal index, comprenant le corps vertébral et le disque crânial. Cette perte de correction n'était pas retrouvée sur les autres paramètres radiologiques mesurant uniquement la déformation du corps vertébral. Ceci laisse supposer que le disque crânial joue un rôle dans la perte de correction entre la réduction postopératoire immédiate et le dernier recul.

Oner et al. (79) ont réalisé une étude morphologique par IRM sur les disques intervertébraux après fracture de la charnière thoraco-lombaire. Ces auteurs ont observé un changement morphologique de type invagination du disque au travers du plateau vertébral avec conservation de l'intensité du signal IRM. Ils évoquent

également la persistance d'une zone centrale déprimée après réduction par oséto-synthèse simple qui pourrait être prévenue par expansion et cimentoplastie du corps vertébral. Loriaut et al. (91) et Barut et al. (92) ont étudié le devenir des disques après fractures de type A1 et A3 et n'ont pas retrouvé de modifications morphologiques du disque. Dans la plupart des cas, l'intégrité du disque était conservée et le signal IRM peu modifié. Il s'agirait plutôt d'une réorganisation au sein du plateau vertébral. Dans notre étude, l'analyse univariée laisse suspecter un lien entre la déformation posttraumatique en cyphose et la dégénérescence du disque crânial. Néanmoins, l'analyse multivariée indiquait clairement que l'âge était le facteur prépondérant. L'analyse du disque caudal n'a pas montré de différence significative de perte hauteur ou de signal IRM entre le préopératoire et le dernier recul, ce qui indique que ce disque n'est pas impacté par le traumatisme. Cliniquement il n'y avait aucun lien entre la dégénérescence discale et les scores fonctionnels ou de qualité de vie.

Bien qu'une réduction discale initiale avec perte de hauteur radiologique ait été démontrée, notre étude rétrospective présente certaines limites. L'IRM réalisée 2 ans après ablation du matériel d'ostéosynthèse n'a pas pu être systématiquement comparée à une IRM préopératoire. Par ailleurs, l'influence du ciment sur la nutrition du disque par diffusion à travers le plateau vertébral n'a pas pu être analysée. Avec l'avènement de l'imagerie fonctionnelle, une étude IRM avec séquences dynamiques pourrait nous aider à évaluer le devenir des disques adjacents après une fracture vertébrale du rachis thoraco-lombaire.

## VI. Conclusion

L'ostéosynthèse percutanée associée à la kyphoplastie permettait de corriger la déformation vertébrale dans les burst fracture A3. Le taux de dégénérescence discale était faible et essentiellement corrélé à l'âge du patient. La déformation post-traumatique du corps vertébral avec réduction partielle pourrait avoir une influence. L'ostéosynthèse percutanée permettait de limiter la sollicitation mécanique du disque adjacent à la fracture pendant la consolidation. Un an après ablation du matériel d'ostéosynthèse, les résultats cliniques étaient bons et non corrélés à une dégénérescence discale.

VU

Strasbourg, le 06/06/19

Le président du Jury de Thèse

Professeur Jean Paul STEIB



VU et approuvé

Strasbourg, le 07 JUILLET 2019

Le Doyen de la Faculté de Médecine de Strasbourg

Professeur Jean SIBILIA



## VII. Annexes

### Annexe 1 : Questionnaire EQ\_5D\_3L

Veuillez indiquer, pour chacune des rubriques suivantes, l'affirmation qui décrit le mieux votre état de santé aujourd'hui, en cochant la case appropriée.	
<b>Mobilité</b>	
Je n'ai aucun problème pour me déplacer à pied	<input type="checkbox"/>
J'ai des problèmes pour me déplacer à pied	<input type="checkbox"/>
Je suis obligé(e) de rester alité(e)	<input type="checkbox"/>
<b>Autonomie de la personne</b>	
Je n'ai aucun problème pour prendre soin de moi	<input type="checkbox"/>
J'ai des problèmes pour me laver ou m'habiller tout(e) seul(e)	<input type="checkbox"/>
Je suis incapable de me laver ou de m'habiller tout(e) seul(e)	<input type="checkbox"/>
<b>Activités courantes</b> ( <i>exemples: travail, études, travaux domestiques, activités familiales ou loisirs</i> )	
Je n'ai aucun problème pour accomplir mes activités courantes	<input type="checkbox"/>
J'ai des problèmes pour accomplir mes activités courantes	<input type="checkbox"/>
Je suis incapable d'accomplir mes activités courantes	<input type="checkbox"/>
<b>Douleurs / gêne</b>	
Je n'ai ni douleur ni gêne	<input type="checkbox"/>
J'ai des douleurs ou une gêne modérée(s)	<input type="checkbox"/>
J'ai des douleurs ou une gêne extrême(s)	<input type="checkbox"/>
<b>Anxiété / Dépression</b>	
Je ne suis ni anxieux(se) ni déprimé(e)	<input type="checkbox"/>
Je suis modérément anxieux(se) ou déprimé(e)	<input type="checkbox"/>
Je suis extrêmement anxieux(se) ou déprimé(e)	<input type="checkbox"/>

## Annexe 2 : Oswestry Disability Questionnaire V2

OSWESTRY v2  
Copie du patient

Douleur (ne cocher qu'une case)	<input type="checkbox"/> Je ne ressens aucune douleur actuellement. <input type="checkbox"/> La douleur est très légère actuellement. <input type="checkbox"/> La douleur est modérée actuellement. <input type="checkbox"/> La douleur est assez intense actuellement. <input type="checkbox"/> La douleur est très intense actuellement. <input type="checkbox"/> La douleur est la pire que l'on puisse imaginer.
Soins personnels (se laver, s'habiller, etc.) (ne cocher qu'une case)	<input type="checkbox"/> Je peux effectuer normalement mes soins personnels sans douleur supplémentaire. <input type="checkbox"/> Je peux effectuer normalement mes soins personnels, mais c'est très douloureux. <input type="checkbox"/> Effectuer mes soins personnels est douloureux et je dois prendre des précautions et faire attention. <input type="checkbox"/> Je peux effectuer mes soins personnels, mais j'ai besoin d'aide. <input type="checkbox"/> J'ai besoin d'aide chaque jour pour la plupart de mes soins personnels. <input type="checkbox"/> Je ne peux pas m'habiller, je me lave avec difficulté et je reste au lit.
Soulèvement d'objets (ne cocher qu'une case)	<input type="checkbox"/> Je peux soulever des objets lourds sans augmenter la douleur. <input type="checkbox"/> Je peux soulever des objets lourds mais la douleur augmente. <input type="checkbox"/> La douleur m'empêche de soulever des objets lourds qui se trouvent au sol, mais je peux les soulever s'ils sont à ma portée (par ex., sur une table). <input type="checkbox"/> La douleur m'empêche de soulever des objets lourds, mais je peux soulever des objets légers ou moyennement lourds s'ils sont à ma portée. <input type="checkbox"/> Je ne peux soulever que des objets très légers. <input type="checkbox"/> Je ne peux rien soulever.
Marche (ne cocher qu'une case)	<input type="checkbox"/> La douleur ne m'empêche pas de marcher, quelle que soit la distance. <input type="checkbox"/> La douleur m'empêche de marcher au-delà de 1600 mètres. <input type="checkbox"/> La douleur m'empêchent de marcher au-delà de 800 mètres. <input type="checkbox"/> La douleur m'empêche de marcher au-delà de 100 mètres. <input type="checkbox"/> Je ne peux marcher qu'avec une canne ou des béquilles. <input type="checkbox"/> Je reste au lit la plupart du temps et je dois me traîner jusqu'aux toilettes.
Position assise (ne cocher qu'une case)	<input type="checkbox"/> Je peux rester assis(e) sur un siège aussi longtemps que je le veux. <input type="checkbox"/> Je peux rester assis(e) sur mon siège favori aussi longtemps que je le veux. <input type="checkbox"/> La douleur m'empêche de rester assis(e) pendant plus d'une heure. <input type="checkbox"/> La douleur m'empêche de rester assis(e) pendant plus d'une demi-heure. <input type="checkbox"/> La douleur m'empêche de rester assis(e) pendant plus de 10 minutes. <input type="checkbox"/> La douleur m'empêche de rester assis(e).
Position debout (ne cocher qu'une case)	<input type="checkbox"/> Je peux me tenir debout aussi longtemps que je le veux sans augmenter la douleur. <input type="checkbox"/> Je peux me tenir debout aussi longtemps que je le veux mais la douleur augmente. <input type="checkbox"/> La douleur m'empêche de me tenir debout pendant plus d'une heure. <input type="checkbox"/> La douleur m'empêche de me tenir debout pendant plus d'une demi-heure. <input type="checkbox"/> La douleur m'empêche de me tenir debout pendant plus de 10 minutes. <input type="checkbox"/> La douleur m'empêche de me tenir debout.

Sommeil (ne cocher qu'une case)	<input type="checkbox"/> Mon sommeil n'est jamais perturbé par la douleur. <input type="checkbox"/> Mon sommeil est parfois perturbé par la douleur. <input type="checkbox"/> La douleur fait que je dors moins de 6 heures. <input type="checkbox"/> La douleur fait que je dors moins de 4 heures. <input type="checkbox"/> La douleur fait que je dors moins de 2 heures. <input type="checkbox"/> La douleur m'empêche de dormir.
Vie sexuelle (ne cocher qu'une case)	<input type="checkbox"/> Ma vie sexuelle est normale et ne me cause pas plus de douleur. <input type="checkbox"/> Ma vie sexuelle est normale mais me cause plus de douleur. <input type="checkbox"/> Ma vie sexuelle est presque normale, mais très douloureuse. <input type="checkbox"/> Ma vie sexuelle est très limitée par la douleur. <input type="checkbox"/> Je n'ai quasiment plus de vie sexuelle à cause de la douleur. <input type="checkbox"/> La douleur m'empêche toute vie sexuelle.
Vie sociale (ne cocher qu'une case)	<input type="checkbox"/> Ma vie sociale est normale et ne me cause pas plus de douleur. <input type="checkbox"/> Ma vie sociale est normale mais me cause plus de douleur. <input type="checkbox"/> La douleur n'a pas d'effet important sur ma vie sociale, sauf de limiter mes activités physiques (par exemple, les sports, etc.). <input type="checkbox"/> La douleur limite ma vie sociale et je ne sors pas aussi souvent. <input type="checkbox"/> La douleur limite sérieusement ma vie sociale et je reste chez moi. <input type="checkbox"/> Je n'ai pas de vie sociale à cause de la douleur.
Voyages (ne cocher qu'une case)	<input type="checkbox"/> Je peux voyager n'importe où sans me causer plus de douleur. <input type="checkbox"/> Je peux voyager n'importe où mais ça me cause plus de douleur. <input type="checkbox"/> La douleur est forte, mais je peux faire des déplacements de plus de deux heures. <input type="checkbox"/> La douleur me limite à des déplacements de moins d'une heure. <input type="checkbox"/> La douleur me limite à de courts déplacements essentiels de moins de 30 minutes. <input type="checkbox"/> La douleur m'empêche de voyager sauf pour des traitements.

**Interprétation :**

Le maximum possible pour chaque section de six énoncés est de 5; si le premier énoncé est coché, la note est de 0; si le dernier énoncé est coché, la note est de 5. Les énoncés intermédiaires sont notés selon leur rang. Si plus d'une case est cochée dans une section, utilisez la note la plus élevée. Si les 10 sections sont remplies, le score final est calculé comme suit : si le total est de 16 points sur un total de 50 points (maximum possible), divisez le total de 16 par 50 puis multipliez par 100 pour obtenir le pourcentage.

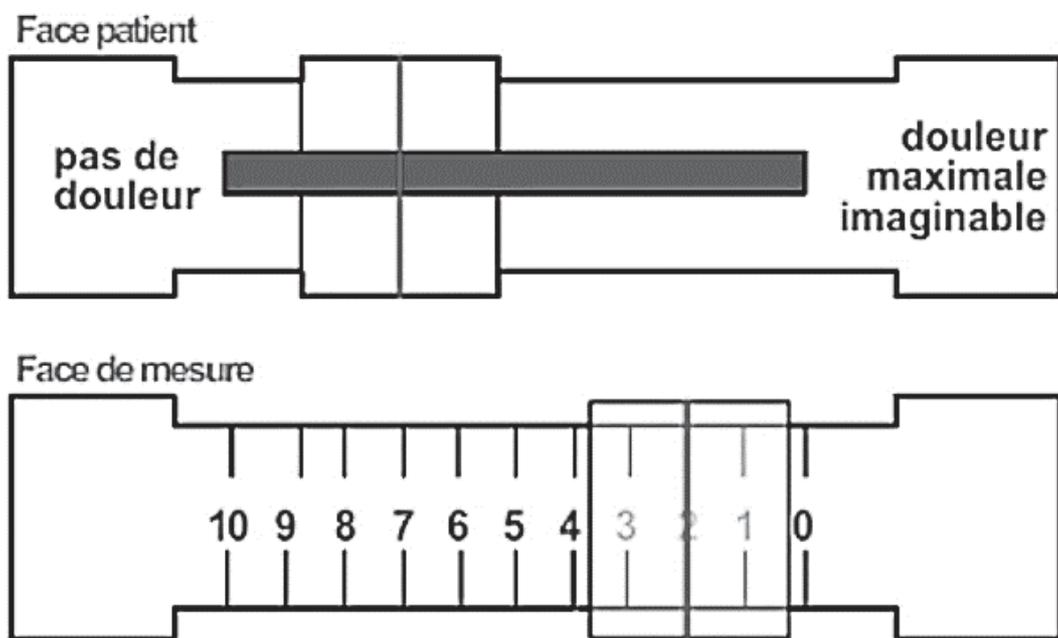
$$\text{Exemple : } 16 / 50 = 0,32 \times 100 = 32 \%$$

S'il manque une section (ou si elle ne s'applique pas), le score final est calculé comme suit : le total de 16 points est divisé par 45 points (maximum possible) puis multiplié par 100 pour obtenir le pourcentage.

$$\text{Exemple : } 16 / 45 = 0,355 \times 100 = 35,5 \%$$

Le score final peut être résumé comme étant la note totale divisée par 5 fois le nombre de sections remplies puis multipliée par 100. Suggestion des auteurs : arrondir les pourcentages à des chiffres entiers.

Veuillez vous référer à ce qui suit pour l'interprétation des scores finaux.

**Annexe 3 : Echelle visuelle analogique (EVA)**

## VIII. Bibliographie

1. Magerl F, Aebi M, Gertzbein SD, Harms J, Nazarian S. A comprehensive classification of thoracic and lumbar injuries. *Eur Spine J Off Publ Eur Spine Soc Eur Spinal Deform Soc Eur Sect Cerv Spine Res Soc.* 1994;3(4):184-201.
2. Hu R, Mustard CA, Burns C. Epidemiology of incident spinal fracture in a complete population. *Spine.* 15 févr 1996;21(4):492-9.
3. Cooper C, Atkinson EJ, O'Fallon WM, Melton LJ. Incidence of clinically diagnosed vertebral fractures: a population-based study in Rochester, Minnesota, 1985-1989. *J Bone Miner Res Off J Am Soc Bone Miner Res.* févr 1992;7(2):221-7.
4. Wang H, Zhang Y, Xiang Q, Wang X, Li C, Xiong H, et al. Epidemiology of traumatic spinal fractures: experience from medical university-affiliated hospitals in Chongqing, China, 2001-2010. *J Neurosurg Spine.* nov 2012;17(5):459-68.
5. Grivna M, Eid HO, Abu-Zidan FM. Epidemiology of spinal injuries in the United Arab Emirates. *World J Emerg Surg WJES.* 2015;10:20.
6. Liu B, Zhu Y, Liu S, Chen W, Zhang F, Zhang Y. National incidence of traumatic spinal fractures in China. *Medicine (Baltimore)* [Internet]. 21 août 2018 [cité 5 août 2019];97(35). Disponible sur: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6393073/>
7. Melton LJ. Epidemiology worldwide. *Endocrinol Metab Clin North Am.* mars 2003;32(1):1-13, v.
8. Ghaffari-Fam S, Sarbazi E, Daemi A, Sarbazi M, Riyazi L, Sadeghi-Bazargani H, et al. Epidemiological and Clinical Characteristics of Fall Injuries in East Azerbaijan, Iran; A Cross-Sectional Study. *Bull Emerg Trauma.* juill 2015;3(3):104-10.
9. Tafida MA, Wagatsuma Y, Ma E, Mizutani T, Abe T. Descriptive epidemiology of traumatic spinal injury in Japan. *J Orthop Sci Off J Jpn Orthop Assoc.* mars 2018;23(2):273-6.
10. Holmes JF, Miller PQ, Panacek EA, Lin S, Horne NS, Mower WR. Epidemiology of thoracolumbar spine injury in blunt trauma. *Acad Emerg Med Off J Soc Acad Emerg Med.* sept 2001;8(9):866-72.
11. Argenson C., Lassale B. Les fractures récentes du rachis thoracique et lombaire avec et sans troubles neurologiques. 19996;(82):63-125.
12. Denis F. The three column spine and its significance in the classification of acute thoracolumbar spinal injuries. *Spine.* déc 1983;8(8):817-31.
13. Gerhart KA. Spinal cord injury outcomes in a population-based sample. *J Trauma.* nov 1991;31(11):1529-35.
14. Freslon M, Bouaka D, Coipeau P, Defossez G, Leclercq N, Nebout J, et al. [Thoracolumbar fractures]. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot.* juin 2008;94(4 Suppl):S22-35.
15. Guigui P., Lassale B. Fractures et luxations récentes du rachis dorsal et lombaire de l'adulte. 1998;15-829-A-10.
16. Masharawi Y, Salame K. Shape variation of the neural arch in the thoracic and lumbar spine: characterization and relationship with the vertebral body shape. *Clin Anat N Y N.* oct 2011;24(7):858-67.
17. Louis R. Spinal stability as defined by the three-column spine concept. *Anat Clin.* 1985;7(1):33-42.
18. Morel E, Ilharreborde B, Lenoir T, Hoffmann E, Vialle R, Rillardon L, et al. [Sagittal balance of the spine and degenerative spondylolisthesis]. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot.* nov 2005;91(7):615-26.
19. Roussouly P, Pinheiro-Franco JL. Sagittal parameters of the spine: biomechanical approach. *Eur Spine J Off Publ Eur Spine Soc Eur Spinal Deform Soc Eur Sect Cerv Spine Res Soc.* sept 2011;20 Suppl 5:578-85.
20. Legaye J, Duval-Beaupère G, Hecquet J, Marty C. Pelvic incidence: a fundamental pelvic parameter for three-dimensional regulation of spinal sagittal curves. *Eur Spine J Off Publ Eur Spine Soc Eur Spinal Deform Soc Eur Sect Cerv Spine Res Soc.* 1998;7(2):99-103.
21. Lafage V, Schwab F, Patel A, Hawkinson N, Farcy J-P. Pelvic tilt and truncal inclination: two key radiographic parameters in the setting of adults with spinal deformity. *Spine.* 1 août 2009;34(17):E599-606.
22. Roussouly P, Gollogly S, Berthonnaud E, Dimnet J. Classification of the normal variation in the sagittal alignment of the human lumbar spine and pelvis in the standing position. *Spine.* 1 févr 2005;30(3):346-53.

23. Roussouly P, Gollogly S, Nosedo O, Berthonnaud E, Dimnet J. The vertical projection of the sum of the ground reactive forces of a standing patient is not the same as the C7 plumb line: a radiographic study of the sagittal alignment of 153 asymptomatic volunteers. *Spine*. 15 mai 2006;31(11):E320-325.
24. Barrey C, Jund J, Nosedo O, Roussouly P. Sagittal balance of the pelvis-spine complex and lumbar degenerative diseases. A comparative study about 85 cases. *Eur Spine J*. sept 2007;16(9):1459-67.
25. Stagnara P, De Mauroy JC, Dran G, Gonon GP, Costanzo G, Dimnet J, et al. Reciprocal angulation of vertebral bodies in a sagittal plane: approach to references for the evaluation of kyphosis and lordosis. *Spine*. août 1982;7(4):335-42.
26. Farcy JP, Weidenbaum M, Glassman SD. Sagittal index in management of thoracolumbar burst fractures. *Spine*. sept 1990;15(9):958-65.
27. Steib J-P, Mitulescu A, Bogorin I, Chiffolot X. Traumatismes récents du rachis thoracolumbaire. *Techniques chirurgicales. Wwwem-Premiumcomdatatraitest0644-44912* [Internet]. 18 déc 2007 [cité 29 août 2019]; Disponible sur: <https://www-em-premium-com.scd-rproxy.u-strasbg.fr/article/68187/resultatrecherche/2>
28. Maroudas A, Bayliss M, Brocklehurst B, Coysh L, Freeman M, Revell P, et al. [Biochemical and physico-chemical studies on osteoarthritis in relation to some clinical aspects]. *Orthopade*. avr 1983;12(2):109-18.
29. Holm S, Maroudas A, Urban JP, Selstam G, Nachemson A. Nutrition of the intervertebral disc: solute transport and metabolism. *Connect Tissue Res*. 1981;8(2):101-19.
30. Inoue H. Three-dimensional architecture of lumbar intervertebral discs. *Spine*. avr 1981;6(2):139-46.
31. Jackson HC, Winkelmann RK, Bickel WH. Nerve endings in the human lumbar spinal column and related structures. *J Bone Joint Surg Am*. oct 1966;48(7):1272-81.
32. Sengupta DK. *Clinical Biomechanics of the Spine*. *Spine*. 1 avr 2017;42:S3.
33. Nachemson A. The load on lumbar disks in different positions of the body. *Clin Orthop*. avr 1966;45:107-22.
34. Junghanns H. Das Bewegungs Segment der Wirbelsäule und seine praktische Bedeutung *Arch*. 1954;(5):104.
35. Kelly RP, Whitesides TE. Treatment of lumbodorsal fracture-dislocations. *Ann Surg*. mai 1968;167(5):705-17.
36. Holdsworth F. Fractures, dislocations, and fracture-dislocations of the spine. *J Bone Joint Surg Am*. déc 1970;52(8):1534-51.
37. Decoulx P, Rieunau G. [Fractures of the dorsolumbar spine without neurological disorders]. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot*. sept 1958;44(3-4):254-322.
38. Roy-Camille R, Saillant G. [Spinal injuries without neurologic complications]. *Int Orthop*. 1984;8(2):155-62.
39. Boehler L. *Technique de traitement des fractures*. Masson. 1994;tome 1.
40. Waston-Jones R. *Fracture and joint injuries*. 3rd edn. Edinburgh. 1943;
41. McAfee PC. The value of computed tomography in thoracolumbar fractures; an asnalysis of one hundred consecutive cases and a new classificaiton. 1983;
42. Vaccaro AR, Lehman RA, Hurlbert RJ, Anderson PA, Harris M, Hedlund R, et al. A new classification of thoracolumbar injuries: the importance of injury morphology, the integrity of the posterior ligamentous complex, and neurologic status. *Spine*. 15 oct 2005;30(20):2325-33.
43. Vaccaro AR, Oner C, Kepler CK, Dvorak M, Schnake K, Bellabarba C, et al. AOSpine thoracolumbar spine injury classification system: fracture description, neurological status, and key modifiers. *Spine*. 1 nov 2013;38(23):2028-37.
44. Aebi M. Classification of thoracolumbar fractures and dislocations. *Eur Spine J Off Publ Eur Spine Soc Eur Spinal Deform Soc Eur Sect Cerv Spine Res Soc*. mars 2010;19 Suppl 1:S2-7.
45. Weitzman G. Treatment of stable thoracolumbar spine compression fractures by early ambulation. *Clin Orthop*. mai 1971;76:116-22.
46. Cantor JB, Lebowhl NH, Garvey T, Eismont FJ. Nonoperative management of stable thoracolumbar burst fractures with early ambulation and bracing. *Spine*. 15 juin 1993;18(8):971-6.

47. Senegas J. [Thoracolumbar fractures. Pathomorphology and indications for treatment]. *Acta Orthop Belg.* déc 1998;64(4):354-9.
48. Louis R, Maresca C, Bel P. [Unstable fractures of the spine. IV. Stabilization methods and their results. A. Nonsurgical methods. 3. Orthopedic reduction]. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot.* août 1977;63(5):449-51.
49. de Peretti F, Cambas PM, Puch JM, Nasr ZG, Lovet J, Argenson C. [Modular construction (2 HS-1 SH), using Cotrel-Dubousset's universal instrumentation for comminuted fractures of the thoracolumbar junction. Comparison with various other constructions]. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot.* 1994;80(3):205-16.
50. Camille RR, Berteaux D, Saillant G, Judet H, Salgado V. Ostéosynthèse des fractures du rachis dorso-lombaire avec plaques vissées dans les pédicules vertébraux. *Int Orthop.* 1 juin 1977;1(2):121-4.
51. Cotrel Y, Dubousset J. A new technic for segmental spinal osteosynthesis using the posterior approach. *Orthop Traumatol Surg Res OTSR.* févr 2014;100(1):37-41.
52. Dick W, Kluger P, Magerl F, Woersdörfer O, Zäch G. A new device for internal fixation of thoracolumbar and lumbar spine fractures: the « fixateur interne ». *Paraplegia.* août 1985;23(4):225-32.
53. Steib J-P, Aoui M, Mitulescu A, Bogorin I, Chiffolot X, Cognet J-M, et al. Thoracolumbar fractures surgically treated by « in situ contouring ». *Eur Spine J Off Publ Eur Spine Soc Eur Spinal Deform Soc Eur Sect Cerv Spine Res Soc.* déc 2006;15(12):1823-32.
54. Zou D, Yoo JU, Edwards WT, Donovan DM, Chang KW, Bayley JC, et al. Mechanics of anatomic reduction of thoracolumbar burst fractures. Comparison of distraction versus distraction plus lordosis, in the anatomic reduction of the thoracolumbar burst fracture. *Spine.* févr 1993;18(2):195-203.
55. Crutcher JP, Anderson PA, King HA, Montesano PX. Indirect spinal canal decompression in patients with thoracolumbar burst fractures treated by posterior distraction rods. *J Spinal Disord.* mars 1991;4(1):39-48.
56. Denis F, Burkus JK. Diagnosis and treatment of cauda equina entrapment in the vertical lamina fracture of lumbar burst fractures. *Spine.* août 1991;16(8 Suppl):S433-439.
57. Charles YP, Walter A, Schuller S, Steib J-P. Temporary Percutaneous Instrumentation and Selective Anterior Fusion for Thoracolumbar Fractures. *Spine.* 1 mai 2017;42(9):E523.
58. Antoni M, Charles YP, Walter A, Schuller S, Steib J-P. Fusion Rates of Different Anterior Grafts in Thoracolumbar Fractures [Internet]. 2015 [cité 8 sept 2019]. Disponible sur: <https://www.ingentaconnect.com/content/wk/jspit/2015/00000028/00000009/art00011?crawler=true>
59. Assaker R. Minimal access spinal technologies: state-of-the-art, indications, and techniques. *Jt Bone Spine Rev Rhum.* nov 2004;71(6):459-69.
60. Foley KT, Gupta SK, Justis JR, Sherman MC. Percutaneous pedicle screw fixation of the lumbar spine. *Neurosurg Focus.* 15 avr 2001;10(4):E10.
61. Lowery GL, Kulkarni SS. Posterior percutaneous spine instrumentation. *Eur Spine J Off Publ Eur Spine Soc Eur Spinal Deform Soc Eur Sect Cerv Spine Res Soc.* févr 2000;9 Suppl 1:S126-130.
62. Kim D-Y, Lee S-H, Chung SK, Lee H-Y. Comparison of multifidus muscle atrophy and trunk extension muscle strength: percutaneous versus open pedicle screw fixation. *Spine.* 1 janv 2005;30(1):123-9.
63. Zairi F, Court C, Tropiano P, Charles YP, Tonetti J, Fuentes S, et al. Minimally invasive management of thoraco-lumbar fractures: combined percutaneous fixation and balloon kyphoplasty. *Orthop Traumatol Surg Res OTSR.* oct 2012;98(6 Suppl):S105-111.
64. Weber BR, Grob D, Dvorák J, Müntener M. Posterior surgical approach to the lumbar spine and its effect on the multifidus muscle. *Spine.* 1 août 1997;22(15):1765-72.
65. Rampersaud YR, Annand N, Dekutoski MB. Use of minimally invasive surgical techniques in the management of thoracolumbar trauma: current concepts. *Spine.* 15 mai 2006;31(11 Suppl):S96-102; discussion S104.
66. Ntilikina Y, Bahlau D, Garnon J, Schuller S, Walter A, Schaeffer M, et al. Open versus percutaneous instrumentation in thoracolumbar fractures: magnetic resonance imaging comparison of paravertebral muscles after implant removal. *J Neurosurg Spine.* août 2017;27(2):235-41.
67. McLain RF. Functional outcomes after surgery for spinal fractures: return to work and activity. *Spine.* 15 févr 2004;29(4):470-7; discussion Z6.

68. Merom L, Raz N, Hamud C, Weisz I, Hanani A. Minimally invasive burst fracture fixation in the thoracolumbar region. *Orthopedics. avr* 2009;32(4).
69. Schmidt OI, Strasser S, Kaufmann V, Strasser E, Gahr RH. Role of early minimal-invasive spine fixation in acute thoracic and lumbar spine trauma. *Indian J Orthop. oct* 2007;41(4):374-80.
70. Rehtine GR, Bono PL, Cahill D, Bolesta MJ, Chrin AM. Postoperative wound infection after instrumentation of thoracic and lumbar fractures. *J Orthop Trauma. nov* 2001;15(8):566-9.
71. Huang Q-S, Chi Y-L, Wang X-Y, Mao F-M, Lin Y, Ni W-F, et al. [Comparative percutaneous with open pedicle screw fixation in the treatment of thoracolumbar burst fractures without neurological deficit]. *Zhonghua Wai Ke Za Zhi. 15 janv* 2008;46(2):112-4.
72. Ringel F, Stoffel M, Stüer C, Meyer B. Minimally invasive transmuscular pedicle screw fixation of the thoracic and lumbar spine. *Neurosurgery. oct* 2006;59(4 Suppl 2):ONS361-366; discussion ONS366-367.
73. Korovessis P, Hadjipavlou A, Repantis T. Minimal invasive short posterior instrumentation plus balloon kyphoplasty with calcium phosphate for burst and severe compression lumbar fractures. *Spine. 15 mars* 2008;33(6):658-67.
74. Wiesner L, Kothe R, Schulitz KP, Rütger W. Clinical evaluation and computed tomography scan analysis of screw tracts after percutaneous insertion of pedicle screws in the lumbar spine. *Spine. 1 mars* 2000;25(5):615-21.
75. Rampersaud YR, Foley KT, Shen AC, Williams S, Solomito M. Radiation exposure to the spine surgeon during fluoroscopically assisted pedicle screw insertion. *Spine. 15 oct* 2000;25(20):2637-45.
76. Wild MH, Glees M, Plieschnegger C, Wenda K. Five-year follow-up examination after purely minimally invasive posterior stabilization of thoracolumbar fractures: a comparison of minimally invasive percutaneously and conventionally open treated patients. *Arch Orthop Trauma Surg. juill* 2007;127(5):335-43.
77. Yang H, Shi J, Ebraheim M, Liu X, Konrad J, Husain I, et al. Outcome of thoracolumbar burst fractures treated with indirect reduction and fixation without fusion. *Eur Spine J Off Publ Eur Spine Soc Eur Spinal Deform Soc Eur Sect Cerv Spine Res Soc. mars* 2011;20(3):380-6.
78. Pelegri C, Fegoun ABE, Winter M, Brassart N, Bronsard N, Hovorkade I, et al. 229 Ostéosynthèse percutanée des fractures lombaires et thoraco-lombaires sans troubles neurologiques. *Wwwem-Premiumcomdatarevues00351040009307S107795703* [Internet]. 19 juin 2008 [cité 31 août 2019]; Disponible sur: <https://www-em-premium-com.scd-rproxu.u-strasbg.fr/article/173632/resultatrecherche/2>
79. Oner FC, van der Rijt RR, Ramos LM, Dhert WJ, Verbout AJ. Changes in the disc space after fractures of the thoracolumbar spine. *J Bone Joint Surg Br. sept* 1998;80(5):833-9.
80. Verlaan J-J, Dhert WJA, Verbout AJ, Oner FC. Balloon vertebroplasty in combination with pedicle screw instrumentation: a novel technique to treat thoracic and lumbar burst fractures. *Spine. 1 févr* 2005;30(3):E73-79.
81. Mermelstein LE, McLain RF, Yerby SA. Reinforcement of thoracolumbar burst fractures with calcium phosphate cement. A biomechanical study. *Spine. 15 mars* 1998;23(6):664-70; discussion 670-671.
82. S. Rajasekaran. Thoracolumbar burst fractures without neurological deficit: the role for conservative treatment. *Eur Spine J. 2009*;
83. Cheng LM, Wang JJ, Zeng ZL, Zhu R, Yu Y, Li C, et al. Pedicle screw fixation for traumatic fractures of the thoracic and lumbar spine. In: *The Cochrane Collaboration, éditeur. Cochrane Database of Systematic Reviews* [Internet]. Chichester, UK: John Wiley & Sons, Ltd; 2011 [cité 7 nov 2018]. Disponible sur: <http://doi.wiley.com/10.1002/14651858.CD009073>
84. Hartmann F, Gercek E, Leiner L, Rommens PM. Kyphoplasty as an alternative treatment of traumatic thoracolumbar burst fractures Magerl type A3. *Injury. avr* 2012;43(4):409-15.
85. Cawley DT, Alexander M, Morris S. Multifidus innervation and muscle assessment post-spinal surgery. *Eur Spine J. févr* 2014;23(2):320-7.
86. McAnany SJ, Overlay SC, Kim JS, Baird EO, Qureshi SA, Anderson PA. Open Versus Minimally Invasive Fixation Techniques for Thoracolumbar Trauma: A Meta-Analysis. *Glob Spine J. mars* 2016;6(2):186-94.
87. Vanek P, Bradac O, Konopkova R, de Lacy P, Lacman J, Benes V. Treatment of thoracolumbar trauma by short-segment percutaneous transpedicular screw instrumentation: prospective comparative study with a minimum 2-year follow-up. *J Neurosurg Spine. févr* 2014;20(2):150-6.

88. He D, Wu L, Sheng X, Xiao Q, Zhu Y, Yu W, et al. Internal fixation with percutaneous kyphoplasty compared with simple percutaneous kyphoplasty for thoracolumbar burst fractures in elderly patients: a prospective randomized controlled trial. *Eur Spine J.* oct 2013;22(10):2256-63.
89. Ortin-Barcelo A, Ortolà Morales DJ, Rosa MA, Fenga D, Bañuls-Pattarelli MA, Lopez-Prats FA. Adjacent Single-level Combined Fixation Using Kyphoplasty and Percutaneous Pedicle Screws in Type A3 Unstable Vertebral Fractures in Elderly Patients. *Folia Med (Plovdiv).* 1 sept 2018;60(3):474-8.
90. Fuentes S, Blondel B, Metellus P, Gaudart J, Adetchessi T, Dufour H. Percutaneous kyphoplasty and pedicle screw fixation for the management of thoraco-lumbar burst fractures. *Eur Spine J.* août 2010;19(8):1281-7.
91. Loriaut P, Mercy G, Moreau PE, Sariali E, Boyer P, Dallaudière B, et al. Initial disc structural preservation in type A1 and A3 thoracolumbar fractures. *Orthop Traumatol Surg Res OTSR.* nov 2015;101(7):833-7.
92. Barut N, Marie-Hardy L, Bonaccorsi R, Khalifé M, Pascal-Moussellard H. Immediate and late discal lesions on MRI in Magerl A thoracolumbar fracture: Analysis of 76 cases. *Orthop Traumatol Surg Res OTSR.* juin 2019;105(4):713-8.
93. Whyne DK, TOMBOLA Group. Correspondence between EQ-5D health state classifications and EQ VAS scores. *Health Qual Life Outcomes.* 7 nov 2008;6:94.
94. Fairbank JC, Pynsent PB. The Oswestry Disability Index. *Spine.* 15 nov 2000;25(22):2940-52; discussion 2952.
95. Kuklo TR, Polly DW, Owens BD, Zeidman SM, Chang AS, Klemme WR. Measurement of Thoracic and Lumbar Fracture Kyphosis: Evaluation of Intraobserver, Interobserver, and Technique Variability. *Spine.* janv 2001;26(1):61-6.
96. Kanamori M, Yasuda T, Hori T, Suzuki K, Kawaguchi Y. Minimum 10-Year Follow-up Study of Anterior Lumbar Interbody Fusion for Degenerative Spondylolisthesis: Progressive Pattern of the Adjacent Disc Degeneration. *Asian Spine J.* juin 2012;6(2):105-14.
97. Vernon-Roberts B, Moore RJ, Fraser RD. The natural history of age-related disc degeneration: the pathology and sequelae of tears. *Spine.* 1 déc 2007;32(25):2797-804.
98. Pfirrmann CW, Metzdorf A, Zanetti M, Hodler J, Boos N. Magnetic resonance classification of lumbar intervertebral disc degeneration. *Spine.* 1 sept 2001;26(17):1873-8.
99. Eisenstein S, Roberts S. The physiology of the disc and its clinical relevance. *J Bone Joint Surg Br.* juill 2003;85(5):633-6.
100. Lotz JC, Haughton V, Boden SD, An HS, Kang JD, Masuda K, et al. New treatments and imaging strategies in degenerative disease of the intervertebral disks. *Radiology.* juill 2012;264(1):6-19.
101. Tropiano P, Huang RC, Louis CA, Poitout DG, Louis RP. Functional and radiographic outcome of thoracolumbar and lumbar burst fractures managed by closed orthopaedic reduction and casting. *Spine.* 1 nov 2003;28(21):2459-65.
102. Wang MY, Anderson DG, Poelstra KA, Ludwig SC. Minimally invasive posterior fixation. *Neurosurgery.* sept 2008;63(3 Suppl):197-203.
103. Saget M, Teyssedou S, Prebet R, Vendevre T, Gayet L-E, Pries P. Acrylic kyphoplasty in recent nonosteoporotic fractures of the thoracolumbar junction: a prospective clinical and 3D radiologic study of 54 patients. *J Spinal Disord Tech.* août 2014;27(6):E226-233.
104. Lee MJ, Dumonski M, Cahill P, Stanley T, Park D, Singh K. Percutaneous treatment of vertebral compression fractures: a meta-analysis of complications. *Spine.* 15 mai 2009;34(11):1228-32.
105. Proietti L, Scaramuzzo L, Schirò GR, Sessa S, D'Aurizio G, Tamburrelli FC. Posterior percutaneous reduction and fixation of thoraco-lumbar burst fractures. *Orthop Traumatol Surg Res OTSR.* sept 2014;100(5):455-60.
106. Blondel B, Fuentes S, Pech-Gourg G, Adetchessi T, Tropiano P, Dufour H. Percutaneous management of thoracolumbar burst fractures: Evolution of techniques and strategy. *Orthop Traumatol Surg Res OTSR.* sept 2011;97(5):527-32.
107. Teyssédou S, Saget M, Gayet LE, Pries P, Brèque C, Vendevre T. Radiologic study of disc behavior following compression fracture of the thoracolumbar hinge managed by kyphoplasty: A 52-case series. *Orthop Traumatol Surg Res OTSR.* févr 2016;102(1):61-5.
108. Renner SM, Tsitsopoulos PP, Dimitriadis AT, Voronov LI, Havey RM, Carandang G, et al. Restoration of Spinal Alignment and Disk Mechanics following Polyetheretherketone Wafer Kyphoplasty with StaXx FX. *Am J Neuroradiol.* août 2011;32(7):1295-300.

Université  
de Strasbourg



Faculté  
de médecine

DECLARATION SUR L'HONNEUR

*Document avec signature originale devant être joint :*

- à votre mémoire de D.E.S.
- à votre dossier de demande de soutenance de thèse

Nom : COLLINEF Prénom : ARNAUD

Ayant été informé(e) qu'en m'appropriant tout ou partie d'une œuvre pour l'intégrer dans mon propre mémoire de spécialité ou dans mon mémoire de thèse de docteur en médecine, je me rendrais coupable d'un délit de contrefaçon au sens de l'article L335-1 et suivants du code de la propriété intellectuelle et que ce délit était constitutif d'une fraude pouvant donner lieu à des poursuites pénales conformément à la loi du 23 décembre 1901 dite de répression des fraudes dans les examens et concours publics,

Ayant été avisé(e) que le président de l'université sera informé de cette tentative de fraude ou de plagiat, afin qu'il saisisse la juridiction disciplinaire compétente,

Ayant été informé(e) qu'en cas de plagiat, la soutenance du mémoire de spécialité et/ou de la thèse de médecine sera alors automatiquement annulée, dans l'attente de la décision que prendra la juridiction disciplinaire de l'université

J'atteste sur l'honneur

Ne pas avoir reproduit dans mes documents tout ou partie d'œuvre(s) déjà existante(s), à l'exception de quelques brèves citations dans le texte, mises entre guillemets et référencées dans la bibliographie de mon mémoire.

**A écrire à la main :** « J'atteste sur l'honneur avoir connaissance des suites disciplinaires ou pénales que j'encours en cas de déclaration erronée ou incomplète ».

*J'atteste sur l'honneur avoir connaissance des  
suites disciplinaires ou pénales que j'encours en cas  
de déclaration erronée ou incomplète*

Signature originale :

A STRASBOURG le 02/03/2019

**Photocopie de cette déclaration devant être annexée en dernière page de votre mémoire de D.E.S. ou de Thèse.**

### **Introduction**

Le traitement par kyphoplastie et ostéosynthèse percutanée peut être indiquée pour les fractures A3 de T12-L1. Le devenir des disques adjacents reste controversé. Le but de cette étude rétrospective était d'analyser la dégénérescence discale adjacente à la fracture et de vérifier le lien avec l'âge, la déformation vertébrale et les scores cliniques.

### **Matériel et Méthodes**

29 patients (âge moyen 47 ans, 27-63 ans, 11 femmes, 18 hommes) ont été revus à 2,2 (2,0-2,5) ans de recul. Les mesures radiographiques étaient : cyphose régionale, cyphose locale, sagittal index, taux de compression vertébral, index de hauteur discale. Le grade de Pfirrmann était vérifié sur l'IRM au dernier recul. L'évaluation clinique comprenait l'EVA, l'EQ-5D-3L, l'ODI.

### **Résultats**

La cyphose locale diminuait de 12,4° à 7,3° en postopératoire ( $p < 0,0001$ ) augmentait à 8,4° après ablation du matériel ( $p = 0,139$ ) et restait stable au dernier recul (0,891). Le sagittal index diminuait de 12,3° à 7,3° en postopératoire ( $p < 0,0001$ ), augmentait à 8,3° au dernier recul ( $p = 0,764$ ) et se majorait au dernier recul à 10,6° ( $p < 0,05$ ). Le taux de compression vertébral diminuait de 23% à 14% en postopératoire ( $p < 0,0001$ ), augmentait à 20% au dernier recul ( $p = 0,028$ ) et restait stable au dernier recul (à 17% ( $p = 0,310$ )). L'index de hauteur discale était de 32% en pré- et 31% en postopératoire (0,0725), diminuait à 29% à 1 an ( $p = 0,650$ ) et s'accroissait à 23% à 2 ans ( $p < 0,0001$ ) pour le disque crânial. Il existait une relation significative avec l'âge ( $p = 0,0158$ ), la cyphose locale ( $p = 0,0088$ ), le taux de compression vertébral ( $p = 0,0024$ ). En analyse multi-variée l'âge était le facteur prépondérant ( $p = 0,0429$ ). Au dernier recul, l'EVA moyenne était de 2,3, l'EQ-5D de 0,8626, l'ODI de 11,8%. Il n'y avait pas de lien significatif entre Pfirrmann et scores cliniques

### **Conclusion**

Le risque de dégénérescence discale après fracture A3.1 traitée par kyphoplastie et ostéosynthèse percutanée est faible. La dégénérescence est essentiellement corrélée à l'âge du patient. Une perte de correction est liée à la dégénérescence du disque crânial objectivée après ablation du matériel. La déformation post-traumatique du corps vertébral avec réduction partielle peut avoir une influence. La qualité de vie ne semble pas influencée par la dégénérescence discale.

**Rubrique de classement:** Diplôme d'étude spécialisée

**Mots clés:** Fractures thoraco-lombaires, ostéosynthèse percutanée, kyphoplastie, score de Pfirrmann, scores cliniques

**Président de thèse :** Professeur Jean Paul STEIB

**Assesseur :** Professeur Yann Philippe CHARLES, Professeur ADAM, Docteur NTILIKINA

**Adresse de l'auteur :** COLLINET Arnaud, 20 rue Maréchal Foch 67000 STRASBOURG