



HAL
open science

Instrumentations hybrides combinant vis pédiculaires et bandes sous-lamaires appliquées aux fractures instables du rachis thoracique et lombaire

Gaëtan Tesson

► **To cite this version:**

Gaëtan Tesson. Instrumentations hybrides combinant vis pédiculaires et bandes sous-lamaires appliquées aux fractures instables du rachis thoracique et lombaire. Médecine humaine et pathologie. 2021. dumas-03448880

HAL Id: dumas-03448880

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-03448880>

Submitted on 25 Nov 2021

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

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

ANNEE 2021

**THESE POUR LE
DOCTORAT EN MEDECINE**

(Diplôme d'Etat)

Par

TESSON Gaëtan
Né le 16 mai 1991 à Pont-Audemer

Présentée et soutenue publiquement le 21 octobre 2021

**Instrumentations hybrides combinant vis
pédiculaires et bandes sous-lamaires appliquées aux
fractures instables du rachis thoracique et lombaire**

Président de jury : Monsieur le Professeur Franck DUJARDIN

Directeur de Thèse : Monsieur le Docteur Mourad OULD-SLIMANE

Membres du Jury : Monsieur le Professeur Fabrice DUPARC

Monsieur le Docteur Vianney GILARD

Monsieur le Docteur Rémi GAUTHE

ANNEE UNIVERSITAIRE 2020 - 2021

U.F.R. SANTÉ DE ROUEN

DOYEN : **Professeur Benoît VEBER**

ASSESEURS : **Professeur Loïc FAVENNEC**
Professeur Agnès LIARD
Professeur Guillaume SAVOYE

I - MEDECINE

PROFESSEURS DES UNIVERSITES – PRATICIENS HOSPITALIERS

Mr Frédéric ANSELME	HCN	Cardiologie
Mme Gisèle APTER	Havre	Pédopsychiatrie
Mme Isabelle AUQUIT AUCKBUR	HCN	Chirurgie plastique
Mr Jean-Marc BASTE	HCN	Chirurgie Thoracique
Mr Fabrice BAUER	HCN	Cardiologie
Mme Soumeya BEKRI	HCN	Biochimie et biologie moléculaire
Mr Ygal BENHAMOU	HCN	Médecine interne
Mr Jacques BENICHOU	HCN	Bio statistiques et informatique médicale
Mr Olivier BOYER	UFR	Immunologie
Mme Sophie CANDON	HCN	Immunologie
Mr François CARON	HCN	Maladies infectieuses et tropicales
Mr Philippe CHASSAGNE	HCN	Médecine interne (gériatrie)
Mr Moïse COEFFIER	HCN	Nutrition
Mr Vincent COMPERE	HCN	Anesthésiologie et réanimation chirurgicale
Mr Jean-Nicolas CORNU	HCN	Urologie
Mr Antoine CUVELIER	HB	Pneumologie
Mr Jean-Nicolas DACHER	HCN	Radiologie et imagerie médicale
Mr Stéfan DARMONI	HCN	Informatique médicale et techniques de communication
Mr Pierre DECHELOTTE	HCN	Nutrition
Mr Stéphane DERREY	HCN	Neurochirurgie

Mr Frédéric DI FIORE	CHB	Cancérologie
Mr Fabien DOGUET	HCN	Chirurgie Cardio Vasculaire
Mr Jean DOUCET	SJ	Thérapeutique - Médecine interne et gériatrie
Mr Bernard DUBRAY	CHB	Radiothérapie
Mr Frank DUJARDIN	HCN	Chirurgie orthopédique - Traumatologique
Mr Fabrice DUPARC	HCN	Anatomie - Chirurgie orthopédique et traumatologique
Mr Eric DURAND	HCN	Cardiologie
Mr Bertrand DUREUIL	HCN	Anesthésiologie et réanimation chirurgicale
Mme Hélène ELTCHANINOFF	HCN	Cardiologie
Mr Manuel ETIENNE	HCN	Maladies infectieuses et tropicales
Mr Thierry FREBOURG	UFR	Génétique
Mr Pierre FREGER (<i>surnombre</i>)	HCN	Anatomie - Neurochirurgie
Mr Jean François GEHANNO	HCN	Médecine et santé au travail
Mr Emmanuel GERARDIN	HCN	Imagerie médicale
Mme Priscille GERARDIN	HCN	Pédopsychiatrie
M. Guillaume GOURCEROL	HCN	Physiologie
Mr Dominique GUERROT	HCN	Néphrologie
Mme Julie GUEUDRY	HCN	Ophthalmologie
Mr Olivier GUILLIN	HCN	Psychiatrie Adultes
Mr Claude HOUDAYER	HCN	Génétique
Mr Fabrice JARDIN	CHB	Hématologie
Mr Luc-Marie JOLY	HCN	Médecine d'urgence
Mr Pascal JOLY	HCN	Dermato – Vénérologie
Mme Bouchra LAMIA	Havre	Pneumologie
Mme Annie LAQUERRIERE	HCN	Anatomie et cytologie pathologiques
Mr Vincent LAUDENBACH	HCN	Anesthésie et réanimation chirurgicale
Mr Hervé LEFEBVRE	HB	Endocrinologie et maladies métaboliques
Mr Thierry LEQUERRE	HCN	Rhumatologie
Mme Anne-Marie LEROI	HCN	Physiologie
Mr Hervé LEVESQUE	HCN	Médecine interne
Mme Agnès LIARD-ZMUDA	HCN	Chirurgie Infantile
Mr Pierre Yves LITZLER	HCN	Chirurgie cardiaque
M. David MALTETE	HCN	Neurologie
Mr Christophe MARGUET	HCN	Pédiatrie
Mme Isabelle MARIE	HCN	Médecine interne
Mr Jean-Paul MARIE	HCN	Oto-rhino-laryngologie
Mr Loïc MARPEAU	HCN	Gynécologie - Obstétrique

Mr Stéphane MARRET	HCN	Pédiatrie
Mme Véronique MERLE	HCN	Epidémiologie
Mr Pierre MICHEL	HCN	Hépatogastro-entérologie
M. Benoit MISSET (<i>détachement</i>)	HCN	Réanimation Médicale
Mr Marc MURAINÉ	HCN	Ophthalmologie
Mr Christian PFISTER	HCN	Urologie
Mr Jean-Christophe PLANTIER	HCN	Bactériologie - Virologie
Mr Didier PLISSONNIER	HCN	Chirurgie vasculaire
Mr Gaëtan PREVOST	HCN	Endocrinologie
Mr Jean-Christophe RICHARD (<i>détachement</i>)	HCN	Réanimation médicale - Médecine d'urgence
Mr Vincent RICHARD	UFR	Pharmacologie
Mme Nathalie RIVES	HCN	Biologie du développement et de la reproduction
Mr Horace ROMAN (<i>détachement</i>)	HCN	Gynécologie - Obstétrique
Mr Jean-Christophe SABOURIN	HCN	Anatomie – Pathologie
Mr Mathieu SALAUN	HCN	Pneumologie
Mr Guillaume SAVOYE	HCN	Hépatogastrologie
Mme Céline SAVOYE-COLLET	HCN	Imagerie médicale
Mme Pascale SCHNEIDER	HCN	Pédiatrie
Mr Lilian SCHWARZ	HCN	Chirurgie Viscérale et Digestive
Mr Michel SCOTTE	HCN	Chirurgie digestive
Mme Fabienne TAMION	HCN	Thérapeutique
Mr Luc THIBERVILLE	HCN	Pneumologie
Mr Hervé TILLY (<i>surnombre</i>)	CHB	Hématologie et transfusion
M. Gilles TOURNEL	HCN	Médecine Légale
Mr Olivier TROST	HCN	Anatomie -Chirurgie Maxillo-Faciale
Mr Jean-Jacques TUECH	HCN	Chirurgie digestive
Mr Benoît VEBER	HCN	Anesthésiologie - Réanimation chirurgicale
Mr Pierre VERA	CHB	Biophysique et traitement de l'image
Mr Eric VERIN	Les Herbiers	Médecine Physique et de Réadaptation
Mr Eric VERSPYCK	HCN	Gynécologie obstétrique
Mr Olivier VITTECOQ	HC	Rhumatologie
Mr David WALLON	HCN	Neurologie
Mme Marie-Laure WELTER	HCN	Physiologie

MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES – PRATICIENS HOSPITALIERS

Mme Najate ACHAMRAH	HCN	Nutrition
Mme Elodie ALESSANDRI-GRADT	HCN	Virologie
Mme Noëlle BARBIER-FREBOURG	HCN	Bactériologie – Virologie
Mr Emmanuel BESNIER	HCN	Anesthésiologie - Réanimation
Mme Carole BRASSE LAGNEL	HCN	Biochimie
Mme Valérie BRIDOUX HUYBRECHTS	HCN	Chirurgie Vasculaire
Mr Gérard BUCHONNET	HCN	Hématologie
Mme Mireille CASTANET	HCN	Pédiatrie
Mme Nathalie CHASTAN	HCN	Neurophysiologie
M. Vianney GILARD	HCN	Neurochirurgie
Mr Serge JACQUOT	UFR	Immunologie
Mr Joël LADNER	HCN	Epidémiologie, économie de la santé
Mr Jean-Baptiste LATOUCHE	UFR	Biologie cellulaire
M. Florent MARGUET	HCN	Histologie
Mme Chloé MELCHIOR	HCN	Gastroentérologie
M. Sébastien MIRANDA	HCN	Chirurgie Vasculaire
Mr Thomas MOUREZ (<i>détachement</i>)	HCN	Virologie
Mr Gaël NICOLAS	UFR	Génétique
Mme Muriel QUILLARD	HCN	Biochimie et biologie moléculaire
Mme Laëtitia ROLLIN	HCN	Médecine du Travail
Mme Pascale SAUGIER-VEBER	HCN	Génétique
M. Abdellah TEBANI	HCN	Biochimie et Biologie Moléculaire
Mme Anne-Claire TOBENAS-DUJARDIN	HCN	Anatomie
Mr Julien WILS	HCN	Pharmacologie

PROFESSEUR AGREGE OU CERTIFIE

Mr Thierry WABLE	UFR	Communication
Mme Mélanie AUVRAY-HAMEL	UFR	Anglais

ATTACHE TEMPORAIRES D'ENSEIGNEMENT ET DE RECHERCHE à MI-TEMPS

Mme Justine SAULNIER	UFR	Biologie
-----------------------------	-----	----------

II - PHARMACIE

PROFESSEURS DES UNIVERSITES

Mr Jérémy BELLIEN (PU-PH)	Pharmacologie
Mr Thierry BESSON	Chimie Thérapeutique
Mr Jean COSTENTIN (Professeur émérite)	Pharmacologie
Mme Isabelle DUBUS	Biochimie
Mr Abdelhakim EL OMRI	Pharmacognosie
Mr François ESTOUR	Chimie Organique
Mr Loïc FAVENNEC (PU-PH)	Parasitologie
Mr Jean Pierre GOULLE (Professeur émérite)	Toxicologie
Mme Christelle MONTEIL	Toxicologie
Mme Martine PESTEL-CARON (PU-PH)	Microbiologie
Mr Rémi VARIN (PU-PH)	Pharmacie clinique
Mr Jean-Marie VAUGEOIS	Pharmacologie
Mr Philippe VERITE	Chimie analytique

MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES

Mme Cécile BARBOT	Chimie Générale et Minérale
Mr Frédéric BOUNOURE	Pharmacie Galénique
Mr Thomas CASTANHEIRO MATIAS	Chimie Organique
Mr Abdeslam CHAGRAOUI	Physiologie
Mme Camille CHARBONNIER (LE CLEZIO)	Statistiques
Mme Elizabeth CHOSSON	Botanique
Mme Marie Catherine CONCE-CHEMTOB	Législation pharmaceutique et économie de la santé
Mme Cécile CORBIERE	Biochimie
Mme Nathalie DOURMAP	Pharmacologie
Mme Isabelle DUBUC	Pharmacologie
Mme Dominique DUTERTE- BOUCHER	Pharmacologie
Mr Gilles GARGALA (MCU-PH)	Parasitologie

Mme Nejla EL GHARBI-HAMZA	Chimie analytique
Mme Marie-Laure GROULT	Botanique
Mr Chervin HASSEL	Biochimie et Biologie Moléculaire
Mme Maryline LECOINTRE	Physiologie
Mme Hong LU	Biologie
Mme Marine MALLETER	Toxicologie
M. Jérémie MARTINET (MCU-PH)	Immunologie
M. Romy RAZAKANDRAINIBÉ	Parasitologie
Mme Tiphaine ROGEZ-FLORENT	Chimie analytique
Mr Mohamed SKIBA	Pharmacie galénique
Mme Malika SKIBA	Pharmacie galénique
Mme Christine THARASSE	Chimie thérapeutique
Mr Frédéric ZIEGLER	Biochimie

PROFESSEURS ASSOCIES

Mme Cécile GUERARD-DETUNCQ	Pharmacie officinale
Mme Caroline BERTOUX	Pharmacie

PAU-PH

M. Mikaël **DAOUPHARS**

PROFESSEUR CERTIFIE

Mme Mathilde GUERIN	Anglais
----------------------------	---------

ASSISTANTS HOSPITALO-UNIVERSITAIRES

Mme Alice MOISAN	Virologie
M. Henri GONDÉ	Pharmacie

ATTACHES TEMPORAIRES D'ENSEIGNEMENT ET DE RECHERCHE

Mme Soukaina GUAOUA-ELJADDI	Informatique
Mme Clémence MEAUSOONE	Toxicologie

ATTACHE TEMPORAIRE D'ENSEIGNEMENT

Mme Ramla SALHI	Pharmacognosie
------------------------	----------------

LISTE DES RESPONSABLES DES DISCIPLINES PHARMACEUTIQUES

Mme Cécile BARBOT	Chimie Générale et minérale
Mr Thierry BESSON	Chimie thérapeutique
Mr Abdeslam CHAGRAOUI	Physiologie
Mme Elisabeth CHOSSON	Botanique
Mme Marie-Catherine CONCE-CHEMTOB	Législation et économie de la santé
Mme Isabelle DUBUS	Biochimie
Mr Abdelhakim EL OMRI	Pharmacognosie
Mr François ESTOUR	Chimie organique
Mr Loïc FAVENNEC	Parasitologie
Mr Michel GUERBET	Toxicologie
Mme Martine PESTEL-CARON	Microbiologie
Mr Mohamed SKIBA	Pharmacie galénique
Mr Rémi VARIN	Pharmacie clinique
M. Jean-Marie VAUGEOIS	Pharmacologie
Mr Philippe VERITE	Chimie analytique

III – MEDECINE GENERALE

PROFESSEUR MEDECINE GENERALE

Mr Jean-Loup **HERMIL** (PU-MG) UFR Médecine générale

MAITRE DE CONFERENCE MEDECINE GENERALE

Mr Matthieu **SCHUERS** (MCU-MG) UFR Médecine générale

PROFESSEURS ASSOCIES A MI-TEMPS – MEDECINS GENERALISTE

Mr Pascal **BOULET** UFR Médecine générale

Mr Emmanuel **LEFEBVRE** UFR Médecine Générale

Mme Elisabeth **MAUVIARD** UFR Médecine générale

Mr Philippe **NGUYEN THANH** UFR Médecine générale

Mme Yveline **SEVRIN** UFR Médecine générale

MAITRE DE CONFERENCES ASSOCIE A MI-TEMPS – MEDECINS GENERALISTES

Mme Laëtitia **BOURDON** UFR Médecine Générale

Mme Elsa **FAGOT-GRIFFIN** UFR Médecine Générale

Mr Emmanuel **HAZARD** UFR Médecine Générale

Mme Lucile **PELLERIN** UFR Médecine générale

ENSEIGNANTS MONO-APPARTENANTS

PROFESSEURS

Mr Paul MULDER (phar)	Sciences du Médicament
Mme Su RUAN (med)	Génie Informatique

MAITRES DE CONFERENCES

Mr Sahil ADRIOUCH (med)	Biochimie et biologie moléculaire (Unité Inserm 905)
Mme Gaëlle BOUGEARD-DENOYELLE (med)	Biochimie et biologie moléculaire (UMR 1079)
Mme Carine CLEREN (med)	Neurosciences (Néovasc)
M. Sylvain FRAINEAU (med)	Physiologie (Inserm U 1096)
Mme Pascaline GAILDRAT (med)	Génétique moléculaire humaine (UMR 1079)
Mr Nicolas GUEROUT (med)	Chirurgie Expérimentale
Mme Rachel LETELLIER (med)	Physiologie
Mr Antoine OUVRARD-PASCAUD (med)	Physiologie (Unité Inserm 1076)
Mr Frédéric PASQUET	Sciences du langage, orthophonie
Mme Anne-Sophie PEZZINO	Orthophonie
Mme Christine RONDANINO (med)	Physiologie de la reproduction
Mr Youssan Var TAN	Immunologie
Mme Isabelle TOURNIER (med)	Biochimie (UMR 1079)

DIRECTEUR ADMINISTRATIF : M. Jean-Sébastien VALET

HCN - Hôpital Charles Nicolle

HB - Hôpital de BOIS GUILLAUME

CB - Centre Henri Becquerel

CHS - Centre Hospitalier Spécialisé du Rouvray

CRMPR - Centre Régional de Médecine Physique et de Réadaptation

SJ – Saint Julien Rouen

Par délibération en date du 3 mars 1967, la faculté a arrêté que les opinions émises dans les dissertations qui lui seront présentées doivent être considérées comme propres à leurs auteurs et qu'elle n'entend leur donner aucune approbation ni improbation.

SERMENT D'HIPPOCRATE

Au moment d'être admis(e) 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(e) dans l'intimité des personnes, je tairai les secrets qui me seront confiés. Reçu(e) 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(e) et méprisé(e) si j'y manque.

Remerciements

Monsieur le Professeur Franck DUJARDIN, Président de jury

Vous me faites l'honneur de présider ce jury. L'enseignement que vous pratiquez est d'une grande richesse. Vos connaissances et votre aisance chirurgicale sont remarquables. Je vous remercie pour ces années d'internat passées dans votre service. Veuillez trouver dans ce travail l'expression de ma sincère reconnaissance.

Monsieur le Docteur Mourad OULD SLIMANE, directeur de thèse

Tu me fais l'honneur de diriger cette thèse. Merci de m'avoir aidé à produire ce travail. Ta persévérance et ton travail force le respect. Merci également de m'avoir enseigné l'orthopédie et surtout la chirurgie du rachis. Je laisse la chanson du Dakin à son meilleur interprète. J'espère être à la hauteur de tes attentes.

Monsieur le Professeur Fabrice DUPARC,

Monsieur, vous me faites l'honneur de juger ce travail. Votre enseignement de l'anatomie témoigne de votre investissement dans la formation des étudiants. Je possède toujours une collection de photos de vos schémas de PCEM1. Votre rigueur et votre dévouement pour l'orthopédie sont exemplaires. Soyez assuré de mon plus grand respect.

Monsieur le Docteur Rémi GAUTHE,

Mon premier chef à DV2-4, merci de m'avoir épaulé dans mes premiers semestres. Ton travail et ton investissement pendant ces années de chef sont un exemple pour nous tous. Toujours aussi impressionné par ton utilisation d'Excel®. Merci de juger ce travail sur un thème que tu affectionnes.

Monsieur le Docteur Vianney GILARD,

Merci Vianney de juger ce travail avec l'équipe d'orthopédie. C'est un plaisir de t'avoir dans mon jury. Je te souhaite de poursuivre sur cette voie universitaire. A bientôt aux staffs rachis quotidiens.

A mes Parents,

Merci pour ces moments passés depuis maintenant 30 ans, mais également vos sacrifices, votre soutien et présence dans ma vie.

Papa, je te remercie de m'avoir emmené avec toi dès le plus jeune âge, je pense que le fait de vouloir devenir chirurgien orthopédiste n'y est pas pour rien.

Votre éducation et votre amour à fait de nous ce que nous sommes aujourd'hui, merci encore.

A mes Frères,

Même si petit il se dit que je voulais être seul, je ne regrette absolument pas que vous soyez mes petits frères. Alexis, ta bienveillance est admirable, je suis tellement fier de voir mon ptit frère devenir avocat. J'espère que Mathilde et toi reviendrez dans la région bientôt. Nicolas, j'aurais aimé que l'on grandisse plus longtemps ensemble. Profite bien de tes 20 ans parce que les années passent très vite ! Je ne me fais pas de soucis pour la suite de tes études, tu y trouveras ce qu'il te plaira. Notre passion commune nous rassemble tous les trois. Je vous aime.

A ma Famille,

A mes grands-mères, Mamie Cocotte et Mamie Dédé pour tous ces dimanches passaient en famille.

A mes oncles et tantes,

Ma marraine Florence et Samuel. A Hubert et Chantal. A tata Katia, Mickael et Nathalie.

A mes cousins et cousines,

Maxime, Mathilde, ma filleule Ambre et son petit frère Lois. Encore félicitation jeunes mariés.

A Nono, Mathilde et la petite Emma.

A Charlotte et Mathieu.

A Romain.

A Cynthia et les garçons

A Alicia et ses enfants.

A Laurine, Mathis les cousins Landais.

A ma Belle-Famille,

A Gilles et Laurence, pour ces moments de famille avec vous. A Solène, Pierre et Alice.

A mes amis,

Paul, Julie, et maintenant le p'tit Achille, à nos soirées (du lycée à celle d'aujourd'hui) et vacances passées ensemble ! Toujours un plaisir de se retrouver ensemble.

A moi, de passer par la case « soutenance » mon Paulo.

Manu et Amélie, j'essaierai de ne pas finir comme à votre mariage ... Je ne désespère pas de vous voir déménager en Normandie !

A mon père Alex, va falloir te mettre à niveau au VTT.

A notre Promo « locale + 1 », et amis

Mon Rico, notre artiste. Moi aussi j'ai bien cru qu'on passerait tout notre internat ensemble. Je te souhaite de devenir un grand Mr Rachis. Pierrot, notre Go-Fast Rouen-Nantes ! J'aurais toujours une place pour toi dans ma chambre d'hôtel mon lapin. Lisa, seule parmi 4 mecs, au tempérament bien trempé, tu as su trouver ta place ! J'ai hâte de partager des blocs avec toi pour apprendre le Toulousain-Havrais ! Brej, bistouri entre les dents, toujours à la recherche d'un patient à opérer. On passe aujourd'hui notre thèse, gros merde à toi ma poule !

A mes autres co-internes,

Babache naturalisé Havrais, Élise, Solène, Serviette, Maria, Eva, Sixtine, Malik, Baptriste, Théo BB, Nico, Alexis, Romain notre seul Rouennais de la promo. Aux plus jeunes, que j'apprendrais à connaître prochainement.

Aux plasticiens, Silvia, Julien, Yoyo, Octave, Francis, Marie. A notre ortho-ped refoulé, Fluc.

A mes co-internes devenus Chefs,

A la promo 100% féminine. Marie-Ca, merci de m'avoir autant laisser opérer sur ton programme et celui de Jordane, un vrai plaisir d'aller au bloc avec vous ! J'en garde un très bon souvenir A Poppy, Madame Rachis et Justine.

Guytou, grand et honorable chef du CH Dieppe, bravo mon lapin, t'es vraiment un exemple pour nous tous ! Vraiment, sauf en 2 roues ... Jean-Jean, le bo-gosse au gros Pick-up, je te souhaite le meilleur au Havre. Micka, heureux d'avoir partagé des semestres avec toi mon But. P'tite pensée sur chaque voie antérieure (Starter, Curette, Gouge). Tintin, mon fidèle compagnon de 2 roues et ami. C'était sympa d'être avec toi a Elbeuf ! Et merci pour la place dans le bureau avec Mme le Dr Denize (-Petit^^). Mon Dodo, à quand une nouvelle virée

au TouKets ?! ton assiduité pour l'animation en congrès force le respect ;) Bravo Dona. A Richard Chan., a Matthieu Lalevrette, grand fétichiste !

A mes Chefs,

Mon Jojo, Merci de m'avoir pris sous ton aile pendant cet internat (je crois savoir que Dona y est pour quelque chose) ! J'espère avoir appris un maximum de toi ! Je pense avoir passé plus de mardi avec toi qu'avec Emilie pendant ces semestres au CHU. Merci pour tout mon Chef !

A Matthieu, mister Hanche. A Manu, à l'aise partout. A Jonathan. Hayder, Hadrien, A ceux partis, Cédric, Saïd, Virginie, Antoine V.

A l'équipe de Pédiatrie : Mr Lechevallier pour votre dévouement à votre service. A Isabelle, Charly, Zokou et au service.

A l'équipe de Dieppe, merci Antoine pour ces 6 mois et cette comm' à la SOFCOT ^^ . Je ne me fais aucun souci pour le service désormais dans les mains du bon et appréciable Guytou !

A notre équipe d'Elbeuf, Frédéric, Charles, Christian, Samer et Fatiha. Ce dernier semestre parmi vous a été un plaisir. J'espère que ces 2 années d'assistantat seront enrichissantes.

Aux équipes des différents services et bloc d'orthopédie du CHU, à DV2-4 service natal (Mme Labre, Lulu, Sarah, Julien...). Au 31 (Clémence, Laura, Manon, Dimitri, Pauline...) et l'U30 ainsi qu'à la consultation Mathilde, Astrid les mamans. Aux secrétaires (Steph(s), Nancy, Sophie)

A l'équipe de l'HPE,

A Monsieur le Docteur COURAGE, ce semestre à vos côtés à été d'une très grande richesse. Votre volonté de faire de nous « l'élite » et votre humour force l'admiration. Je vous remercie encore pour ces mois passé auprès de vous.

A Simon pour ces 6 mois passés au bloc. Ta rigueur chirurgicale et ta zen-attitude sont exemplaires. A Seb, au beau gosse de l'HPE. La réussite par excellence !

Aux Couraquettes, merci de m'avoir accueilli dans votre bloc ! Je garde un excellent souvenir de vous, Safia, Bibiche, Isa, Colombe, Marie-Mathilde, Marie, Béné, Cécile, Symon, Léo.

A Émilie,

Voici l'aboutissement de ces années études, pas mal de sacrifices mais aujourd'hui le meilleur est à venir. Toujours à mes côtés pour me soutenir, sache que ton amour me porte chaque jour. Je suis également heureux de te voir devenir la médecin que tu es, toujours à l'écoute des personnes.

Je t'aime.

TABLE DES MATIERES :

I.	INTRODUCTION	22
A.	Épidémiologie	22
1.	Traumatologie.....	22
2.	Prise en charge	23
3.	Aspect médico-économique.....	24
B.	Nosologie	25
1.	Architecture vertébrale	25
2.	Mécanismes lésionnels.....	27
3.	Instabilité vertébrale traumatique	29
4.	Classifications des fractures du rachis thoraco-lombaire	33
a)	Classification de Denis	33
b)	Classification de Magerl	34
c)	Classification thoracolumbar injury classification and severity score TLICS	36
d)	Classification de l'AO Spine.....	37
e)	Classification Load Sharing de Mc Cormack	42
C.	Retentissement neurologique	43
1.	Compression neurologique	43
2.	Classification de Frankel	43
3.	Score ASIA (American Spinal Injury Association).....	44
D.	Retentissement sur la statique rachidienne	46
1.	Paramètres rachidiens segmentaires	46
2.	Équilibre sagittal rachidien	48
a)	Aspect radiographique.....	48
b)	Aspect clinique	55
E.	Prise en charge thérapeutique	56
1.	Traitement conservateur.....	57
a)	Traitement fonctionnel	57
b)	Traitement orthopédique	57
2.	Traitement chirurgical	58
a)	Vertébroplasties.....	59
b)	Ostéosynthèse percutanée	60
c)	Arthrodèse postérieure à ciel ouvert.....	61
(1)	Voie d'abord chirurgicale	61
(2)	Inventaire des dispositifs d'ostéosynthèse	62
(a)	Les vis pédiculaires.....	62
(b)	Les crochets laminaires.....	64
(c)	Les bandes sous-lamaïres.....	64
(3)	Extension des montages.....	66
d)	La chirurgie par voie antérieure.....	67

F.	Problématique.....	68
II.	MATERIEL ET METHODE	69
A.	Population	69
B.	Technique opératoire.....	69
C.	Critères d'évaluation.....	70
1.	Données cliniques.....	70
2.	Données radiologiques	71
3.	Données chirurgicales.....	73
D.	Analyse Statistique	73
III.	RESULTATS.....	74
A.	Analyse descriptive	74
1.	Caractéristiques épidémio-morphologiques et algofonctionnelles.....	74
2.	Caractéristiques radiographiques.....	77
B.	Caractéristiques chirurgicales	84
C.	Morbidité	85
IV.	DISCUSSION	88
A.	Cadre nosologique	88
B.	Aspect technique	89
C.	Efficacité - Morbidité.....	90
D.	Perspectives	91
E.	Limites	92
V.	CONCLUSION	92
VI.	TABLE DES ILLUSTRATIONS.....	93
VII.	RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES	95
VIII.	ANNEXES	107

ABREVIATIONS :

AO : Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen

ART : Angle Régional Traumatique

CCAM : Classification Commune des Actes Médicaux

CR : Cyphose Régionale

CT : Cyphose Thoracique

CV : Cyphose Vertébrale

GHS : Groupe Homogène de Séjour

GSC7 : Gite Sagittal 7^{eme} vertèbre Cervicale

IP : Incidence Pelvienne

ISO : Infection du Site Opératoire

LL : Lordose Lombaire

MCS : Mental Component Summary Scale

MIS : Minimal Invasive Surgery

ODI : Oswestry Disability Index

PS : Pente Sacrée

PCS : Physical Component Summary Scale

SMR : Segment Mobile Rachidien

SSA : Spino Sacral Angle

SVA : Sagittal Vertébral Axis

SVM : Segment Vertébral Moyen

TDM : TomoDensitoMétrie

TLICS : Thoraco Lumbar Injury Classification and Severity Score

VP : Version Pelvienne

I. INTRODUCTION

Les fractures vertébrales représentent une part non négligeable des lésions squelettiques ¹. Leur prise en charge relève généralement de centres spécialisés. Elles peuvent être sévères et mettre en jeu le pronostic fonctionnel et vital. Elles ont d'une part un impact sur la statique rachidienne mais peuvent également avoir un retentissement neurologique. Plusieurs classifications ont été proposées pour uniformiser le langage nosologique.

La stratégie thérapeutique s'appuie sur un large arsenal, allant du traitement conservateur à la chirurgie à ciel ouvert.

L'objectif de notre travail est ici d'analyser le traitement des fractures instables du rachis thoracique et lombaire par l'utilisation combinée de vis pédiculaires et de bandes sous-lamaire.

A. Épidémiologie

1. Traumatologie

L'incidence annuelle des fractures du rachis dans les pays occidentaux est de 64/100 000 habitants ²⁻⁴. Leur répartition est inégale, par ordre décroissant, nous retrouvons les localisations lombaires (46%), thoraciques (33%) et cervicales (21%) ⁵. La charnière thoracolumbaire représente 55% des lésions aboutissant à une hospitalisation ⁶⁻⁸.

Les hommes représentent la majorité des patients, se confirmant d'autant plus dans les pays moins développés ^{7,9,10}. Il s'agit le plus souvent de patients actifs, âgés de 30 à 50 ans ^{7,9}.

L'intensité du traumatisme se traduit par la fréquence des lésions associées, jusqu'à 30% de lésions concomitantes ^{5,7}. La mortalité globale est de 4,1% ² liée au contexte de polytraumatisme.

Les troubles neurologiques ne sont pas rares et font la gravité des fractures du rachis. Ils représentent environ 13% des traumatismes avec une prédominance pour les lésions du rachis cervicales ^{10,11}.

Les causes par ordre de fréquence sont les chutes d'un lieu élevé (57%) suivie des accidents de la voie publique puis des traumatismes sportifs et domestiques ^{4,5,7,9,10}.

Il existe une disparité entre ces études épidémiologiques du fait de la taille des échantillons et des zones géographiques étudiées.

2. Prise en charge

Chez tous traumatisés, une évaluation initiale des fonctions vitales, notamment respiratoire et circulatoire est réalisée. En cas de potentielle lésion rachidienne, la rectitude de l'axe rachidien doit être assurée. Une évaluation neurologique initiale est fondamentale, constituant un examen de référence utile en cas de coma secondaire ou de nécessité de sédation.

Des examens complémentaires d'imageries sont indispensables à la prise en charge et comprennent :

- Des radiographies standard de face et de profil, permettant de rechercher une déformation locale.
- Un examen tomodensitométrie (TDM), qui sera systématiquement réalisé en cas de lésion retrouvée à la radiographie ou dans un contexte de polytraumatisme. Le TDM permet des reconstructions dans les trois plans de l'espace pour une meilleure interprétation des lésions osseuses.
- Une imagerie par résonance magnétique (IRM) permettant une évaluation des tissus mous, tels que les ligaments longitudinaux ou les disques intervertébraux. Son accessibilité reste limitée pour de nombreux centres. Sa

principale indication reste la discordance entre les données cliniques et tomodensitométriques, à la recherche d'un potentiel hématome épidual ou d'une lésion médullaire.

On estime en France à 10 000, le nombre de cas annuel de fractures thoracique et lombaire pris en charge ¹².

Le traitement est conservateur dans 70 % des cas, et dans seulement 30 % des cas, chirurgical ^{2,12,13}.

3. Aspect médico-économique

En 2021, le tarif plein du GHS (Groupe Homogène de Séjour) pour une fracture du rachis thoracique ou lombaire traitée de façon orthopédique (GHS 3111 à 3114) varie de 1471,80€ à 8903,67€ en fonction des comorbidités. La durée moyenne de séjour (DMS) varie de 1,9 à 20,2 jours. Le tarif plein du GHS pour un traitement chirurgical (GHS 2897 à 2900) varie lui de 8659,67€ à 23394,79€. La durée moyenne de séjour (DMS) s'étend de 4,5 à 31,9 nuitées.

Le tarif de la CCAM (classification commune des actes médicaux) pour la confection d'un appareillage orthopédique, type corset (LEMP001) est de 62,70€. Le traitement chirurgical pour une cimentoplastie sans ou avec expansion vertébrale (LHMH002 et LHMH028) est respectivement de 160,80€ et 361,59€. L'ostéosynthèse avec arthrodèse postérieure (LHCA 002, LHCA010, LHCA016) varie de 450,22€ à 542,39€ en cas d'exploration du contenu canalaire.

Ces données sont issues du site internet « scansanté » développé par l'Agence Technique d'Information sur l'Hospitalisation.

B. Nosologie

1. Architecture vertébrale

La colonne vertébrale possède trois principales fonctions :

- **Support mécanique** : Par l'alternance de quatre courbures, elle transmet les contraintes vers les membres inférieurs permettant la station bipodale de manière ergonomique.
- **Mobilité** : La mobilité d'une articulation intervertébrale est faible, c'est la succession de ces articulations qui permet des mouvements de plus grande amplitude. Le segment lombaire possède une amplitude prédominante dans le plan sagittal et le segment dorsale dans le plan axial.
- **Protection** : Elle protège les systèmes nerveux central et périphérique.

Le rachis est constitué de 24 vertèbres mobiles, 7 cervicales, 12 thoraciques, 5 lombaires ainsi que 5 vertèbres sacrales et 3 à 4 coccygiennes fusionnées. La moelle épinière parcourt le canal vertébral du tronc cérébral jusqu'à L2.

L'architecture vertébrale est constituée de plusieurs éléments ^{14,15} :

- **La vertèbre** : le corps vertébral et les processus articulaires constituent les piliers. L'arc neural en arrière est principalement formé d'os cortico-diaphysaire tandis que le corps vertébral est constitué d'os spongieux. Les travées osseuses témoignent des différentes contraintes (*Figure I-1*), où l'on peut observer une zone moins dense à la partie antérieure du corps vertébral.

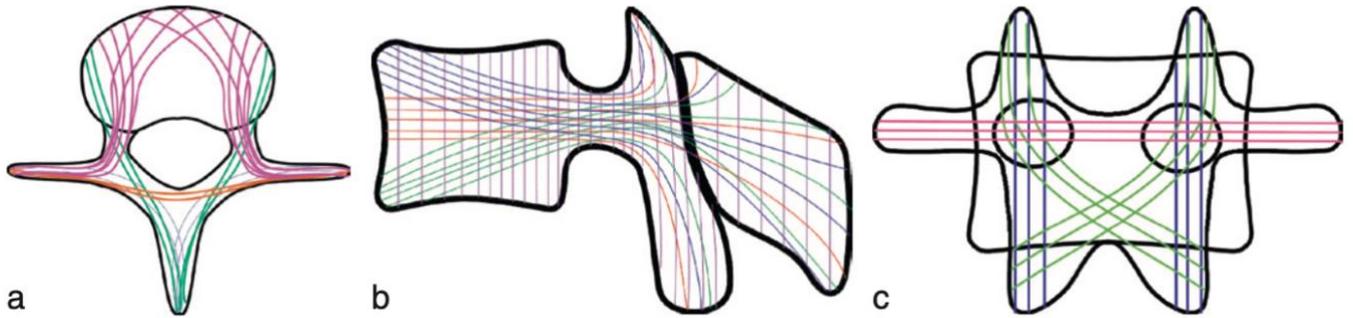


Figure I-1 : Trabéculatation osseuse dans le plan axial (a), sagittal (b) et frontal (c).
Zone de faiblesse antérieure en rouge

Extrait : livre Traumatologie du rachis, Elsevier-Masson

- **Le disque intervertébral** : formé d'une partie centrale, le nucléus pulposus et d'une partie périphérique, l'annulus fibrosus. Le disque participe fortement à la stabilité et la mobilité du rachis. Il résiste principalement aux forces de compression et il est plus sensible aux forces de traction.
- **Les ligaments** : Le ligament longitudinal antérieure (LLA) va limiter les mouvements en extension. Le ligament longitudinal postérieur (face postérieure des corps vertébraux) n'a pas de réel rôle de résistance mais permet de contenir les hernies discales. Le ligament jaune est caractérisé par une grande élasticité, permettant d'absorber une partie de l'énergie avant que celle-ci n'entraîne la rupture. Le ligament supra-épineux, unit les processus épineux entre eux.
- **Les muscles** : agissent comme des stabilisateurs dynamiques, ils sont érecteurs ou fléchisseurs. Leur contraction simultanée permet d'augmenter la rigidité du rachis.

L'unité fonctionnelle rachidienne se définit comme le plus petit segment rachidien. Elle est formée d'une amphiarthrose en avant et de deux diarthroses en arrière. La vertèbre autorise trois types de mouvements, dans chacun des plans de l'espace. Les amplitudes diffèrent selon le segment rachidien. Le secteur lombaire possède une mobilité principalement dans le plan sagittal. Le secteur thoracique privilégie l'inclinaison latérale et rotatoire.

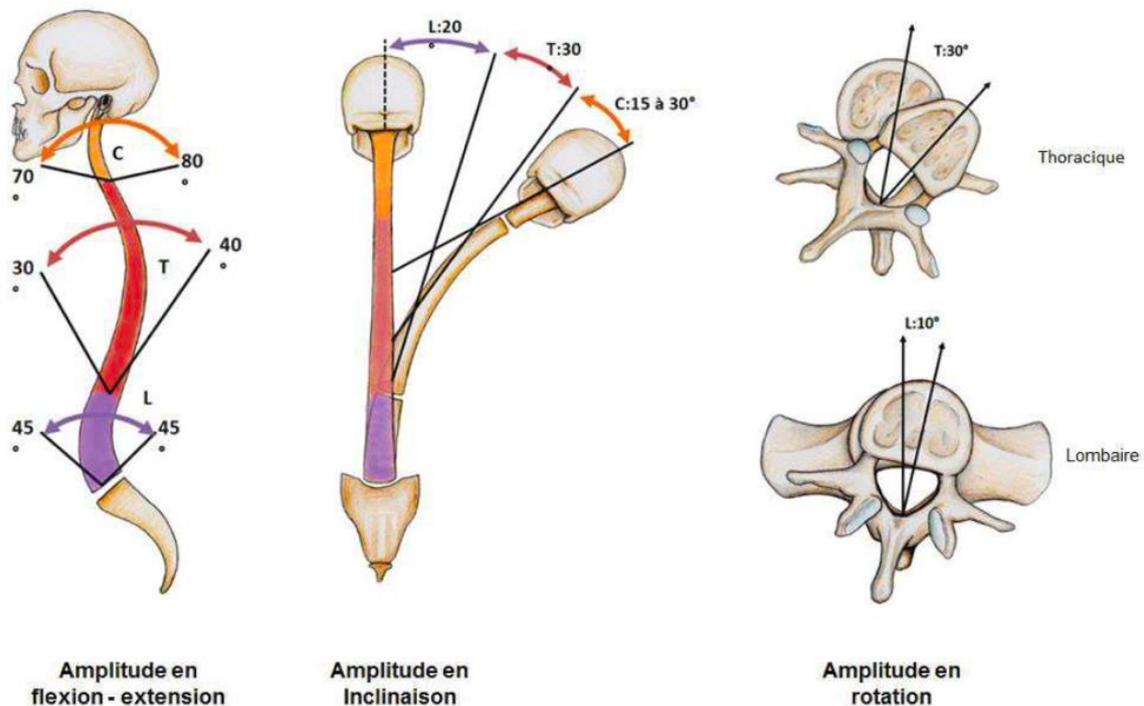


Figure 1-2 : Amplitudes des mouvements rachidiens selon les 3 plans de l'espace

2. Mécanismes lésionnels

Les lésions vertébrales résultent de quatre mécanismes élémentaires : compression, traction, rotation et cisaillement. Ils peuvent plus ou moins s'associer et s'exprimer dans tous les plans de l'espace. Si l'on décompose ces mécanismes, la compression se manifeste le plus souvent dans le plan cranio-caudal, la traction dans le plan sagittal et la rotation dans le plan axial.

- **Les lésions par compression** résultent de forces perpendiculaires aux plateaux vertébraux. Par ordre de gravité croissante, on retrouve les contusions osseuses, respectant les corticales, les fractures-tassements, avec possible effraction du mur postérieur, et les fractures-séparations qui correspondent à une impaction du nucléus pulposus dans le plateau supérieur de la vertèbre sous-jacente.

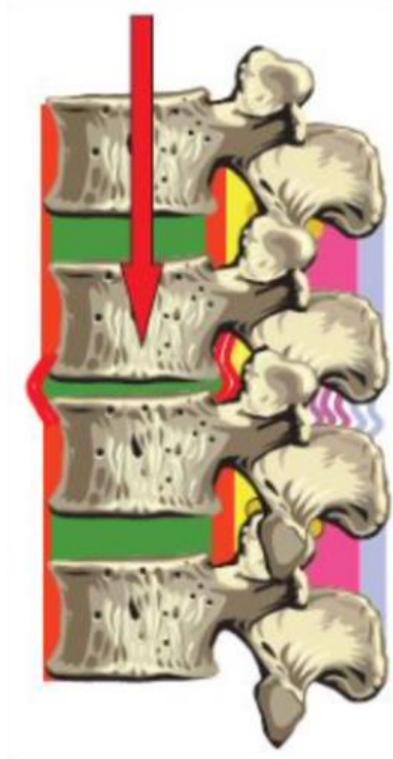


Figure I-3 : Traumatisme par compression

D'après Dosch. Mécanisme des fractures. Traumatologie du rachis, Elsevier-Masson, 2012

- **Les lésions par traction**, correspondent à des forces perpendiculaires au rachis dans le plan sagittal. Elles résultent de mouvements d'hyperextension (d'avant en arrière) ou d'hyperflexion (d'arrière en avant). Ces mouvements entraînent des lésions du segment rachidien mobile (segment ligamentaire). Des mécanismes de compression sont souvent associés, définissant alors les lésions en flexion-compression.

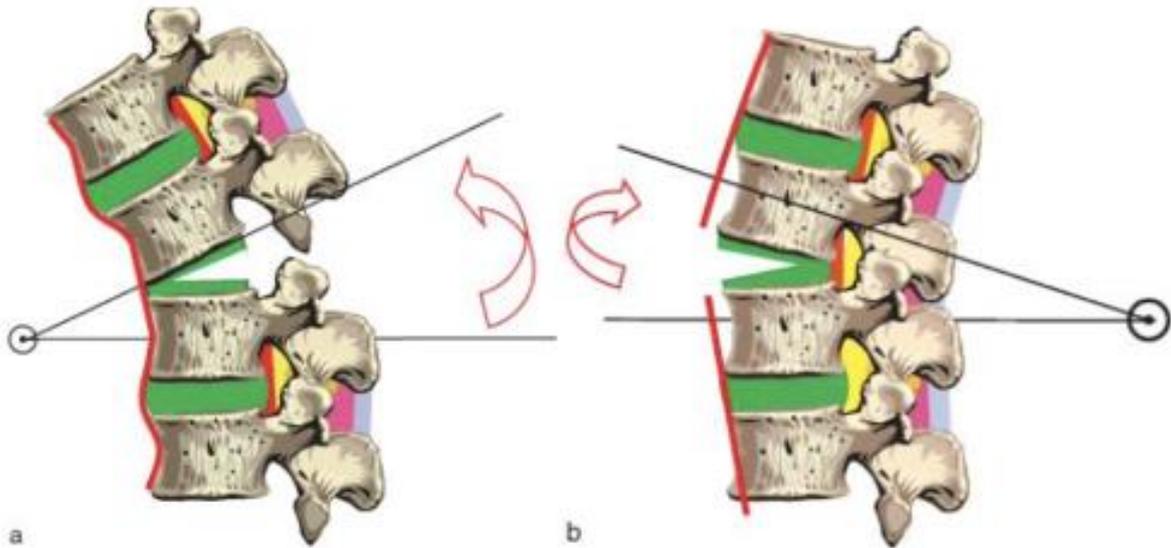


Figure I-4 : Traumatisme par traction (a : flexion, b : extension)

D'après Dosch. Mécanisme des fractures. Traumatologie du rachis, Elsevier-Masson, 2012

- **Les lésions par rotation et/ou cisaillement** sont secondaires à un mouvement dans le plan axial. Elles ont souvent des conséquences neurologiques. On retrouve constamment des déplacements intervertébraux et tassements.

3. Instabilité vertébrale traumatique

La notion d'instabilité a évolué avec les progrès de l'imagerie et de la chirurgie permettant progressivement d'identifier les formations anatomiques en cause, d'élaborer des classifications et d'affiner les indications thérapeutiques.

L'instabilité vertébrale traumatique est définie par White et Panjabi de la façon suivante : « une lésion est cliniquement instable si, dans des conditions d'utilisation normale, le rachis ne peut plus maintenir des rapports normaux sans risques d'irritation ou de complication médulloradiculaire »¹⁶.

Roy-Camille introduit la notion de segment vertébral moyen (SVM) qui comprend toutes les structures péricanaliaires (Figure I-5). L'atteinte d'une partie du SVM associée à un déplacement initial est considérée comme instable.

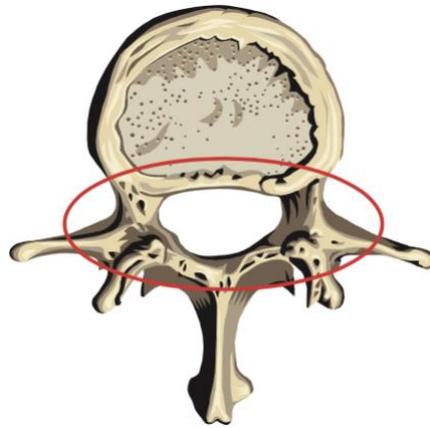


Figure I-5 : SVM de Roy-Camille

D'après Dosch. Mécanisme des fractures. Traumatologie du rachis, Elsevier-Masson, 2012

Junghanns, développe la théorie du segment mobile rachidien (SMR), liée aux structures non osseuses intervertébrales (Figure I-6). Selon lui la lésion du SMR entraîne une instabilité disco-ligamentaire.

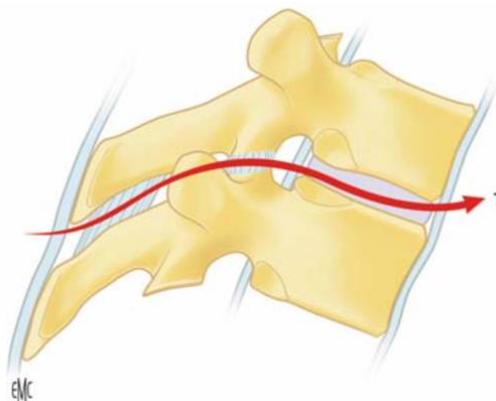


Figure I-6 : SMR de Junghanns

D'après Steib. Traumatisme récent du rachis thoraco-lombaire. Techniques chirurgicales. EMC 2007

René Louis, en 1977 ¹⁷ développe les théories de l'instabilité. Il définit trois types d'instabilité traumatique :

- **L'instabilité proprement dite**, d'origine osseuse. Elle se base sur une modélisation du rachis en **trois colonnes** : une antérieure disco-corporéale et deux postérieures isthmo-articulaires. Il établit ainsi un score à point lié à l'instabilité, où chaque colonne vaudrait 1 point. D'autres éléments sont pris en compte : les éléments de liaison des colonnes, pédicules et lames (0,5 point) et les appendices que sont les processus transverse et épineux (0,25 point) (*Figure I-7*).

Selon Louis le caractère d'instabilité est défini par une somme des coefficients d'instabilité supérieure ou égale à 2.

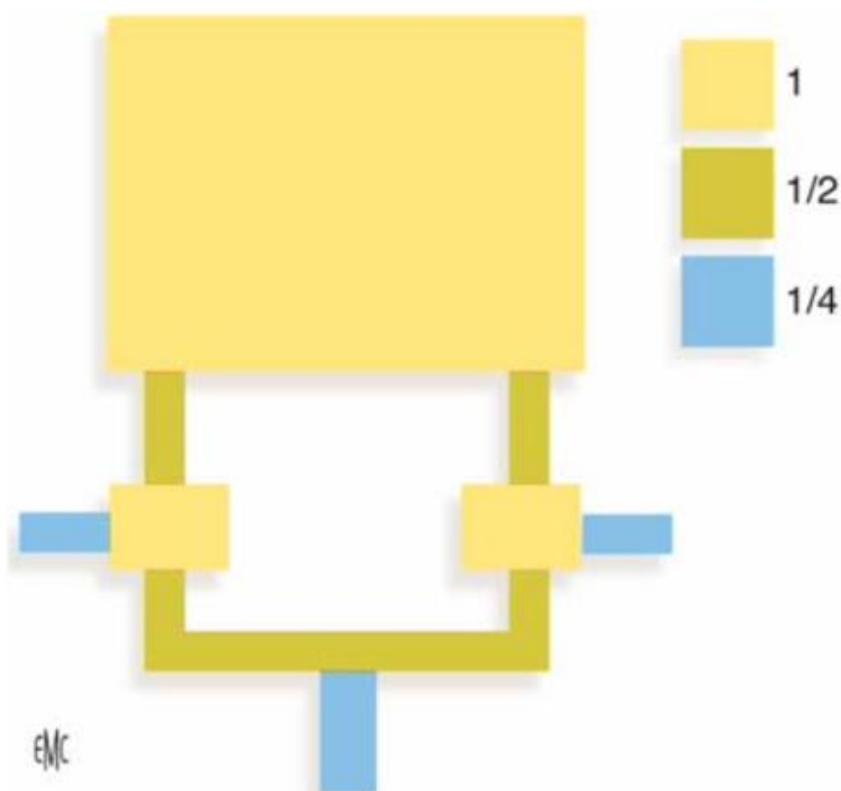


Figure I-7 : Coefficient d'instabilité de Louis

D'après Steib. Traumatisme récent du rachis thoraco-lombaire. Techniques chirurgicales. EMC 2007

- **L'instabilité potentielle**, d'origine ligamentaire. Cette notion a été introduite pour attirer l'attention sur le risque de déplacement secondaire en cas de rachis neurologique avec des radiographies normales. Cette instabilité correspond à l'atteinte du segment mobile rachidien (SMR de Junghanns). Cette dernière est considérée durable et définitive car peu apte à consolider.

- **L'instabilité iatrogène**, est induite par les voies d'abord chirurgicales ou un défaut antérieur post-réductionnel ou bien encore par une laminectomie.

L'inventaire des lésions osseuses, discales et ligamentaires, d'avant en arrière, est nécessaire. Cela implique la réalisation d'une imagerie en coupe, tomodensitométrie (TDM) et parfois de l'Imagerie à Résonance Magnétique (IRM). L'analyse de l'imagerie doit évaluer le potentiel évolutif de la lésion, tant sur le plan de la statique rachidienne (apparition d'une déformation ou aggravation d'une déformation préexistante) que sur le plan neurologique (apparition ou aggravation d'un déficit neurologique).

En pratique clinique, les fractures du rachis thoracique ou lombaire sont considérées instables, lorsqu'il s'agit de :

- Lésions en rotation ou translation, **type C** de Magerl.
- Lésions en distraction antérieure ou postérieure, **type B** de Magerl.
- Fractures éclatement, type A3 de Magerl ou **A3** et **A4** de l'AO Spine.
- Fractures avec une CV de plus de 20° ou présentant un enfoncement du corps vertébral antérieur de plus de 50 %.

4. Classifications des fractures du rachis thoraco-lombaire

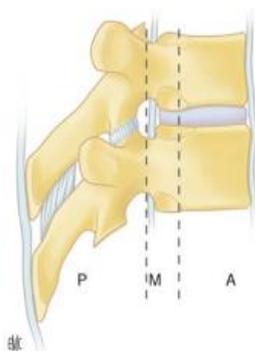
Les fractures du rachis thoracique et lombaire ont fait l'objet de nombreuses descriptions. L'utilisation des classifications doit permettre de connaître le mécanisme et la sévérité lésionnelle. Elles se doivent d'être simples et reproductibles afin de guider la conduite thérapeutique.

a) Classification de Denis

La classification de Denis ¹⁸ (Figure I-8) est fondée sur un rachis à trois colonnes :

- **Antérieure**, comprenant le ligament longitudinal antérieur, les parties antérieures du disque et du corps vertébral.
- **Moyenne**, composée du mur postérieur, du ligament longitudinal postérieur, des pédicules et des isthmes.
- **Postérieure**, formée des massifs articulaires, des lames et processus épineux.

Lorsque la colonne moyenne est lésée, la fracture est considérée instable par Denis. Cette instabilité est d'autant plus grande que le nombre de colonnes lésées est important.



Types de fracture	Colonne A	Colonne M	Colonne P
Compression	Compression	/	/ou Distraction
<i>Burst</i>	Compression	Compression	/
<i>Seat-belt</i>	Compression	Distraction	Distraction
Dislocation	Compression Rotation Cisaillement	Distraction Rotation Cisaillement	Distraction Rotation Cisaillement

Figure I-8 : Classification de Denis

D'après Steib. *Traumatisme récent du rachis thoraco-lombaire. Techniques chirurgicales. EMC 2007*

L'atteinte de ces colonnes définit différents types de fractures (*Figure 1-8*) :

- **Fractures-compressions** : mécanisme de flexion-compression. Atteinte de la colonne antérieure parfois associée à des lésions postérieures. Il s'agit de l'atteinte la plus fréquente, les complications neurologiques sont rares. Sa complication principale est la déformation en cyphose.
- **Burst fractures** : mécanisme en compression isolé principalement. Atteinte des colonnes antérieure et moyenne. Il existe un éclatement du corps vertébral entraînant une rupture des pédicules.
- **Fractures seat-belt** (ceinture de sécurité) : mécanisme en flexion-distraktion, responsable d'une atteinte des trois colonnes par ouverture d'arrière en avant. Les lésions peuvent être osseuses pures, ligamentaires pures ou associées.
- **Fractures-dislocations** : elles correspondent à l'atteinte des trois colonnes avec une composante rotatoire. Il existe fréquemment un mécanisme associé de cisaillement entraînant une translation. Les atteintes neurologiques sont fréquentes.

b) Classification de Magerl

La classification de Magerl ¹⁹ combine les mécanismes et les types de fractures. Elle reprend la forme des classifications de l'AO. A chaque type correspond le mécanisme principal. Cette classification de Magerl est fiable et reproductible ²⁰. Elle possède une valeur pronostique, puisque l'instabilité et les troubles neurologiques croient du type A au type C. Cependant cette classification n'est que morphologique ne prenant pas en compte le statut neurologique du patient.

- **Type A de Magerl**

Il s'agit de fractures résultant d'une force de compression axiale souvent centrée sur le nucleus. Elle crée des lésions du corps vertébral parfois accompagnées de lésions du rachis postérieur (fissuration des lames, subluxation horizontale des articulaires, augmentation de l'écart inter-pédiculaire).

Pour définir un type A la fracture ne doit pas présenter de signes de distraction ni de rotation.

Il en existe 3 sous-groupes :

- A1 : fracture-tassement du corps vertébral.
- A2 : fracture séparation frontale
- A3 : fracture-éclatement qui comporte une rupture du mur postérieur, lui-même réparti en 3 sous-types : A3.1 (fracture-éclatement incomplète), A3.2 (fracture-éclatement incomplète avec refend sagittal) et A3.3 (fracture-éclatement complète avec comminution globale du corps vertébral).

- **Type B de Magerl**

Les lésions types B de Magerl correspondent à un mécanisme de distraction. Cela se traduit par des signes d'arrachement ou d'écartement. Elles résultent soit d'une **hyperflexion** créant une distraction postérieure, soit d'une **hyperextension**, entraînant une distraction antérieure.

La distraction postérieure crée des lésions ligamentaires postérieures (écart inter-épineux et subluxation verticale des articulaires) mais parfois également des lésions osseuses (fractures horizontales des lames et des isthmes, augmentation de la hauteur du mur vertébral postérieur). Ces lésions sont rarement isolées s'associant le plus souvent à des lésions antérieures analogues au type A.

La distraction antérieure se traduit par un bâillement inter-discal antérieur. Peut s'associer une translation postérieure dans les déplacements majeurs.

Le type B de Magerl se divise en trois groupes :

- B1 : distraction postérieure à prédominance ligamentaire.

- B2 : distraction postérieure à prédominance osseuse.
- B3 : distraction antérieure.

Les groupes B1 et B2 peuvent associer des fractures en compression du corps vertébral. La lésion postérieure ne permet pas de les classer en fractures A1, A2 ou A3.

- **Type C de Magerl**

Les types C de Magerl sont secondaires à une torsion axiale. Il existe une rupture circonférentielle du rachis avec un fort potentiel de dislocation. Une part de compression ou de distraction peut y être associée.

c) Classification thoracolumbar injury classification and severity score TLICS

Cette classification portée par Vaccaro ²¹ évalue l'état neurologique et l'intégrité du complexe ligamentaire postérieur. Elle observe trois caractéristiques aboutissant à un score de 1 à 10 :

- La morphologie de la lésion (1 à 4 points).
- L'intégrité du complexe ligamentaire postérieur (0 à 3 points).
- L'état neurologique du patient (0 à 3 points).

Un score supérieur à 4 oriente vers un traitement chirurgical, et un score inférieur à 4 vers un traitement conservateur. Cette classification a pour vocation d'être un algorithme décisionnel.

Cette classification nécessite la réalisation d'une IRM pour apprécier le complexe ligamentaire postérieur, ce qui peut être un frein à son utilisation.

TLICS 3 independent predictors				
1	Morphology immediate stability	- Compression - Burst - Translation/rotation - Distraction	1 2 3 4	- Radiographs - CT
2	Integrity of PLC longterm stability	- Intact - Suspected - Injured	0 2 3	- MRI
3	Neurological status	- Intact - Nerve root - Complete cord - Incomplete cord - Cauda equina	0 2 2 3 3	- Physical examination
Predicts		- Need for surgery	0 – 3 4 > 4	- nonsurgical - surgeon's choice - surgical

Figure I-9 : Classification TLICS

d) Classification de l'AO Spine

La classification de l'AO Spine ²¹ reprend en partie celle de Magerl, elle se base sur trois paramètres :

- Morphologie de la fracture
- État neurologique
- Modificateurs spécifiques

1-Morphologie de la fracture (Figure I-10)

Ce paramètre, semblable à la classification de Magerl, est basé sur le mode de défaillance (compression, distraction et rotation). Cependant, les fractures de type A et B1 sont codées par niveau vertébral unique alors que les fractures de type B2, B3 et C sont codées par segment de mouvement.

- **Type A : mécanisme en compression**

L'AO divise cette entité en 5 sous types :

- **A0** : désigne une fracture cliniquement insignifiante, sans retentissement sur la stabilité mécanique ou neurologique.
- **A1** : fracture cunéiforme ou fracture d'un seul plateau vertébral.
- **A2** : fracture corporéale avec trait de fracture sagittal ou frontal.
- **A3** : fracture vertébrale affectant le mur vertébral postérieur sans perturbation du complexe ligamentaire postérieur.
- **A4** : fracture corporéale impliquant les deux plateaux vertébraux ainsi que la paroi postérieure.

- **Type B : mécanisme en distraction**

Comme décrit par Magerl, ces lésions sont la conséquence d'une hyperflexion ou hyperextension d'un segment rachidien. Ces lésions peuvent être associées à une fracture de type A. Elles sont divisées en trois sous-types :

- **B1** : correspond à une défaillance osseuse mono-segmentaire d'un niveau vertébral.
- **B2** : affecte quant à lui un niveau intervertébral, la lésion est ostéo-ligamentaire.
- **B3** : concerne une distraction du segment rachidien antérieure. Cette lésion peut passer par le disque intervertébral ou le corps vertébral.

- **Type C : mécanisme en rotation ou translation**

Le type C implique un déplacement dans n'importe quelle direction. Il n'existe pas de sous type, car les possibilités de fracture disloquées sont nombreuses.

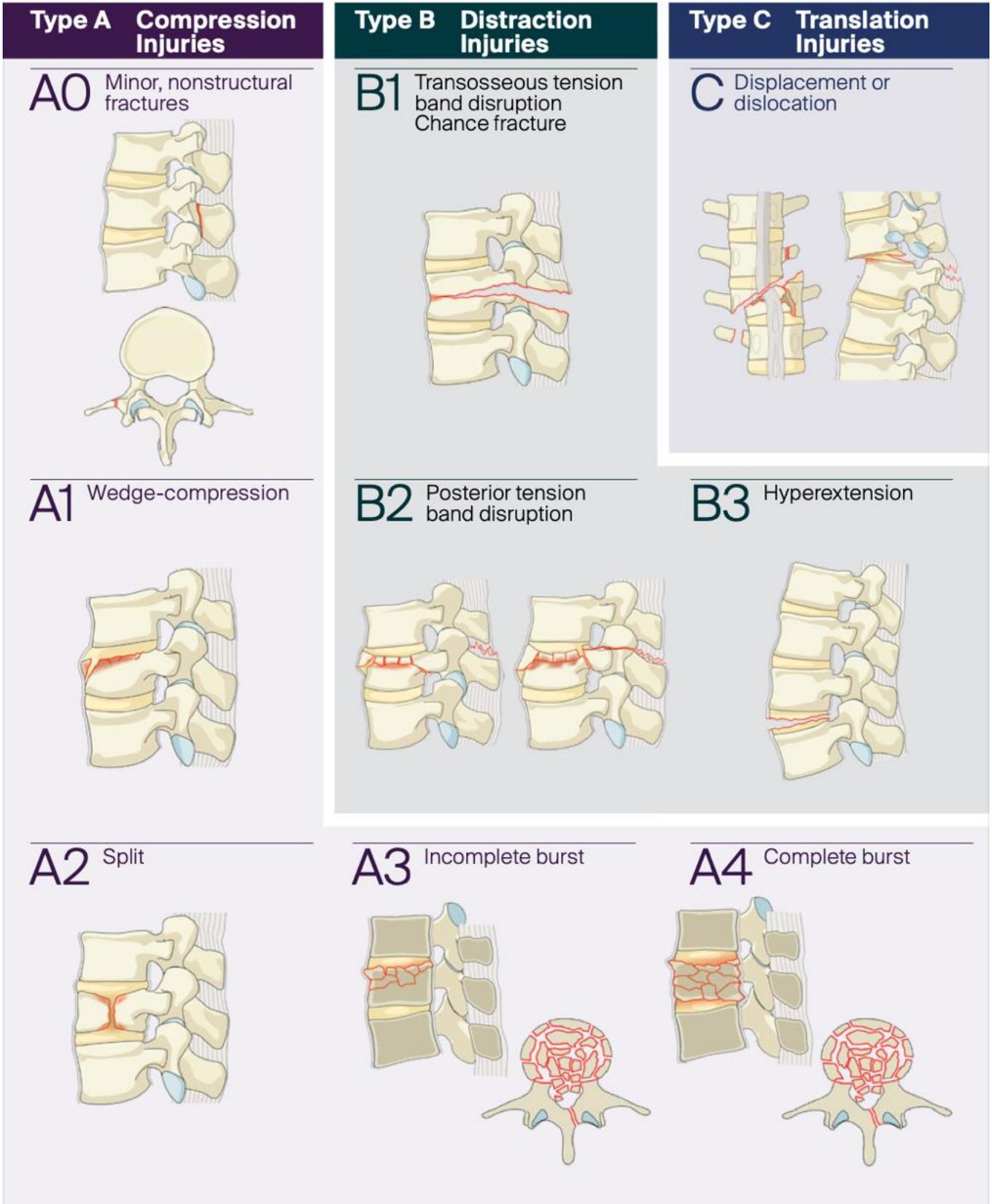


Figure I-10 : Classification de l'AO Spine. Morphologie de la fracture

Iconographie issue de l'AO Spine Foundation

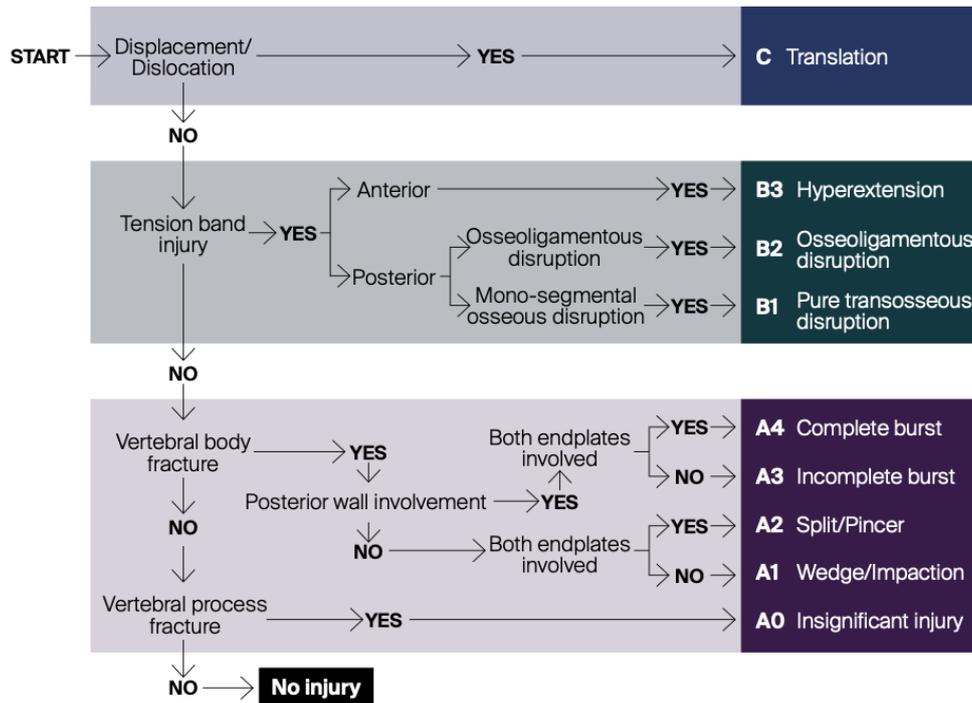


Figure I-11 : Classification de l'AO Spine. Algorithme

Iconographie issue de l'AO Spine Foundation

2-Etat neurologique

L'état neurologique du patient est évalué selon un système en cinq parties :

- **N0** : désigne les patients ayant un statut neurologique normal.
- **N1** : désigne les patients ayant présenté un trouble neurologique transitoire, qui n'est plus présent lors de l'examen.
- **N2** : correspond aux patients présentant des symptômes ou des signes de radiculaires.
- **N3** : correspond à une lésion médullaire ou de la queue de cheval incomplète
- **N4** : désigne les patients avec une lésion médullaire complète

Pour les patients qui ne peuvent être examinés, l'état neurologique est désigné comme

NX

3-Modificateurs spécifiques

La classification de l'AO Spine inclut deux modificateurs supplémentaires :

- **M1** : désigne les fractures dont la lésion du système ligamentaire postérieur est indéterminée d'après l'imagerie rachidienne. Ce modificateur est important pour identifier les blessures qui semblent stables d'un point de vue osseux et pour lesquelles une insuffisance ligamentaire peut aider à déterminer s'il faut envisager une stabilisation chirurgicale.
- **M2** : désigne une comorbidité spécifique du patient, il comprend l'ankylose rachidienne, l'ostéoporose ou des brûlures sur la voie d'abord du rachis.

Neurology

Type	Neurological
N0	Neurology intact
N1	Transient neurologic deficit
N2	Radicular symptoms
N3	Incomplete spinal cord injury or any degree of cauda equina injury
N4	Complete spinal cord injury
NX	Cannot be examined
+	Continued spinal cord compression

Modifiers

Type	Description
M1	This modifier is used to designate fractures with an indeterminate injury to the tension band based on spinal imaging with or without MRI. This modifier is important for designating those injuries with stable injuries from a bony standpoint for which ligamentous insufficiency may help determine whether operative stabilization is a consideration.
M2	Is used to designate a patient-specific comorbidity, which might argue either for or against surgery for patients with relative surgical indications. Examples of an M2 modifier include ankylosing spondylitis or burns affecting the skin overlying the injured spine.

Figure I-12 : Classification de l'AO Spine. État neurologique et Modificateurs spécifiques

D'après AO Foundation, AO Spine, 2020

e) Classification Load Sharing de Mc Cormack

Développée par Mc Cormack et Gaines ²², cette classification évalue trois critères. Chacun des items est noté de 1 à 3 points, pour un score total de 3 à 9 points. Une fracture totalisant 6 points ou moins relève d'une arthrodèse postérieure seule. Les fractures supérieures ou égales à 7 points nécessitent un temps antérieur complémentaire ^{22,23}. Cette classification possède une bonne corrélation intra- et inter-observateur ^{24,25}.

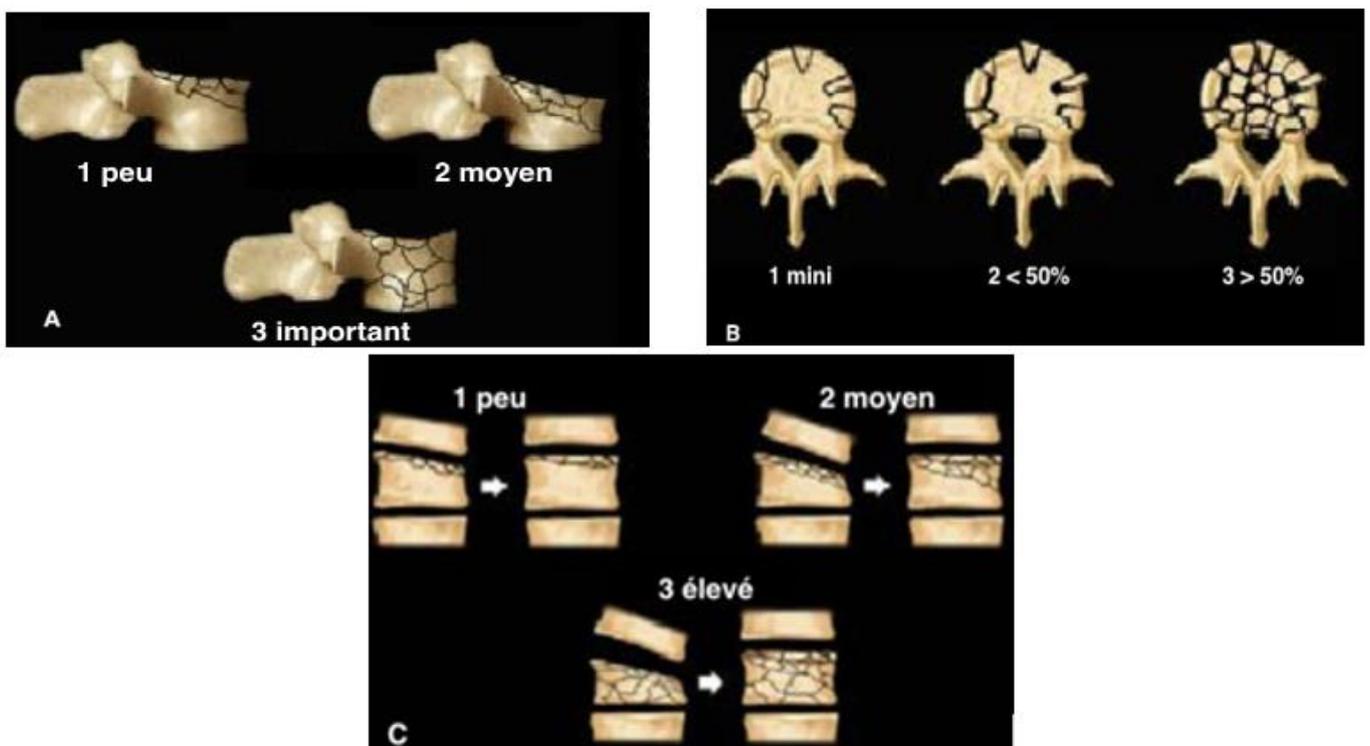


Figure I-13 : Classification Load Sharing de McCormack

Iconographie issue de l'article « Thoracolumbar fractures : a review of classifications » Gomleksiz C.

Évaluée sur TDM après l'arthrodèse postérieure, le score de McCormack comprend 3 items de gravité croissante :

- A : comminution sagittale (1 : < 30% ; 2 : 30 – 60 % ; 3 : > 60%).
- B : comminution axiale (1 : minime, < 2mm ; 2 : ≥ 2 mm et < 50 % ; 3 : ≥ 2 mm et > 50 %).
- C : réductibilité post-opératoire (1 : ≤ 3° ; 2 : 4°- 9° ; 3 : ≥ 10°).

C. Retentissement neurologique

1. Compression neurologique

La compression neurologique peut être quantifiée sur l'imagerie en coupe pré-opératoire en regard du foyer de fracture. Pour certains auteurs ¹², une sténose réduisant de plus de 30% la surface canalaire vertébrale constitue une indication de libération neurologique. Elle fait recours à un geste invasif supplémentaire de laminectomie, voire d'arthrectomie. Cependant en 2012, lors du symposium de la Société Française de Chirurgie Orthopédique et Traumatologique (SOFOT), les recommandations ont évolué vers la nécessité de libération neurologique seulement en cas de retentissement symptomatique d'une compression traumatique.

2. Classification de Frankel

Le statut neurologique du patient doit être évalué et consigné aux différents temps de la prise en charge. Le score de Frankel ²⁶ permet une surveillance de l'état neurologique et une communication médicale tant sur le plan clinique que scientifique. Elle constitue une classification simple portant sur cinq grades de gravité décroissante.

A / Atteinte neurologique complète :

Paralysie sensitivomotrice complète sous-lésionnelle

B / Atteinte neurologique incomplète :

Atteinte motrice sous-lésionnelle avec sensibilité conservée

C / Atteinte neurologique incomplète :

Motricité partielle avec majorité des muscles cotés à moins de 3

D / Atteinte neurologique incomplète :

Motricité fonctionnelle, majorité des muscles avec score moteur supérieur ou égal à 3

E / Absence d'atteinte neurologique

Fonctions sensorielles et motrices normales.

3. Score ASIA (American Spinal Injury Association)

Le score ASIA ²⁷ constitue un score d'évaluation de l'état neurologique plus descriptif que le score de Frankel. Il est décrit pour la première fois en 1982, aujourd'hui mis à jour par une 7^{ème} révision ^{28,29}. Il permet de classer le blessé médullaire en fonction de son niveau d'atteinte neurologique.

Il est composé d'un score moteur sur 100 points et d'un score sensitif sur 112 points évaluant bilatéralement les membres supérieurs et inférieurs ainsi qu'un examen périnéal. Son principal intérêt réside sur une fiche d'évaluation standardisée, permettant un examen clinique exhaustif.

Le score ASIA peut être synthétisé en 5 niveaux, appelé « **échelle de déficience ASIA** » de gravité décroissante, coté de A à E similaire à la classification de Frankel.

D. Retentissement sur la statique rachidienne

Une fracture du rachis thoracique ou lombaire peut induire une déformation rachidienne dans le plan frontal et sagittal. Les conséquences fonctionnelles d'un potentiel cal vicieux justifient une correction efficace et pérenne. De nombreux paramètres descriptifs, segmentaires et globaux sont utiles à la prise de décision. Ils sont employés aussi bien en pathologies traumatiques que dégénératives. Leur restitution tend vers un résultat fonctionnel le plus satisfaisant possible.

1. Paramètres rachidiens segmentaires

Plusieurs mesures peuvent être réalisées pour caractériser les fractures du rachis thoraco-lombaire ³⁰.

L'angle de cyphose vertébral (CV) évalue la déformation dans le plan sagittal de la vertèbre lésée. Il correspond à l'angle entre les plateaux supérieur et inférieur d'une même vertèbre (*Figure I-14*).

L'angle de cyphose régional (CR) ou angle de Cobb, mesure la déformation entre le plateau supérieur de la vertèbre sus-jacente et le plan inférieur de la vertèbre sous-jacente (*Figure I-14*). Elle prend en compte la déformation induite par la fracture et les lésions ligamentaires ou discales associées.

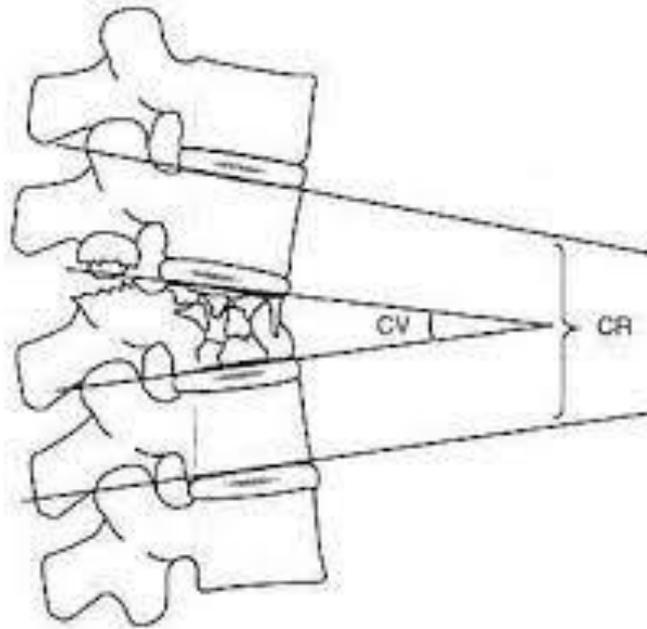


Figure I-14 : Cyphose Vertébrale (CV) et Cyphose Régionale (CR)

Ces mesures peuvent être réalisées sur des radiographies de profil ou des reconstructions TDM sagittales. Cependant, la majorité de ces examens complémentaires est réalisée en décubitus dorsal, sous-estimant ainsi la déformation.

Du fait des courbures physiologiques du rachis, une même valeur de CR n'a pas la même signification pour la cyphose thoracique ou la lordose lombaire.

L'angle régional traumatique (ART) est défini comme la déformation induite par le traumatisme et se mesure comme la CR moins la valeur de courbure physiologique au niveau considéré selon les abaques de Stagnara ³¹ ou de Guigui ³². Elle permet une évaluation plus précise de la lésion ainsi que de la réduction thérapeutique obtenue.

Un ART supérieur à 10° constitue pour de nombreux auteurs une indication de réduction chirurgicale ^{12,30,33-35}.

	T11	T12	L1	L2	L3	L4	L5
Stagnara	9°	7°	1°	-8°	-19°	-33°	-36°
Guigui	10°	8,5°	1,1°	-8,8°	-19,6°	-34,9°	-40,5°

Tableau 1 : Abaques des angulations physiologiques selon Stagnara et Guigui

2. Équilibre sagittal rachidien

a) Aspect radiographique

L'étude de l'équilibre sagittal global évalue l'ensemble des paramètres rachidiens et pelviens. Vialle, Roussouly, Guigui, Stagnara, Legaye et Mac-Thiong ont analysé ces paramètres à travers des séries de patients asymptomatiques (*Tableau 2*).

Dans le plan frontal, le rachis est naturellement rectiligne contrairement au plan sagittal où ce dernier présente une alternance de courbure physiologique (*Figure I-15*).

La cyphose thoracique (CT) se définit selon la méthode de Cobb comme l'angle entre le plateau supérieur de T1 et le plateau inférieur de T12, cette courbure est principalement convexe en arrière.

La lordose lombaire (LL) est classiquement mesurée par l'angle entre le plateau supérieur de T12 et le plateau inférieur de L5. Elle est principalement concave en arrière. Pour Roussouly³⁶, la lordose lombaire correspond à l'angle entre le point d'inflexion entre la courbure en lordose lombaire et la courbure en cyphose du rachis thoracique et le plateau supérieur de la première vertèbre sacrée.

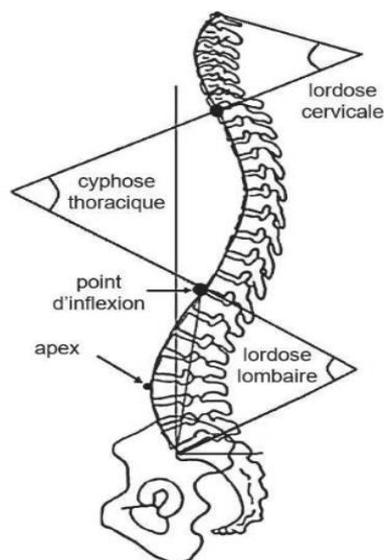


Figure I-15 : Courbures rachidiennes physiologiques

Par convention, les angles de lordose sont affectés d'un signe positif et ceux de cyphose d'un signe négatif.

La **vertèbre transitionnelle** est définie comme la vertèbre où se situe le changement de courbure entre la cyphose thoracique et la lordose lombaire, appelé aussi point d'inflexion. La vertèbre transitionnelle n'est pas la même chez tous les individus, expliquant un nombre de vertèbres incluses dans la lordose plus ou moins important.

Duval-Beaupère caractérise les paramètres morphologiques et positionnels de l'équilibre pelvi-rachidien dans le plan sagittal ³⁷ puis décrit avec Legaye en 1998 ³⁸ 3 grands paramètres pelviens :

- **L'incidence pelvienne (IP)** est l'angle formé par la droite joignant le centre des deux têtes fémorales et le milieu du plateau supérieur de S1 avec la perpendiculaire au plateau supérieur de S1 en son milieu (*Figure I-16*). Compte tenu de la rigidité osseuse du bassin, le positionnement du plateau sacré par rapport aux têtes fémorales ne varie pas après la fin de la croissance. L'IP est un paramètre morphologique constant propre à chaque individu et indépendant de l'orientation du bassin dans l'espace ^{32,37,38}.

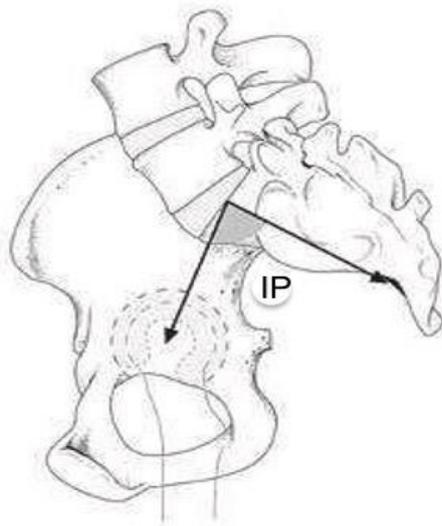


Figure I-16 : Incidence Pelvienne

- **La version pelvienne (VP)** est l'angle formé par la droite joignant le centre des deux têtes fémorales et le milieu du plateau sacré avec la verticale (*Figure I-17*). La VP permet de compenser un déséquilibre antéro-postérieur en ajustant les têtes fémorales sous la charnière occipito-cervicale.

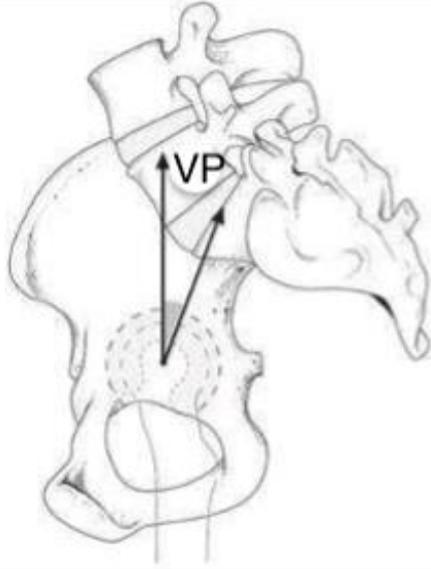


Figure I-17 : Version Pelvienne

- **La pente sacrée (PS)** est l'angle formé entre la tangente au plateau sacré avec l'horizontale (*Figure I-18*). Il s'agit comme la version pelvienne d'un paramètre positionnel.

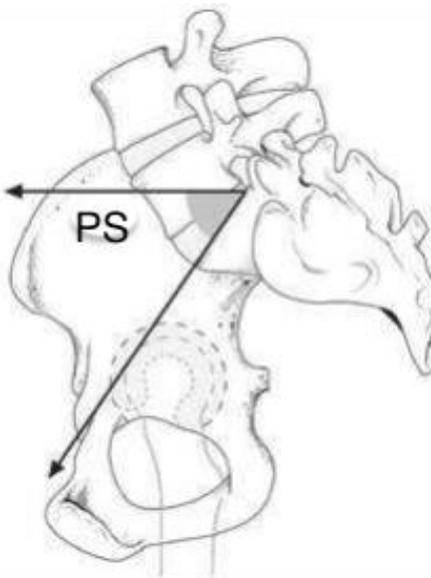


Figure I-18 : Pente Sacrée

Lors d'une antéversion, le bassin bascule en avant, les têtes fémorales sont déportées vers l'arrière, la version pelvienne diminue et la pente sacrée augmente.

L'incidence pelvienne (IP) est proportionnelle à la version pelvienne (VP) et pente sacrée (PS) : $IP = VP + PS$

Ces paramètres positionnels vont varier dans le temps pour compenser l'équilibre pelvi-rachidien. En d'autres termes un individu à faible incidence pelvienne a des capacités d'adaptation moindres.

En 2003, Guigui³² a établi des équations de régression linéaire et confirme la relation entre IP et PS ($r=0,8$) et entre la PS et la LL ($r=0,86$). Il montre ainsi que la situation d'équilibre du rachis de profil dépend de trois paramètres indépendants :

- La combinaison linéaire entre incidence pelvienne, pente sacrée et lordose,
- La version pelvienne,
- La cyphose thoracique.

Ces paramètres sont utiles aussi bien en pathologies traumatiques que dégénératives. Leur restitution assure un résultat fonctionnel le plus satisfaisant possible.

Roussouly³⁹ a défini quatre types de rachis (*Figure I-19*) selon l'incidence pelvienne et le point d'inflexion de la cyphose thoracique à partir d'un échantillon de population asymptomatique.

- Le **type 1** correspond aux sujets ayant une PS inférieure à 35°, avec une lordose lombo-sacrée raccourcie et une lordose globale faible avec un apex en L5 le plus souvent. La cyphose thoracique est très longue et descend sur les vertèbres lombaires. L'incidence pelvienne est faible.
- Le **type 2** possède également une PS faible (<35°) ainsi qu'une lordose lombaire quasi effacée avec un apex moyen en L4. Il correspond au classique dos plat lombaire.
- Le **type 3** correspond aux sujets ayant une PS supérieure à 35° et inférieure à 45°, avec une lordose harmonieuse de 60° environ d'apex L4. En 2018 Laouissat décrit

un sous type dit antéversé, **type 3 AP** ⁴⁰ possédant une faible IP, une très faible VP et une forte lordose

- Le **type 4** possède une PS supérieure à 45° et une forte incidence pelvienne, et par conséquent une grande lordose lombaire d'apex L3 le plus souvent.

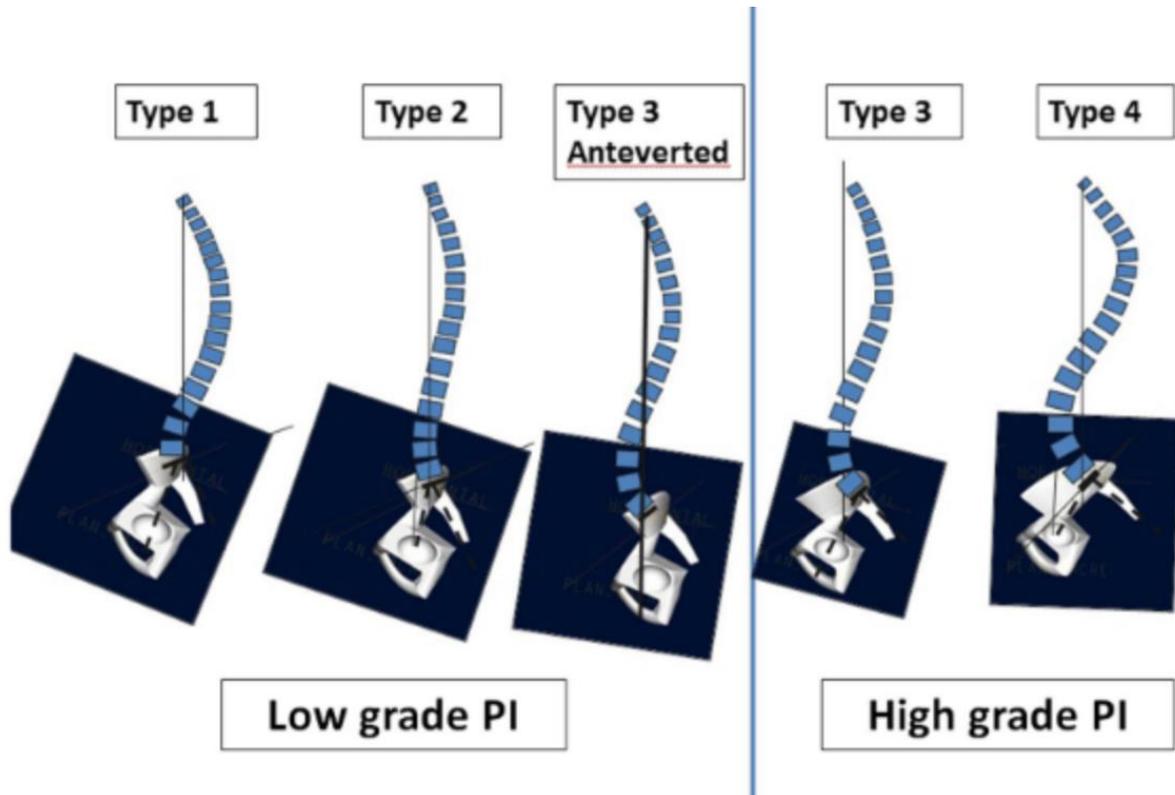


Figure I-19 : Classification de Roussouly modifiée par Laouissat

D'après Laouissat. Classification of normal sagittal spine alignment: refounding the Roussouly classification. Eur Spine J. 2018

Cette classification est principalement utile pour appréhender les pathologies dégénératives du rachis.

La gîte sagittale de C7 (GSC7) ⁴¹ 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. La GSC7 est considérée positive lorsque C7 se projette en avant du plateau sacré et négative lorsqu'elle est en arrière.

La gîte sagittale peut être mesurée à partir de la neuvième vertèbre thoracique (T9) pour Guigui ³² ou de la première vertèbre thoracique (T1) pour Vialle ⁴². Ils justifient ce changement de vertèbre par une visualisation difficile de C7 sur les radiographies de profil.

Le **sagittal vertébral axis (SVA)** est une distance entre la projection de la verticale du corps vertébral de C7 et le bord postéro-supérieur de S1 (*Figure I-20*). Elle permet de décrire l'équilibre sagittal global rachidien, référence dans la littérature. La valeur moyenne de la SVA est de 0,5 +/- 2,5 cm, positive lorsque C7 se projette en avant du sacrum et négative en arrière.

La mesure de la SVA nécessite des radiographies calibrées.

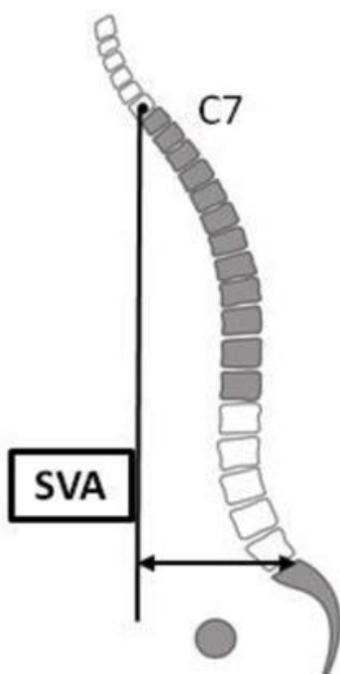


Figure I-20 : Sagittal Vertebral Axis

Le **Rapport d/D**⁴³ est le rapport de distance de la verticale de C7 et des têtes fémorales par rapport au coin postéro-supérieur de S1. En équilibre, la verticale de C7 passe à l'aplomb du coin postéro-supérieur du plateau sacré. Elle a pour valeur moyenne chez des sujets asymptomatiques 0,9 +/- 1. Valeur positive lorsque C7 est en avant du sacrum, égal à 1 lorsque C7 est à l'aplomb des têtes fémorales et supérieur à 1 lorsque qu'elle passe en avant des têtes fémorales.

Le **spino sacral angle (SSA)**⁴³ correspond à l'angle entre la droite joignant le centre du corps de C7 et le milieu du plateau supérieur de S1 avec la ligne parallèle au plateau supérieur de S1 (*Figure I-21*). L'angle SSA permet l'évaluation de la cyphose globale du rachis. Il diminue lors d'une perte de la lordose lombaire ou d'augmentation de la cyphose thoracique.

Pour Roussouly ⁴¹ il existe une forte corrélation du SSA et de la PS ($r = 0,91$; $p < 0,001$). Ils sont liés selon le modèle de régression suivant : $SSA = 0,96PS + 97^\circ$. Sa valeur moyenne dans une population asymptomatique est de $130 \pm 8^\circ$ ⁴⁴ pour un âge moyen de 37ans. Mac-Thiong ⁴⁴ observe une tendance à une diminution de cet angle avec le vieillissement.

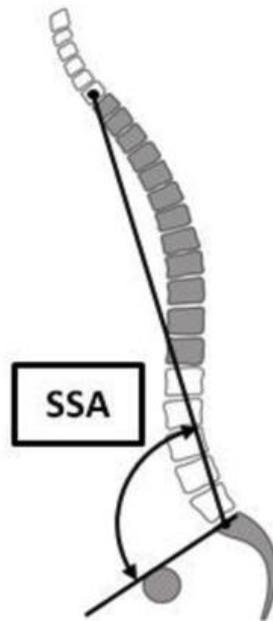


Figure I-21 : Spino Sacral Angle

Plusieurs auteurs ont analysé les paramètres de l'équilibre pelvi-rachidien sur de grandes séries de sujets asymptomatiques ^{32,41,42,44}. Il existe une dispersion des valeurs des paramètres de l'équilibre sagittal du rachis (Tableau 2).

Auteurs	IP	VP	PS	LL	CT	SSA
LEGAYE	53,2	11,9	41	57,4	45	
STAGNARA			41			
VIALLE	54,7	13,2	41,2	43	40,6	
ROUSSOULY	50,6	11,1	39,6			134,7
ROUSSOULY	51,9	12	39,9			
MACTHIONG	52,4	12,7	39,8			130,4
GUIGUI	55	13	42			

Tableau 2 : Valeurs des paramètres sagittaux pelvi-rachidiens en degrés chez des sujets asymptomatiques

D'après les données issues des références bibliographiques ci-dessus

b) Aspect clinique

L'équilibre sagittal globale ne se résume pas à l'analyse des courbes mais résulte d'un équilibre minutieusement réglé entre la forme du pelvis et la forme globale de la colonne vertébrale. Il s'agit d'un système automatique et inconscient visant à maintenir une position érigée et un regard horizontal. La régulation posturale intègre des signaux extérieurs perçus par des capteurs sensoriels (visuels, vestibulaires, épicritiques...) et des signaux internes perçus par des systèmes proprioceptifs.

La description morphologique sur le plan clinique doit comporter un temps statique pendant lequel le sujet est observé de profil. En situation d'équilibre sagittal, les conduits auditifs externes se placent à l'aplomb des grands trochanters.

L'observation du bassin et des membres inférieurs doit rechercher des éléments de compensation d'un éventuel déséquilibre antérieur.

Avec le vieillissement physiologique, la lordose lombaire diminue au profit de la cyphose thoracique, entraînant une compensation spino-pelvienne ⁴⁵.

Ils existent plusieurs phénomènes de compensation (*Figure I-22*) :

- La musculature para-vertébrale agit comme un hauban musculaire postérieur pour lutter contre la cyphose thoracique, en même temps qu'il y a une perte de la lordose lombaire.
- La rétroversion du bassin, c'est-à-dire sa rotation postérieure permet de maintenir la verticale de C7 au-dessus du plateau de S1. Cette rotation du bassin en arrière va entraîner une baisse de la pente sacrée et une augmentation de la version pelvienne. Elle est d'autant plus permise que l'incidence pelvienne est grande.
- Une hyperextension de hanche.
- Le flessum de genou, toujours dans un effort de maintenir la ligne de plomb de C7 derrière les têtes fémorales.

Cette meilleure compréhension de l'équilibre sagittale rachidien, permet de mieux définir les objectifs thérapeutiques des pathologies rachidiennes, notamment traumatiques.

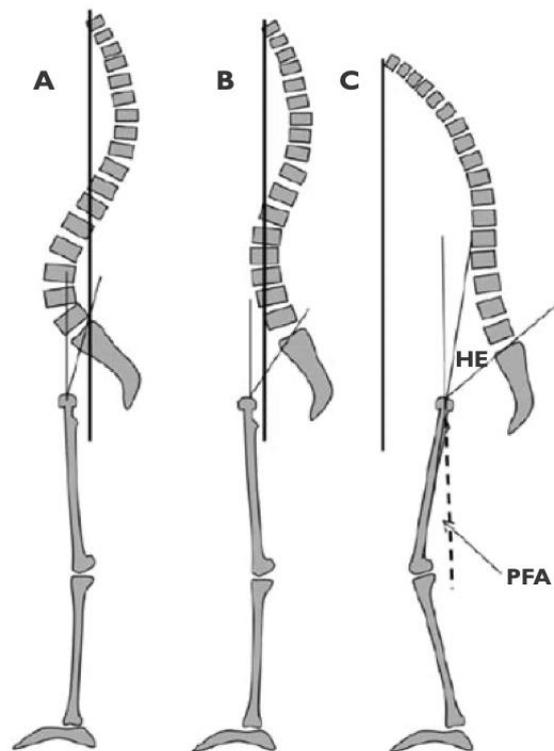


Figure I-22 : Séquence de phénomènes de compensation de l'équilibre sagittal spino-pelvien
A Équilibre normal
B Équilibre compensé
C Déséquilibre global

Extrait de « Analyse de l'équilibre sagittal du rachis » A.Faundez Rev Med Suisse 2011.

E. Prise en charge thérapeutique

L'étendue de la gamme thérapeutique est liée au polymorphisme des lésions rachidiennes. Les moyens utilisés sont en partis une affaire d'école. Une bonne compréhension des fractures et une bonne maitrise des différents traitements permettent d'affiner les indications thérapeutiques.

1. Traitement conservateur

Le traitement conservateur reste un outil de l'arsenal thérapeutique. Il s'adresse aux lésions osseuses sans trouble neurologique, sans instabilité et sans déformation majeure.

a) Traitement fonctionnel

Il repose sur une mise au repos avec antalgique. Le décubitus dorsal est préconisé les premiers jours puis une reverticalisation précoce est indiquée ⁴⁶. Ce type de traitement est associé à une rééducation des muscles para-vertébraux et un apprentissage des postures évitant une position en cyphose.

Les activités sportives sont reprises progressivement à partir du 3^{ème} mois.

b) Traitement orthopédique

Le traitement orthopédique repose sur une immobilisation par corset avec ou sans réduction préalable.

L'immobilisation avec corset (*Figure I-23*) sans réduction fait appel à un corset en résine thermoformé réalisé par des orthoprothésistes avec trois points d'appuis, iliaques et sternal permettant un maintien en hyperlordose ¹². La durée d'immobilisation est de trois mois avec contrôle clinico-radiographique périodique.



Figure I-23 : corset thoraco-lombaire 3 points

L'immobilisation avec corset après réduction s'adresse aux fractures présentant un déplacement en cyphose modéré.

Elle peut être obtenue par différentes méthodes, soit par réduction progressive à l'aide de billot lordosant au regard de la fracture pendant une durée de trois à six semaines ^{13,47} suivie d'une immobilisation par corset. Elle peut aussi être réalisée sur un cadre de Cotrel suivi de la confection d'un plâtre de Boelher pendant 3 mois ⁴⁸.

Il est retrouvé dans la littérature une perte de réduction au terme de l'immobilisation jusqu'à des angulations présentes lors du traumatisme sans pour autant voir apparaître d'aggravation significative ^{12,34}. De fait, les choix s'orientent aujourd'hui vers une immobilisation sans manœuvre de réduction préalable.

Ces traitements orthopédiques permettent une remise en charge du patient. Ils sont plus adaptés aux fractures de la charnière thoraco-lombaire ⁴⁷.

2. Traitement chirurgical

Le traitement chirurgical est indiqué en cas de troubles neurologiques, de fractures instables ou présentant une déformation importante. Il a pour objectif de réduire la fracture,

de la stabiliser jusqu'à la consolidation et permettre une décompression canalaire en cas de trouble neurologique.

L'installation se fait le plus souvent en décubitus ventral sur billot favorisant la réduction de la fracture.

L'efficacité de ce traitement est d'autant plus importante qu'elle est réalisée précocement notamment en cas de trouble neurologique.

a) Vertébroplasties

Il s'agit de techniques non invasives indiquées lorsque la fracture présente une déformation significative sans instabilité majeure et sans trouble neurologique. On compte parmi celles-ci la **cimentoplastie** (*Figure I-25*), ayant pour but l'injection de ciment sous contrôle fluoroscopique. Si la déformation cyphosante le justifie, la **cyphoplastie** (*Figure I-24*) associe préalablement un dispositif (ballonnet ou expandeur) permettant de relever le plateau vertébral.

La première cimentoplastie a été réalisée en France par Galibert ⁴⁹ en 1984 pour traiter un angiome vertébral puis utilisé secondairement pour les fractures ostéoporotiques ⁵⁰, elle est maintenant utilisée pour les fractures à plus haute énergie. Le matériau utilisé est le plus souvent du polyméthylméthacrylate (PMMA) ⁵¹.

Elles permettent une restauration pérenne de la hauteur vertébrale et un effet antalgique en post-opératoire ^{52,53}.

Certain auteurs combinent l'utilisation des cimentoplasties avec une ostéosynthèse pédiculaire postérieure ^{54 55,56}.



Figure I-25 : cimentoplastie lombaire

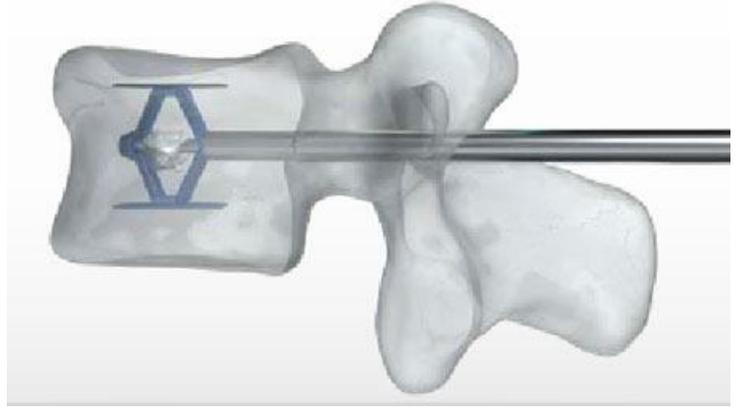


Figure I-24 : Vertébroplastie par SpineJack™ Vexim®

b) Ostéosynthèse percutanée

L'ostéosynthèse mini-invasive est une technique peu morbide de fixation pédiculaire transcutanée sous contrôle fluoroscopique ⁵⁷. Elle prend une place, bien décrite aujourd'hui, dans la gamme thérapeutique ⁵⁸.

Cette technique opératoire possède plusieurs avantages :

- Préservation musculaire par l'absence de dissection postérieure limitant l'atrophie musculaire par dévascularisation. Il est admis qu'une altération du muscle multifidus est responsable de lombalgies chroniques post-opératoires ^{57,59,60}.
- Épargne sanguine ⁶¹.
- Diminution du risque infectieux comparé à la chirurgie à ciel ouvert ⁶².

Les limites de l'ostéosynthèse percutanée sont :

- Absence de décompression neurologique ⁶³.
- Absence d'arthrodèse : tout comme la décompression, l'adjonction de greffe osseuse n'est pas possible.
- Expositions aux rayons ionisants : la mise en place des vis pédiculaires repose sur le contrôle de la fluoroscopie.

c) Arthrodèse postérieure à ciel ouvert

L'arthrodèse postérieure reste le traitement de référence. L'ostéosynthèse répond aux principes généraux de la traumatologie : réduction, stabilisation et décompression si nécessaire. Une décortication et une greffe osseuse en regard des niveaux instrumentés visent à obtenir une fusion définitive.

(1) Voie d'abord chirurgicale

La voie d'abord ⁶⁴ est postérieure médiane, centrée sur le niveau lésé. Le patient est installé en décubitus ventral sur un billot thoracique et un appui distal en regard des crêtes iliaques, permettant une lordose lombaire aidant la réduction. Un appui est également positionné à la face antérieure des jambes permettant une mise en flexion des hanches et des genoux.

L'incision cutanée est médiane jusqu'au fascia thoraco-lombaire. Ce dernier est incisé parallèlement à la ligne des épineuses, les muscles para-vertébraux sont alors dégagés à l'aide d'une rugine de Cobb et du bistouri électrique. Le dégagement est réalisé jusqu'au processus transverse pour la réalisation de la greffe osseuse. L'hémostase doit être soignée en regard des bords latéraux des isthmes.

Si une libération neurologique est indiquée, celle-ci est réalisée préférentiellement après l'instrumentation, sur un rachis stable et réduit. La laminectomie se fait par l'ablation de l'arc postérieur. Si l'arc postérieur est lésé, il faut être prudent sur la libération au risque de réaliser une brèche dure. S'il est intact, il faut alors réaliser une laminectomie à l'aide d'une pince gouge et pince Kerisson. Ainsi les lames vertébrales sont réséquées progressivement, les processus épineux auront été préalablement enlevés.

A ce geste de libération canalaire peut être associé un geste de plastie de la dure mère ou de suture neurologique.

A la fermeture, en cas d'ouverture canalaire, un dispositif tel qu'une éponge coagulante peut être déposée sur le fourreau dural et il est préférable d'utiliser un drain de Redon pour éviter un potentiel hématome compressif. Il est d'usage de laisser les patients en décubitus dorsal pendant 48 heures.

(2) Inventaire des dispositifs d'ostéosynthèse

L'ostéosynthèse en chirurgie du rachis fait appel à un large choix d'implants. L'objectif de l'instrumentation est d'assurer un ancrage permettant la réduction et la stabilisation jusqu'à consolidation ou fusion osseuse.

Il s'agit principalement de fixateurs internes segmentaires, constitués d'éléments de liaison entre les vertèbres et des éléments longitudinaux.

(a) Les vis pédiculaires

Elles sont surmontées d'une tulipe qui peut être mobile par rapport au corps de la vis. Cette éventuelle mobilité peut leur conférer une mono ou poly-axialité (*Figure I-26*). Les vis poly-axiales permettent un positionnement plus aisé de la tige et entraînent moins de contrainte sur les niveaux adjacents de l'instrumentation ⁶⁵.



Figure I-26 : Vis poly-axiales (gauche) et mono-axiale (droite)

Leurs diamètres et leurs longueurs peuvent être adaptés aux dimensions de la vertèbre.

L'utilisation des vis pédiculaires est sûre et reproductible selon Kim ⁶⁶. Elle peut être réalisée à main levée à condition de d'appréhender les repères anatomiques et l'orientation des pédicules. Elle peut s'appuyer sur un contrôle fluoroscopique en 2 dimensions dans le cas classique. Des outils plus récents permettent l'obtention d'une imagerie peropératoire en 3 dimensions et même une navigation virtuelle sur les images obtenues.

La visée pédiculaire thoracique (*Figure I-27*) se fait à partir d'un point d'entrée situé à l'aplomb du tiers externe du processus articulaire supérieure et en regard du tiers supérieur du processus transverse. La direction est convergente et perpendiculaire au plan de la lame.

En zone lombaire, le point d'entrée est situé au croisement de la ligne traversant le milieu du processus articulaire supérieure et de celle passant au milieu du processus transverse. La direction est d'autant plus convergente que que l'on s'éloigne de la vertèbre T12 (*Figure I-28*).

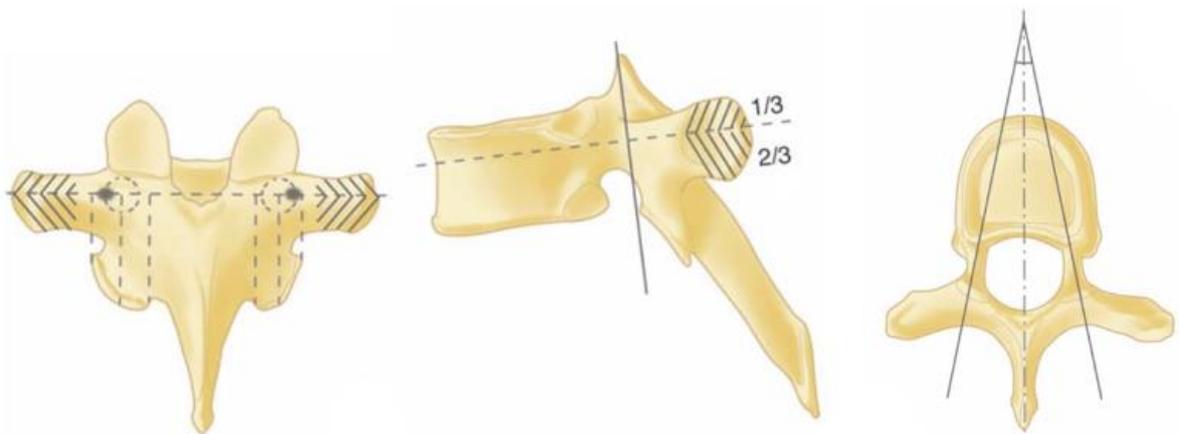


Figure I-27 : Visée pédiculaire thoracique

D'après Steib. Traumatismes récents du rachis thoracique et lombaire : techniques chirurgicales. EMC 2007

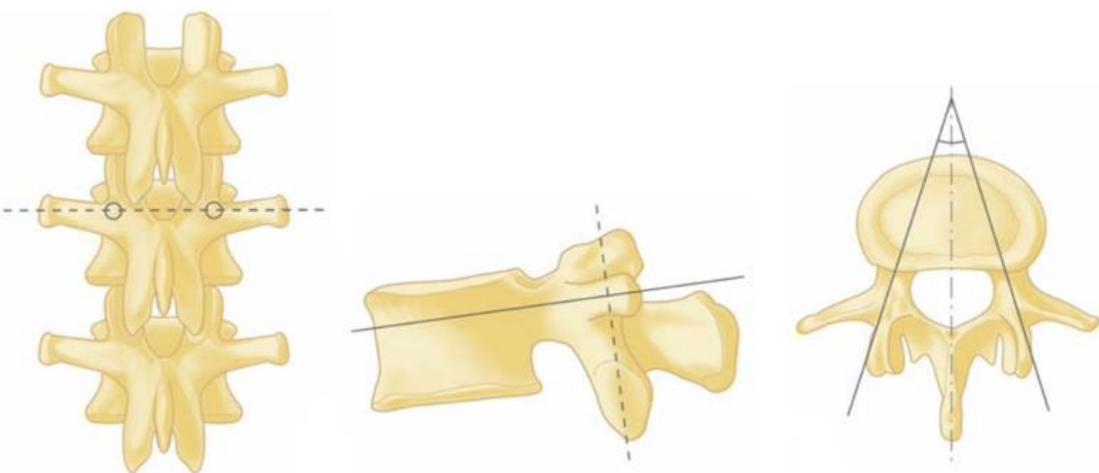


Figure I-28 : Visée pédiculaire lombaire

D'après Steib. Traumatismes récents du rachis thoracique et lombaire : techniques chirurgicales. EMC 2007

(b) Les crochets laminaires

Il existe divers crochets sous et sus-lamaires. Ils sont intra-canaux lorsqu'ils sont supra-lamaire nécessitant une désinsertion du ligament jaune au bord supérieur de la lame contrairement aux crochets sous-lamaires (*Figure I-29*).

Les crochets et vis pédiculaires peuvent être implantés sur une même vertèbre, augmentant ainsi la robustesse du montage ⁶⁷. Il est donc possible de réaliser 4 ancrages sur une même vertèbre.

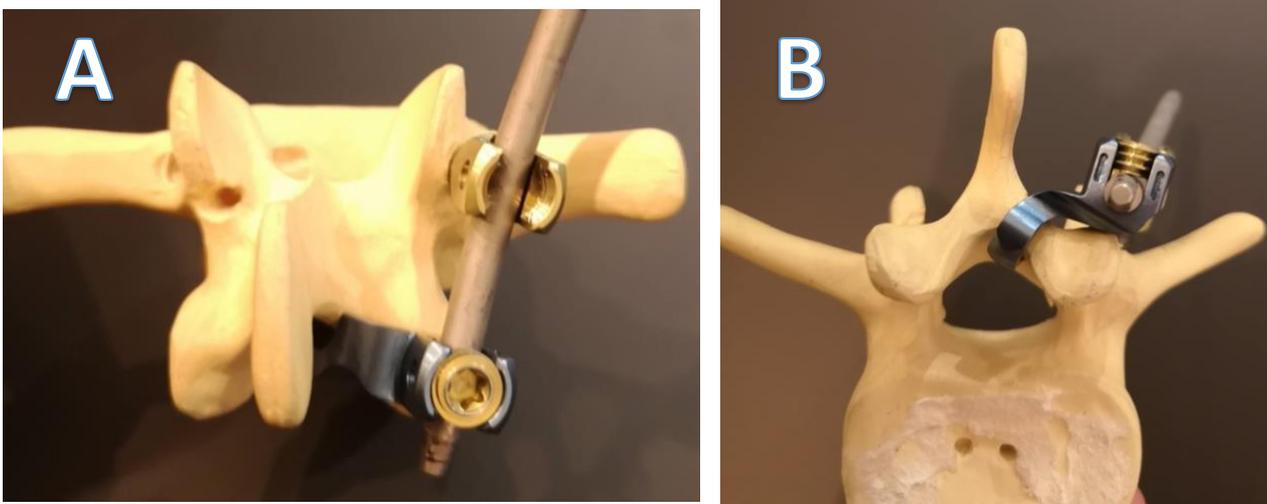


Figure I-29 : Montage hybride par vis pédiculaire et crochet sous-lamaire

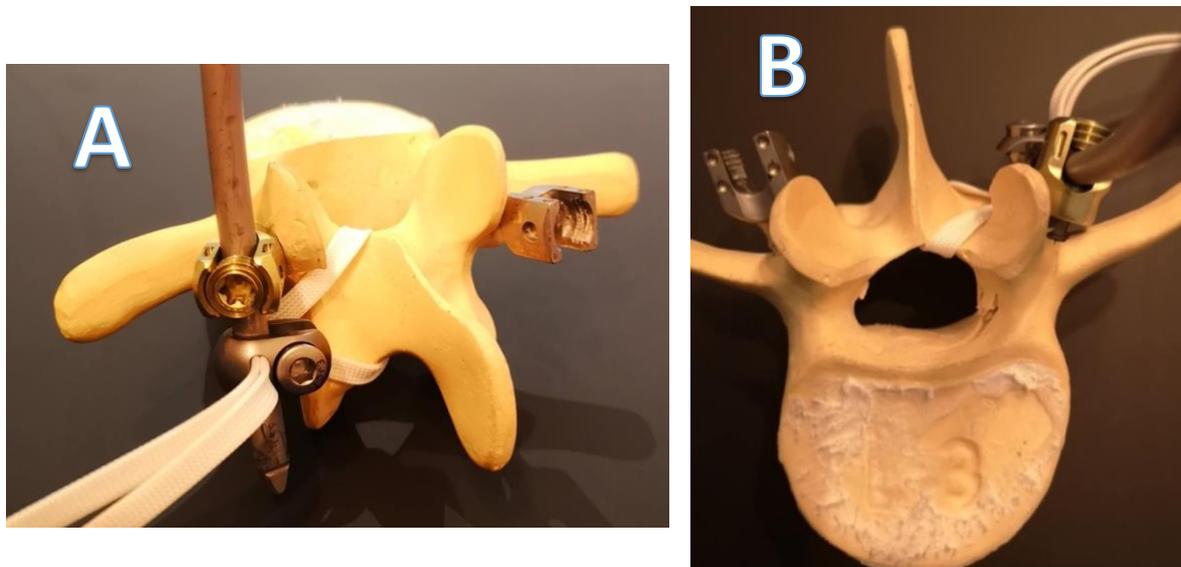
A – Vue postérieure

B – Vue inférieure

(c) Les bandes sous-lamaires

Les bandes sous-lamaires (*Figures I-30 et I-31*), sont des dispositifs souples formées de 3 éléments : d'une bande en polyester tissée, d'une pince en alliage de titane se fixant sur la tige et d'une vis de verrouillage permettant de maintenir la tension souhaitée. Les bandes sous-lamaires sont introduites sous les lames vertébrales et fixées par l'intermédiaire d'un clamp sur la tige. L'extrémité de la bande est malléable, permettant d'être conformée pour son passage dans le canal vertébral. Après être fixée sur une tige, la bande est mise en tension puis sertie autour de la tige. Sa configuration plate, permet un encombrement antéro-

postérieur faible dans le canal vertébral et un contact satisfaisant avec la lame vertébrale. La bande possède une résistance à la rupture de plus de 1400 Newtons ⁶⁸.



*Figure I-30 : Montage hybride, vis pédiculaire et bande sous-lamaire
A - Vue postéro-latérale
B - Vue supérieure*

La méthode s'apparente à l'instrumentation par fils métalliques de Luque qui était plus dédiée aux scolioses pédiatriques neurologiques. Les indications se sont plus développées en France depuis 2004 sous l'impulsion de Mazda ⁶⁸. Ce dispositif plus largement employé dans l'instrumentation des scolioses idiopathique de l'adolescent ⁶⁹⁻⁷² a démontré une résistance supérieure aux fils métalliques selon Murakami ⁷³.

Il existe peu de données concernant leur utilisation en traumatologie en particulier chez l'adulte. Cependant, Hamasaki ⁷⁴ et Doodkorte ⁷⁵ ont démontré que l'addition de bandes sous-lamaire aux vis pédiculaires augmentait la résistance à l'arrachement et la rigidité d'une instrumentation postérieure.



Figure I-31 : Jazz™ Band et son connecteur d'Implanet®

Illustrations issues du site Implanet®

(3) Extension des montages

Les montages postérieurs se différencient par le type d'implants utilisés et le nombre de niveaux instrumentés. L'extension des instrumentations est variable selon les « écoles ». Dans la littérature des montages dits « longs », « courts » ou « intermédiaires » sont décrits ⁷⁶⁻⁷⁸.

Les montages longs proposés par Roy-Camille et Demeulenaerec ⁷⁶ prennent appui sur deux vertèbres sus et sous-jacentes à la vertèbre lésée (+2 ; -2) par des vis pédiculaires et tige de nos jours. Ces derniers favorisent la rigidité au détriment de la mobilité.

Les montages courts comprennent une vertèbre au-dessus et une vertèbre en dessous (+1 ; -1). L'inconvénient principal est une capacité limitée à maintenir la correction sagittale lorsque les colonnes antérieures et moyennes ne peuvent partager des charges axiales significatives ⁷⁷. Ils sont préférés lorsqu'un temps antérieur de greffe complémentaire est planifié.

En plus de ces instrumentations longues et courtes sont décrits par Argenson ⁷⁸ les **montages intermédiaires**, moins fréquents. Ils concernent deux vertèbres proximales et une vertèbre distale à la lésion (+2 -1). Ils constituent une alternative intéressante pour la région thoraco-lombaire en permettant d'économiser un niveau vertébral lombaire.

d) La chirurgie par voie antérieure

Elle est rarement employée de nos jours en première intention. Cependant elle reste indiquée en second temps, combinée à une chirurgie postérieure pour un comblement antérieur.

Une stabilisation postérieure seule dans certaine fracture comminutive présentant une perte de hauteur vertébrale importante ou de type C de Magerl peuvent donner des résultats décevants ³⁵.

L'indication d'une reconstruction antérieure repose sur le risque de pseudarthrose ou d'une perte de correction. L'analyse des images tomodensitométriques après un premier temps postérieur permet de poser l'indication d'une arthrodèse circumférentielle. Le score Load Sharing de Mc Cormack constitue un outil décisionnel. La voie d'abord est une thoracotomie ou lombotomie en dessous de T12.

La corporectomie (*Figure I-32*) nécessite la réalisation d'une discectomie sus et sous-jacente avec avivement des plateaux vertébraux puis la mise en place d'un greffon osseux tricortical ou d'une cage intersomatique. L'utilisation d'une cage vise à maintenir la greffe osseuse et à assurer la stabilité primaire de la reconstruction.



Figure I-32 : Corporectomie avec cage V-Lift® de L2 par lombotomie

Illustration issue de notre service

F. Problématique

Les fractures du rachis thoracique et lombaire doivent faire l'objet d'un bilan d'imagerie pour évaluer leur stabilité. Celles jugées instables sont exposées à un risque neurologique et à un risque de déformation architecturale frontale et/ou sagittale. A ce titre, elles nécessitent une prise en charge chirurgicale dont les objectifs correspondent à la fixation vertébrale en réduisant les déformations et à la protection des structures neurologiques. Ces procédures doivent permettre une fonction satisfaisante et pérenne. La question de l'extension des arthroèses est donc soulevée, sous-tendue par la nécessité d'un montage robuste et par l'épargne de niveaux mobiles en particulier dans le secteur lombaire.

Les classiques montages postérieurs longs (+2 / -2) ont prouvé leur stabilité ^{76,79}. Les montages courts comportent des limites face aux fractures très instables car ils ne s'appuient que sur 2 vis pédiculaires de part et d'autre de la fracture. Pour améliorer leur stabilité, il est possible d'augmenter qualitativement et quantitativement les ancrages sur une même vertèbre. En complément des vis pédiculaires, l'option des crochets est possible mais l'utilisation de bandes sous-lamaires est réputée plus fiable dans le cadre chirurgical des scolioses ^{68,69,71,80,81}.

Cette dernière option peu diffusée en traumatologie de l'adulte doit donc faire l'objet d'une évaluation en termes d'efficacité mais aussi de potentielle morbidité.

L'objectif principal de ce travail était donc de décrire l'évolution radiographique sagittale des patients opérés selon cette technique. Les objectifs secondaires étaient de connaître les caractéristiques épidémio-morphologiques et l'évolution algofonctionnelle de la population concernée à la lumière des caractéristiques et de la morbidité technique chirurgicale.

II. MATERIEL ET METHODE

A. Population

Cette étude rétrospective, monocentrique concernait une série continue de patients opérés de lésions traumatiques rachidiennes classées selon l'AO Spine A3, A4, B2, B3 ou C entre mai 2013 et septembre 2019. Le montage devait comprendre une arthrodèse postérieure associant des vis pédiculaires et des bandes sous-lamaires. La fixation pouvait être associée à une laminectomie en présence de troubles neurologiques. Un suivi radio-clinique minimal d'1 an était requis. Les patients présentant une fracture pathologique, une déformation scoliotique ou des antécédents d'arthrodèse du rachis étaient exclus.

Cette étude a reçu l'approbation d'un comité d'éthique institutionnel pour recherche sur données existantes hors loi Jardé (CERDE n°2019-74).

B. Technique opératoire

Les patients, sous anesthésie générale, étaient installés en décubitus ventral. Un abord postérieur médian était centré sur le foyer de fracture. Une instrumentation par vissage pédiculaire poly-axial (Legacy™ / Solera™ - Medtronic®), à main levée, concernait les vertèbres adjacentes à la fracture avec un contrôle radioscopique. Une laminectomie en regard de la vertèbre lésée était réalisée lorsque le patient présentait des troubles neurologiques préopératoire.

Les tiges étaient de 5,5mm de diamètre, en titane ou chrome-cobalt, étaient utilisées préalablement cintrées pour restaurer les courbures sagittales propres à chaque secteur rachidien.

Une décortication-greffe des processus épineux et des lames résiduels était réalisée pour favoriser la fusion osseuse du segment instrumenté.

L'extension du montage variait en fonction de la localisation de la fracture. Elle ne devait fixer qu'une vertèbre adjacente lorsqu'elle se situait dans le secteur lombaire (montage court). Dans le secteur thoracique, la nécessité moins importantes de conservation de mobilité conduisait à la fixation de 2 vertèbres (soient 4 ancrages) de part et d'autre de la fracture (montage long). La majorité des fractures siégeant à la charnière thoraco-lombaire, a été soumise à des montages intermédiaires fixant 2 vertèbres sus-jacentes et une sous-jacente. Lorsqu'une seule vertèbre devait assurer l'ancrage d'un segment de l'instrumentation adjacent à la fracture, 4 prises étaient néanmoins disposées sur cette dernière. L'implantation des 2 vis pédiculaires était complétée par 2 bandes sous-lamaires (Universal Clamp™ - Zimmer-Biomet® ou Jazz Evo™ - Implanet®). Ces bandes sous-lamaires étaient également employées au sein de certains montages longs en guise de protection ou de substitution de vis lorsque la qualité osseuse ou les difficultés d'un vissage pédiculaire le justifiait.

C. Critères d'évaluation

Cette étude rétrospective concernait des données anonymisées épidémiomorphologiques, fonctionnelles et radiologiques qui étaient collectées prospectivement dans la base Keops® (SMAIO, Lyon, France), validée pour ce type de recueil.

1. Données cliniques

Les critères épidémiomorphologiques, tels que l'âge, le sexe, le poids, la taille, l'IMC et le score ASA étaient recueillis. Le statut neurologique préopératoire de chaque patient était évalué par le score de Frankel.

Au cours du suivi, une évaluation algofonctionnelle selon un questionnaire d'auto-évaluation type Oswestry Disability Index (ODI) et un score de qualité de vie type SF-12 incluant sa composante mentale (MCS) et physique (PCS) étaient établis.

2. Données radiologiques

Les données métriques étaient issues de scanners préopératoires permettant de déterminer le type de fracture selon la classification de l'AO Spine et la mesure de la cyphose vertébrale (CV) ainsi que la cyphose régionale (CR) propres à la lésion. Le niveau et le nombre de vertèbres lésées étaient également renseignés.

Dans le suivi, des examens EOS type télérachis, de face et de profil debout (*Figure II-1 et Figure II-2*), évaluaient CV, CR, lordose lombaire (LL), cyphose thoracique (CT), incidence pelvienne (IP), version pelvienne (VP), pente sacrée (PS), gîte sagittale de C7 (GSC7) et le Spinal Sacral Angle (SSA).

Des signes de faillite mécanique des implants (arrachement, déplacement secondaire, chambres de mobilité...) étaient systématiquement recherchés.

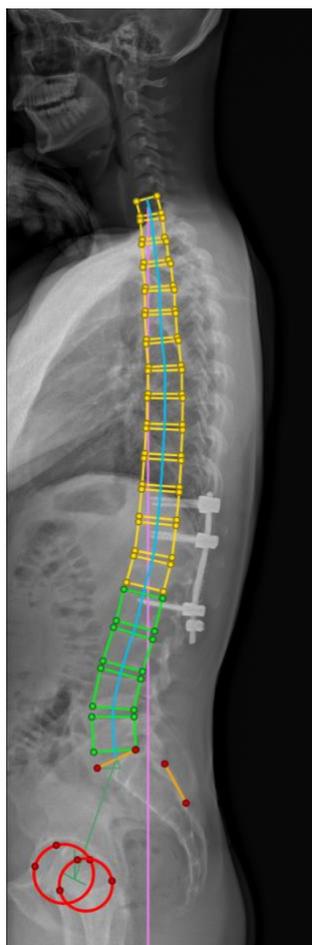


Figure II-1 : Exemple d'acquisition des données Kéops® à partir d'un télérachis

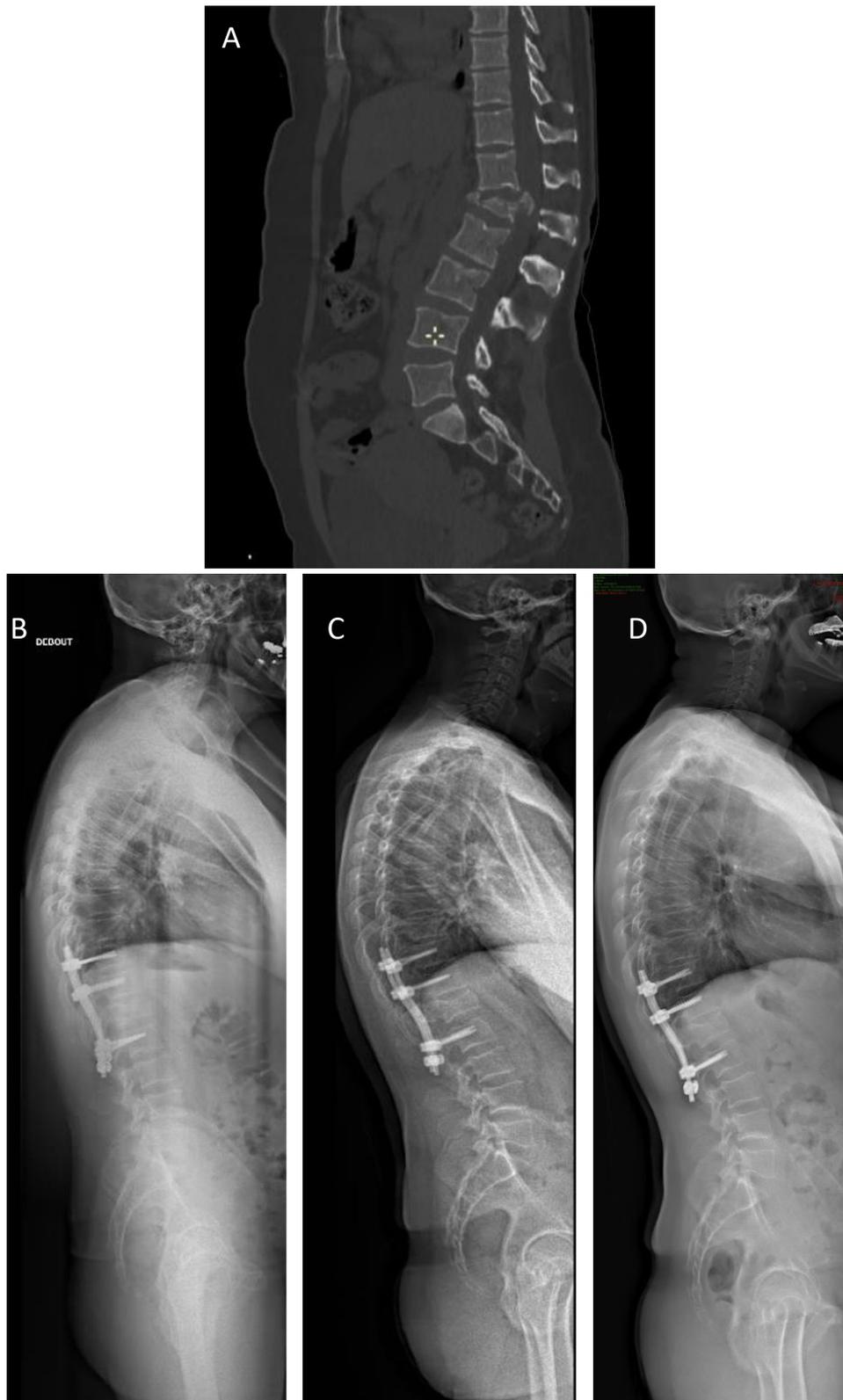


Figure II-2 : Arthrodesè T11-L2 d'une fracture L1

A : TDM pré-opératoire

B : 6 semaines post-opératoire

C : 1 an post-opératoire

D : 2 post-opératoire

3. Données chirurgicales

Les caractéristiques chirurgicales comprenaient la durée opératoire, le saignement quantifié dans l'aspiration et la survenue de brèche durale. La durée d'hospitalisation était également notée.

Les données propres à la technique comprenaient le nombre de niveaux instrumentés, la réalisation d'une laminectomie, le nombre de bande sous-lamaires implantées et leurs positions.

Les patients pour lesquels était réalisé un temps antérieur complémentaire étaient identifiés.

D. Analyse Statistique

La base de données a été réalisée à l'aide du logiciel Excel® version 16.36 (2020, Microsoft, Redmond, Washington, USA). L'analyse statistique a été réalisée à l'aide du module Xlstat® (2019, Addinsoft Inc, New York, USA). Les variables quantitatives étaient considérées comme des variables continues et exprimées en moyenne \pm déviation standard. Les variables qualitatives étaient exprimées en proportion.

Les variables catégorielles ont été comparées par tests du Chi 2 ou, si les conditions d'application n'étaient pas respectées, par tests exacts de Fisher.

Les variables quantitatives ont été comparées en sous-groupes par test t de Student, après vérification de l'égalité des variances. Le test non paramétrique de Wilcoxon était choisi en l'absence de normalité de la distribution.

III. RESULTATS

La population étudiée était constituée de 73 patients. Après un an de suivi minimal, le nombre de perdus de vue était de 10 (14%).

A. Analyse descriptive

1. Caractéristiques épidémio-morphologiques et algofonctionnelles

Cette série comportait une majorité d'hommes (n=41 – 56%) et un âge moyen de 48 ans (+/- 17,2). La répartition des âges est illustrée en *figure III-1*. L'indice de masse corporel (IMC) moyen était de 25kg/m² (+/- 3,8) avec 42,5% des sujets en surpoids (n=31) et 5,5% jugés en obésité (n=4). Le score ASA 1 qualifiait 64% de la série.

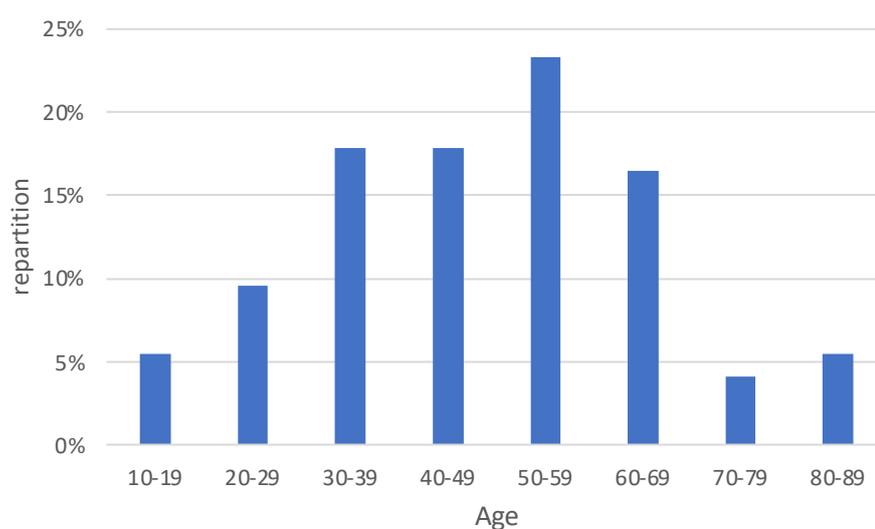


Figure III-1 : Répartition des âges lors du traumatisme

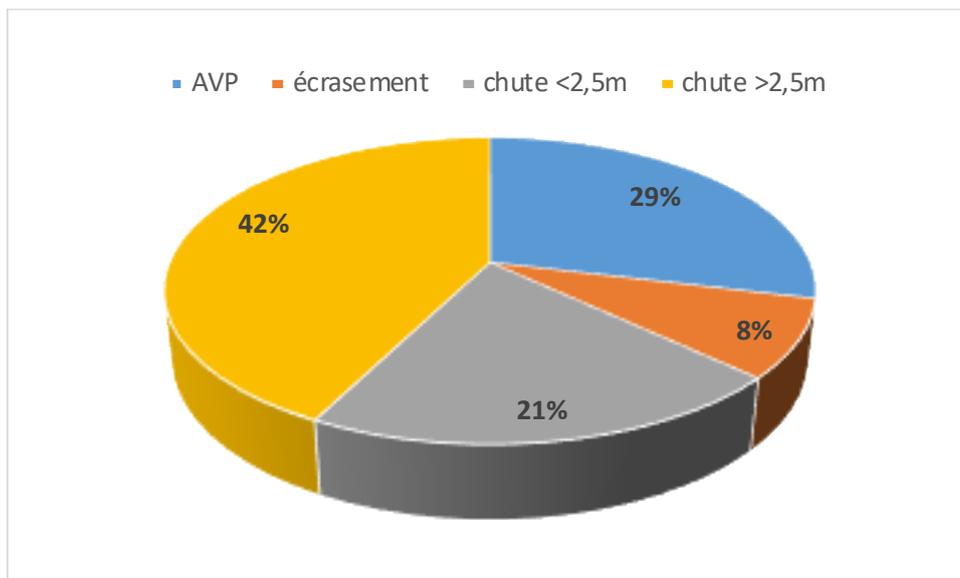


Figure III-2 : Étiologies des fractures

Les évènements traumatiques étaient dominés par des chutes d'une hauteur supérieure à 2,5m (42%) et par des accidents de la voie publique (29%) (figure III-2). Dans 26% des cas (n=19), les patients étaient considérés polyfracturés.

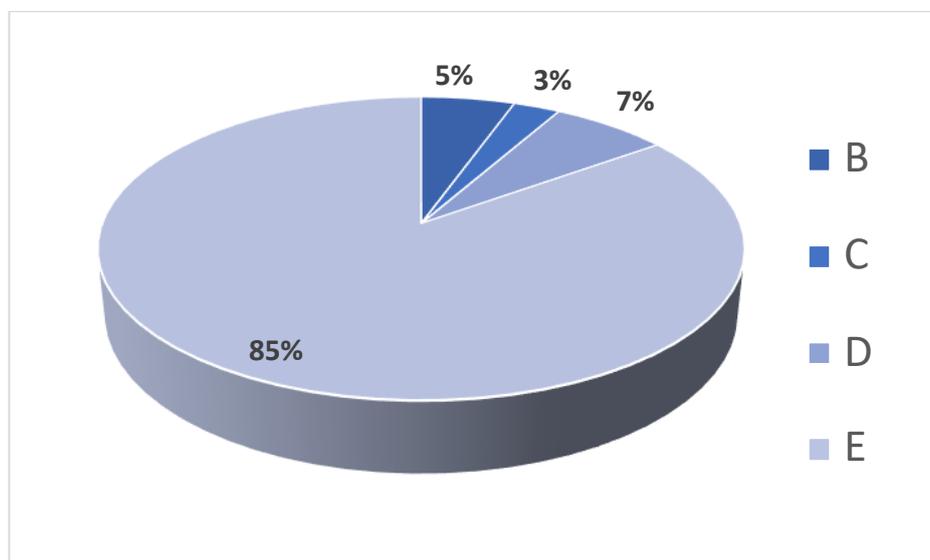


Figure III-3 : Répartition des scores de Frankel

Des troubles neurologiques évalués par le score de Frankel (Figure III-3) étaient retrouvés chez 11 patients (15%).

Pour 74% des sujets (n=54) la sortie d'hospitalisation s'effectuait par un retour à domicile, 26% (n=19) ont nécessité d'une convalescence en soin de suite et de réadaptation.

Les scores algofonctionnels ont été évalués au dernier recul (recul moyen = 20,5 mois) avec un minimum de 12 mois postopératoire. Les scores SF-12 PCS et MCS avaient des valeurs respectives moyennes de 42,73 (+/- 10,08) et 45,22 (+/- 11,29) (Figure III-4). Le score ODI identifiait 28% de patients sans gêne résiduelle, 40% avec une faible gêne et 26% avec une gêne modérée (Figure III-5).

	SF-12 Physical Component Score Dernier recul	SF-12 Mental Component Score Dernier recul
n	41	41
moyenne	42,73	45,22
ecart-type	10,08	11,29
min/max	23,88 - 60,54	21,31 - 63,87

Figure III-4 : Score SF-12, composante physique et mentale

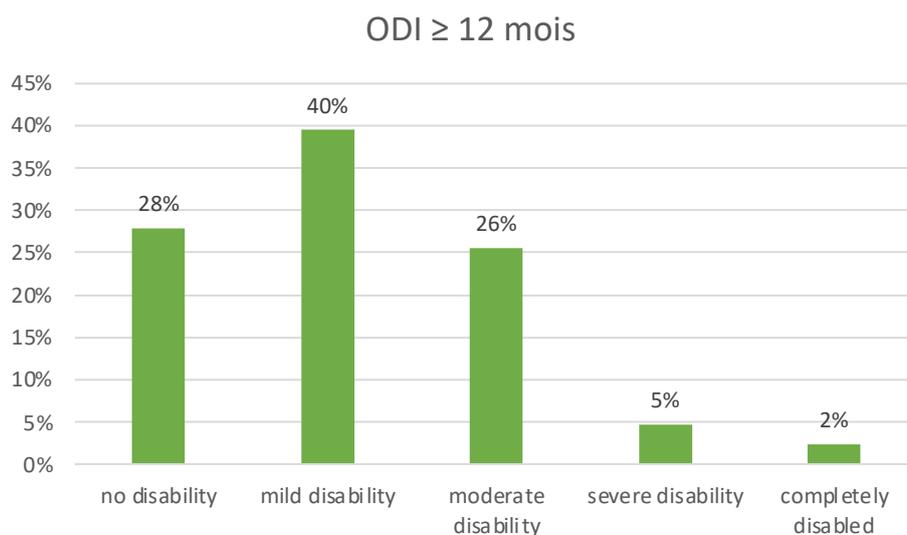


Figure III-5 : score Oswestry au dernier recul

Les scores ODI supérieurs à 15 (gène modérée à très sévère) semblaient prédominer chez les sujets de plus de 50 ans (*Figure III-6*).

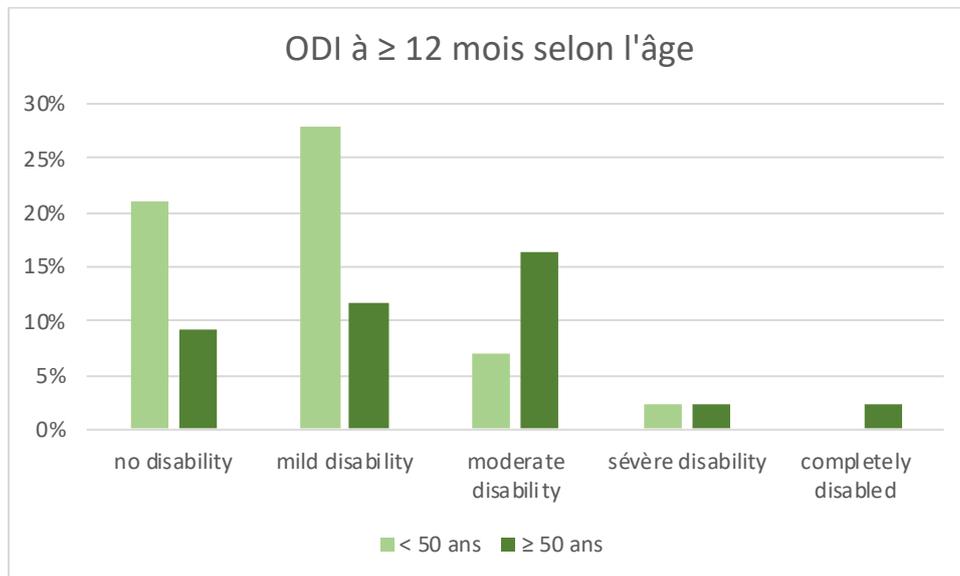


Figure III-6 : score Oswestry au dernier recul selon l'âge

2. Caractéristiques radiographiques

La répartition des classes selon la classification de l'AO Spine présentait nécessairement une proportion importante de fractures sévèrement instables (*Figure III-7*). Les fractures de type A représentaient 68% (n = 50) de la cohorte, avec 36% de fractures A4 (n=26) et 33% de A3 (n=24). Les fractures par dislocation, de type C, représentaient 12% (n=9).

La charnière thoraco-lombaire était concernée dans 86% des cas (n=63). Les localisations thoraciques au-dessus de T11 concernaient 11% de la cohorte (n=8). Les localisations lombaires au-dessous de L2 représentaient 7% (n=5).

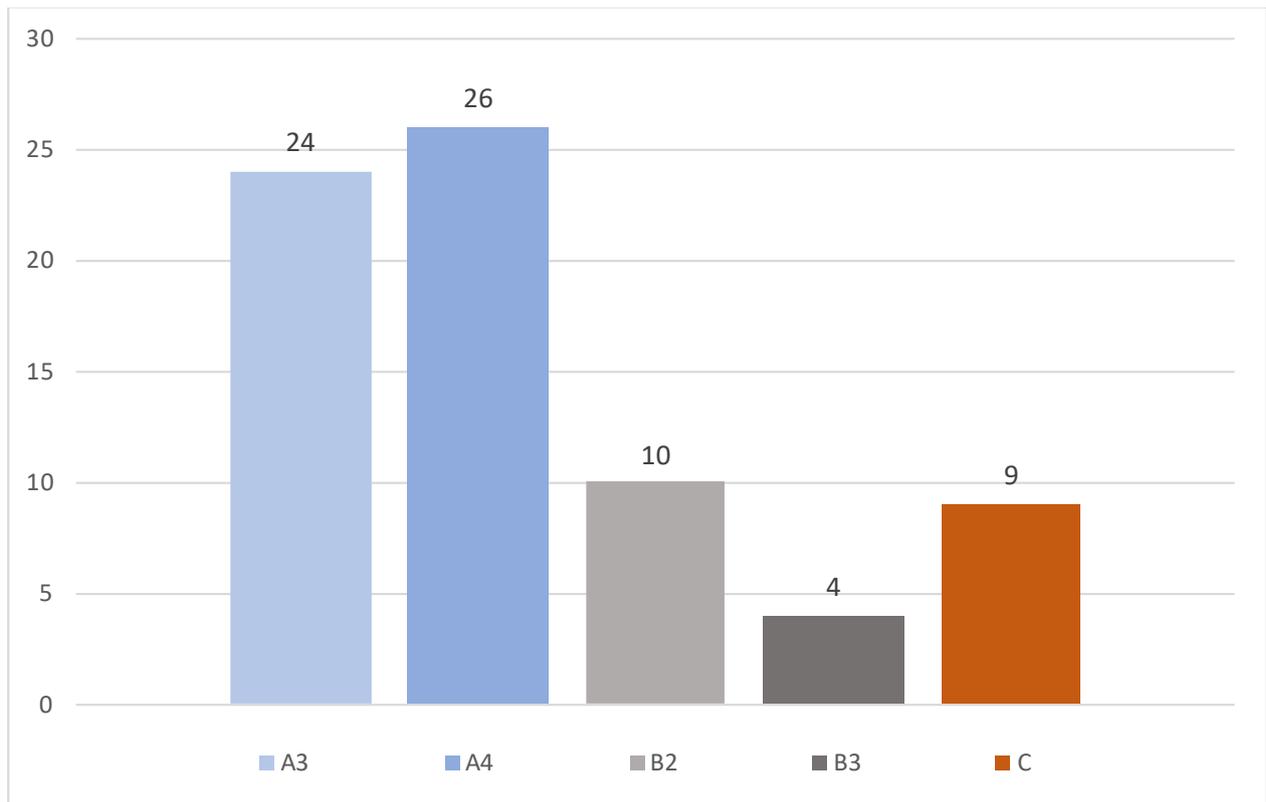


Figure III-7 : Classification des fractures selon l'AO Spine

Les fractures multiples concernaient 12 patients (16%) avec 2 fractures vertébrales (n= 11 ; 15%) ou 3 fractures vertébrales (n=1 ; 1%). (Tableau 3)

Dans la période pré-opératoire, la CV moyenne était de $-11,8^{\circ}$ (+/- 6,4) et la CR moyenne de $-8,9^{\circ}$ (+/- 11,4). L'ART était $-8,7^{\circ}$ (+/- 8,4) L'évolution des paramètres de l'équilibre sagittal pelvi-rachidien est décrite dans le Tableau 5.

Une correction significative des cyphoses locales ($p < 0,05$) et régionales ($p < 0,0001$) et de l'ART ($p < 0,0001$) est apparue sur les clichés EOS postopératoires précoces (Tableau 4).

Pour les 63 patients étudiés au recul minimal de 12 mois (recul moyen = 20,5 mois), une faible perte de correction est apparue en terme CR ($p < 0,001$) et d'ART ($p < 0,0001$). Celle-ci portait sur $4,2^{\circ}$ et $4,8^{\circ}$ respectivement en moyenne, elle était statistiquement significative. Cependant la majorité de cette différence s'effectue dans les 6 semaines post-opératoire. (Tableau 6).

Tableau 3 : Niveaux et nombre de fractures

Niveaux de Fractures	n (%)
T2,T3	1 (1)
T4,T5	1 (1)
T5	1 (1)
T6	1 (1)
T6,T7	1 (1)
T8,T9	1 (1)
T9	1 (1)
T9,T10	1 (1)
T11	2 (3)
T11,T12	1 (1)
T12	19 (26)
T12,L1	1 (1)
T12,L3,L5	1 (1)
L1	21 (29)
L1,L2	2 (3)
L1,L3	1 (1)
L1,L4	1 (1)
L2	14 (19)
L4	1 (1)
L5	1 (1)

Tableau 4 : Comparaison CV et CR pré et postopératoire précoce, test de Wilcoxon

(°, moyenne)	préop	Postopératoire précoce	p value
Cyphose Vertébrale	-11,78	-7,32	p<0,0001 ****
Cyphose Régionale	-8,89	-2,82	p<0,0001 ****

Tableau 5 : Mesures radiologiques pré et postopératoire

	préopératoire				postopératoire précoce				6 à 8 semaines postopératoire				6 mois postopératoire			
	n	moyenne	SD	range (min; max)	n	moyenne	SD	range (min; max)	n	moyenne	SD	range (min; max)	n	moyenne	SD	range (min; max)
Cyphose Vertébrale	73	-11,78	6,42	-29° ; 9°	73	-7,32	5,09	-21° ; 14°	63	-8,00	5,23	-25° ; 11°	53	-8,08	5,00	-23° ; 8°
Cyphose Régionale	73	-8,89	11,39	-38° ; 39°	73	-2,82	11,02	-35° ; 49°	63	-4,56	13,14	-23° ; 42°	53	-6,79	11,80	-38° ; 43°
Angle Régional Traumatique	69	-8,74	8,38	-30° ; 14°	69	-1,80	6,73	-17° ; 13°	58	-5,21	8,48	-30° ; 14°	49	-5,65	8,47	-32° ; 9°
Cyphose Thoracique					58	-45,05	12,45	-71° ; -15°	50	-46,27	11,57	-72° ; -17°	46	-47,26	12,60	-90° ; -17°
Lordose Lombaire					58	48,66	10,27	21° ; 78°	50	52,33	17,36	-46° ; 78°	46	54,67	18,97	-56° ; 77°
Incidence Pelvienne					50	51,18	9,82	30° ; 77°	49	50,18	10,08	27° ; 74°	46	50,67	10,76	31° ; 74°
Version Pelvienne					50	18,88	8,61	-4° ; 42°	49	16,00	7,31	1° ; 33°	46	15,15	8,12	-4° ; 34°
Pente Sacrée					50	32,31	8,12	17° ; 52°	49	34,50	8,62	17° ; 53°	46	35,54	8,00	22° ; 54°
Gite Sagittal C7					50	1,51	4,07	-7,8° ; 10,9°	49	0,44	3,82	-7,2° ; 10°	46	-0,11	3,90	-7° ; 8,3°
Spino Sacral Angle					50	121,02	8,48	101° ; 144°	49	123,66	9,30	105° ; 143°	46	125,87	8,44	106° ; 143°

	12 mois postopératoire				24 mois post-opératoire				Dernier recul postopératoire (>12 m)			
	n	moyenne	SD	range (min; max)	n	moyenne	SD	range (min; max)	n	moyenne	SD	range (min; max)
Cyphose Vertébrale	50	-7,88	4,09	-16° ; 1°	26	-6,27	5,39	-16° ; 7°	63	-7,27	4,75	-16° ; 7°
Cyphose Régionale	50	-7,50	9,60	-25° ; 14°	26	-5,92	10,68	-23° ; 19°	63	-7,02	9,77	-25° ; 19°
Angle Régional Traumatique	46	-6,20	8,85	-30° ; 11°	21	-7,04	9,61	-31° ; 6°	58	-6,60	8,43	-31° ; 11°
Cyphose Thoracique	46	-45,26	10,06	-71° ; -23°	24	-47,17	14,80	-96° ; -19°	60	-46,02	12,27	-96° ; -19°
Lordose Lombaire	46	54,45	10,80	17° ; 73°	24	56,71	12,47	26° ; 84°	60	54,23	11,67	17° ; 84°
Incidence Pelvienne	46	50,55	9,44	32° ; 74°	24	52,38	10,00	30° ; 74°	60	50,52	9,18	30° ; 74°
Version Pelvienne	46	15,60	6,85	-1° ; 32°	24	17,42	11,44	0° ; 54°	60	16,35	8,28	0° ; 54°
Pente Sacrée	46	34,68	7,87	22° ; 52°	24	34,96	10,72	3° ; 51°	60	33,97	8,76	3° ; 51°
Gite Sagittal C7	46	0,91	4,22	-12° ; 8°	24	-1,08	3,66	-7° ; 5°	60	0,29	4,20	-12° ; 8°
Spino Sacral Angle	46	124,34	8,56	105° ; 142°	24	127,71	9,37	110° ; 146°	60	124,89	8,65	105° ; 146°

Tableau 6 : Comparaison des mesures radiologiques postopératoire précoce et à distance

Comparison with early post-operative data, Wilcoxon test

(°, mean)	early postoperative	6 weeks follow-up	p value	6 months follow-up	p value	12 months follow-up	p value	24 months follow-up	p value	last FU	p value	variation last FU vs early post op
Vertebral kyphosis	-7,32	-8,00	p<0,05 *	-8,08	p=0,1396 ns	-7,88	p=0,2232 ns	-6,27	p=0,3629 ns	-7,27	p=0,7327 ns	=
Regional kyphosis	-2,82	-4,56	p<0,0001 ****	-6,79	p<0,0001 ****	-7,50	p<0,0001 ****	-5,92	p<0,05 ***	-7,02	p<0,001 ****	↙
Regional traumatic angle	-1,80	-5,21	p<0,0001 ****	-5,65	p<0,0001 ****	-6,20	p<0,0001 ****	-7,04	p<0,0001 ****	-6,60	p<0,0001 ****	↙

Comparison with early postoperative data, Wilcoxon test

(°, mean)	early postoperative	6 weeks follow-up	p value	6 months follow-up	p value	12 months follow-up	p value	24 months follow-up	p value	last follow-up	p value	variation last FU vs early post op
Thoracic kyphosis	-45,05	-46,27	p=0,0677 ns	-47,26	p=0,0914 ns	-45,26	p=0,0751 ns	-47,17	p=0,6354 ns	-46,02	p=0,1023 ns	=
Lumbar lordosis	48,66	52,33	p<0,0001 ****	54,67	p<0,05 ***	54,45	p<0,05 ***	56,71	p<0,05 *	54,23	p<0,05 ***	↗
Pelvic incidence	51,18	50,18	p=0,2651 ns	50,67	p=0,0628 ns	50,55	p=0,5007 ns	52,38	p=0,4341 ns	50,52	p=0,5581 ns	=
Pelvic tilt	18,88	16,00	p=0,1111 ns	15,15	p<0,05 **	15,60	p<0,05 **	17,42	p=0,1306 ns	16,35	p<0,05 **	↙
Sacral slope	32,31	34,50	p<0,05 *	35,54	p<0,05 **	34,68	p<0,05 **	34,96	p<0,05 *	33,97	p<0,05 **	↗
Sagittal Gite C7	1,51	0,44	p=0,0578 ns	-0,11	p<0,05 *	0,91	p=0,3443 ns	-1,08	p=0,7155 ns	0,29	p=0,2002 ns	=
Spino Sacral Angle	121,02	123,66	p<0,05 **	125,87	p<0,05 **	124,34	p<0,05 **	127,71	p=0,0590 ns	124,89	p<0,05 **	↗

En revanche, entre la période postopératoire précoce et le dernier recul, les paramètres évaluant la posture globale évoluaient vers un meilleur équilibre sagittal. Effectivement, une augmentation de la lordose lombaire ($p < 0,05$) et de l'angle spinosacré ($p < 0,05$) étaient constatées en parallèle d'une réduction de la version pelvienne ($p < 0,05$) (*tableau 6*). La majorité des modifications de l'équilibre sagittal postopératoire sont apparues à la phase initiale car il n'est pas apparu de modifications significatives entre les valeurs mesurées à 6 semaines postopératoires et au dernier recul (*Tableau 7*).



*Figure III-8 : correction sagittale à 24 mois d'un sujet présentant une fracture A3 de L1,
A - coupe TDM axiale
B - coupe TDM sagittal
C - EOS profil*

Tableau 7 : Comparaison des paramètres sagittaux globaux entre 6 semaines postopératoire et suivi jusqu'au dernier recul

(°, mean)	6 semaines	6 mois	p value	12 mois	p value	24 mois	p value	Dernier recul	p value	Variation dernier recul vs 6 semaines
Cyphose Thoracique	-46,27	-47,26	p=0,0691 ns	-45,26	p=0,4073 ns	-47,17	p=0,1772 ns	-46,02	p=0,9244 ns	=
Lordose Lombarie	52,33	54,67	p=0,2963 ns	54,45	p=0,7306 ns	56,71	p=0,4487 ns	54,23	p=0,6256 ns	=
Incidence Pelvienne	50,18	50,67	p=0,8200 ns	50,55	p=0,2998 ns	52,38	p=0,2679 ns	50,52	p=0,9910 ns	=
Version Pelvienne	16,00	15,15	p=0,1998 ns	15,60	p=0,2840 ns	17,42	p=0,3190 ns	16,35	p=0,1877 ns	=
Pente Sacrée	34,50	35,54	p=0,7818 ns	34,68	p=0,4606 ns	34,96	p=0,4101 ns	33,97	p=0,9589 ns	=
Gite Sagittal C7	0,44	-0,11	p=0,8034 ns	0,91	p=0,6626 ns	-1,08	p=,3987 ns	0,29	p=0,5567 ns	=
Spino Sacral Angle	123,66	125,87	p=0,8568 ns	124,34	p=0,6172 ns	127,71	p=0,0827 ns	124,89	p=0,1281 ns	=

ns = non significatif

B. Caractéristiques chirurgicales

Les montages « intermédiaires » (+2 ; -1) représentaient 77% (n=56) de la série. Les montages « longs » (n=15 ; 21%) concernaient essentiellement des lésions thoraciques dont 8 cas de fractures vertébrales multiples. Des montages « courts » ont été réalisés pour une fracture de L5 et une fracture de L4. (Figure III-9)

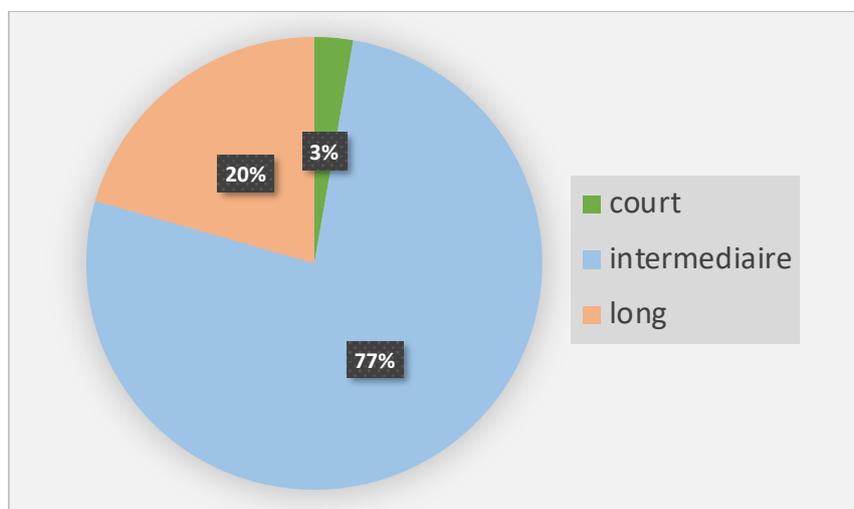


Figure III-9 : Répartition des 3 types de montages

Dans 15% des cas (n=11) une laminectomie a été réalisée en conservant la lame vertébrale sous-jacente à la fracture. Ce geste ne modifiait pas la pose de la bande sous-lamaire hormis dans le sens d'une simplification. La durée d'intervention moyenne était de 79 minutes (+/- 20 min).

Les instrumentations vertébrales comportaient des vissages pédiculaires segmentaires type Cotrel – Dubousset (Legacy™ ou Solera™ Medtronic®) et des bandes sous-lamaire (Jazz-Evo™ - Implanet® ou Clamps Universal™ - Zimmer-Biomet®). Ces ancrages étaient associés à des tiges en titane allié ou en chrome cobalt selon les choix subjectifs de l'opérateur.

Un temps antérieur complémentaire de corporectomie et de greffe, appuyée sur une cage distractible, a été réalisé chez 4 patients (5%).

Le délai entre le traumatisme et l'intervention chirurgicale était en moyenne de 2,08 jours (+/- 1,85).

La durée d'hospitalisation moyenne (cumulant soins intensifs et service de chirurgie) était de 12,06 jours +/- 11,03. Les temps d'hospitalisation dans les éventuels secteurs de rééducation n'ont pas été quantifiés.

Tableau 8 : Caractéristiques opératoires

n=73	n(%) ou moyenne ± SD [Min ; Max]
Délais opératoire (jours)	2,1 ± 1,8
Temps chirurgical (hh:mm)	1h19 ± 20 min [1h10 ; 2h40]
Saignement (ml)	280 ± 130
Durée d'hospitalisation (jours)	12,2 ± 11
Nombre de niveau instrumenté	4,2 ± 0,6
3 segments	2 (3)
4 segments	56 (77)
5 segments	10 (14)
6 segments	5 (7)
Nombre bande sous-lamaire	2,2 (0,6) [2;4]
Nombre vis pédiculaire	6,4 (1,1) [4;12]
Laminectomie	
oui	11 (15)
non	62 (85)
Corporectomie secondaire	
oui	4 (5)
non	69 (95)

C. Morbidité

La quantité de saignement peropératoire moyenne était de 280ml (+/- 130). Il n'est pas survenu de cas d'aggravation neurologique postopératoire.

Au dernier recul, 14 complications spécifiques à la procédure chirurgicale ont concerné 13 patients (17,8%). Elles étaient dominées par 11 infections de site opératoire (ISO), dont 7

précoces. Toutes ont été résolutive après lavage chirurgical et antibiothérapie prolongée pendant 3 mois. Les 4 ISO tardives ont également nécessité un changement de matériel. Les complications mécaniques ont concerné 3 patients (4%). Il s'agissait de ruptures de vis (n=2) (Figure III-11) et d'un cas de perte de correction significative par balayage des vis pédiculaires (n=1) (Figure III-10). Ce dernier a subi une révision chirurgicale pour une extension distale de l'instrumentation. Les autres cas asymptomatiques et sans perte de correction sagittale ont été surveillés radiologiquement sans nouvelle chirurgie. Cette étude rétrospective n'a pas permis de quantifier exhaustivement d'autres types complications médicales.

Tableau 9 : Complications et Reprises chirurgicales

Complications		n (%)
Per-opératoire		0 (0)
Post-opératoire		
< 6 ^{eme} semaine	n=63	
	Sepsis	7 (11)
	Faillite matériel	1 (2)
< 6 mois	n=54	
	Sepsis	0 (0)
	Faillite matériel	1 (2)
< 12 mois	n=51	
	Sepsis	4 (5)
	Faillite matériel	0 (0)
> 12 mois	n=26	
	Sepsis	0 (0)
	Faillite matériel	1 (2)
Reprise chirurgicale		
< 6 ^{eme} semaine	n=63	8 (13)
	Lavage chirurgicale	7 (11)
	Corporectomie secondaire	1 (2)
< 6 mois	n=54	4 (7)
	Reprise instrumentation	1 (2)
	Corporectomie secondaire	3 (6)
< 12 mois	n=51	4 (8)
	Lavage chirurgicale seul	2 (4)
	Lavage chirurgical + AMO	2 (4)
> 12 mois	n=26	1 (4)
	AMO	1 (4)



Figure III-10 : Complication post-opératoire, reprise chirurgicale pour extension de l'instrumentation T9-L3

A : balayage des vis pédiculaire en T12. B : coupe sagittal TDM C : reprise chirurgicale pour extension distale du montage. Rachis ankylosé qui justifié d'une instrumentation longue initiale.

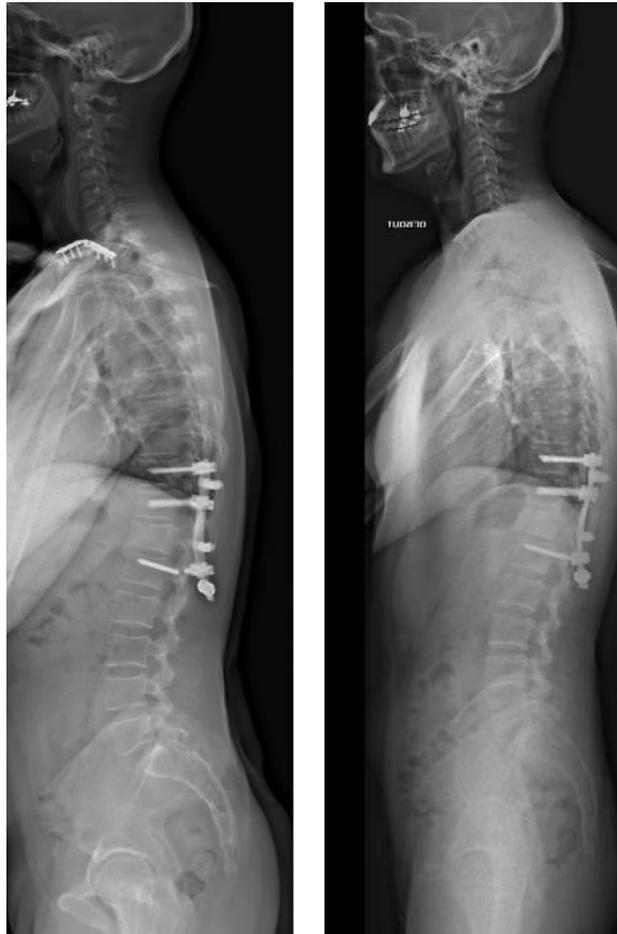


Figure III-11 : Complication mécanique post-opératoire, rupture des vis pédiculaire en L1

IV. DISCUSSION

Les instrumentations rachidiennes hybrides associant des ancrages par vis pédiculaires et bandes sous-lamaires permettent de concevoir des montages de longueurs intermédiaires. Cette stratégie est applicable aux fractures vertébrales très instables. Elle vise à renforcer la tenue de l'ostéosynthèse et à limiter le nombre de niveaux mobiles lombaires fixés.

A. Cadre nosologique

La population étudiée dans cette série correspond à un profil actif souvent jeune pour lequel la demande fonctionnelle est exigeante. Elle présente des fractures caractérisées par leurs sévérités, propres à la nature des traumatismes subits. Effectivement, ces-derniers sont prédominés par des chutes de lieux élevés (42%) et des accidents de la voie publique (23%).

Il s'agit de lésions instables A3, A4, B2, B3 et C. La spécificité de ce recrutement s'explique par la nature de la technique étudiée qui correspond à une méthode d'arthrodèse invasive. Effectivement, d'autres types de fixations, telles que les ostéosynthèses percutanées ou les expansions vertébrales cimentées, figurent dans l'arsenal thérapeutique mais elles sont généralement appliquées à des fractures moins graves^{81,82}. Le choix stratégique d'une arthrodèse à ciel ouvert repose sur la nécessité d'une stabilisation primaire robuste avec des implants autorisant des manœuvres puissantes de réduction. En conséquence, la survenue des complications mécaniques à court et moyen terme est plus probable^{83,84}.

La majorité des fractures rachidiennes siègent à la charnière thoraco-lombaire⁶⁻⁸. Le secteur sous-lésionnel correspond donc à une zone lombaire plus impliquée dans la mobilité que le secteur thoracique^{85,86}. L'utilisation de montages de longueurs intermédiaires relève d'un challenge dépendant de la fiabilité des ancrages et du souhait de limiter le nombre de niveaux mobiles fusionnés⁸⁷. Les bandes sous-lamaires, en complément des vis pédiculaires, implantées sur la seule vertèbre sous-jacente à la fracture semblent donc répondre à cet objectif. La multiplication des prises sur des zones différentes d'une même vertèbre leur confère une complémentarité pour répondre aux contraintes mécaniques. Cette stratégie

concerne 77% des cas de notre série. Dans d'autres configurations (23%), les bandes sous-lamaïres ont été employées en substitution ou en guise de protection de vis pédiculaires. Ces choix correspondaient à des situations d'échec de visées pédiculaires ou en cas de qualité osseuse médiocre laissant craindre des phénomènes d'arrachement du montage (« pull-out »).

Il s'agit donc d'une technique d'ancrage complémentaire aux vis pédiculaires utile en traumatologie car applicable à la carte. L'avantage est de pouvoir ajouter ces implants à tous les temps de la conception d'un montage classique même après sa finalisation. Les besoins, parfois imprévisibles, de ce contexte chirurgical peuvent donc impliquer ce type de solutions sans planification préalable.

B. Aspect technique

Les bandes sont tressés en polyester biocompatible⁸⁸ dont la résistance doit permettre de réaliser un ancrage anatomique performant selon un encombrement minimal⁶⁸. Leurs formes tubulaires aplaties autorisent une distribution des contraintes au niveau des structures osseuses vertébrales^{70,72,89,90}. Elles peuvent constituer des montages hybrides par combinaisons avec tous types d'implants solidarités à des tiges de diamètres 5.5 ou 6.0 mm^{91,92}.

L'implantation nécessite la réalisation de fenestrations du canal vertébral sus et sous-jacente à la lame concernée. Ce geste technique reste focalisé sur l'espace inter-lamaire ouvrant le ligamentum flavum en conservant un maximum de tissu osseux⁶⁸. En effet, la lame vertébrale doit rester suffisamment conséquente pour supporter la tension de la bande^{68,90}. Aucun phénomène de rupture n'est survenu dans notre expérience malgré la puissance des tensions appliquées pour obtenir la réduction et la stabilisation des fractures instables traitées dans notre série.

La conservation des ligaments inter et sur-épineux est possible voir recommandée à l'extrémité d'une arthrodèse. Ce principe, inconstamment respecté, pourrait contribuer à limiter les lésions déstabilisantes de la région traumatisée. Cependant, par défaut d'informations rétrospectives ce critère n'a pas été étudié.

En présence de troubles neurologiques la réalisation d'une laminectomie de la vertèbre lésée n'empêche pas la conception de montages hybrides ⁶⁸. Cette configuration concerne 11 patients de notre série (15%) sans être à l'origine de faillite mécanique à distance. Une large résection laminaire sus-jacente facilite même techniquement la mise en place de la bande sur la vertèbre sous-jacente.

La constitution de montages de longueurs intermédiaires peut aussi employer des crochets sous-laminaires en substitution des bandes pour obtenir 4 ancrages sur la même vertèbre. Ces implants sont réputés moins stables mécaniquement ^{81,89} et ne réduisent pas le saignement ou le temps opératoire ^{77,89,93}.

C. Efficacité - Morbidité

La réduction sagittale obtenue dans notre série est significativement perceptible en termes de CR. La perte de correction au dernier recul est tolérable (4,2°) et comparable aux données de la littérature. Liang et al.⁹⁴ et Erichsen et al.⁹⁵ retrouvaient une perte respective de 3,8° et 5,6°. Il faut noter une amélioration significative de l'équilibre sagittal global apprécié selon le SSA entre la période postopératoire précoce et le dernier recul (tableau 5).

Cette évolution radiologique favorable s'accompagne de scores cliniques témoignant d'une récupération fonctionnelle satisfaisante avec des gênes résiduelles rarement invalidantes (figure III-4). Ces scores sont comparables à ceux retrouvés dans la littérature ^{95,96}.

Le risque neurologique est nécessairement augmenté par l'introduction des bandes dans le canal vertébral éventuellement en zone médullaire. Cependant, il n'est pas survenu de brèche de dure mère ou de phénomène d'aggravation clinique postopératoire. Il s'agit pourtant de procédures réalisées en contextes d'urgences parfois par des chirurgiens juniors. Il convient de mettre en balance ce risque avec celui des vis pédiculaires en particulier à main levée ^{66,97,98}.

Le temps opératoire moyen (79 min ± 20) constaté dans cette cohorte n'est pas apparu plus allongé que celui décrit par Erichsen et al. ⁹⁵ (moyen = 106 min) ou Leduc et al. ⁹³ utilisant une combinaison de vis pédiculaires et crochets (moyen = 141 min). Il en va de même pour le saignement, évalué dans notre série en moyenne à 280 +/- 130ml.

Une étude spécifiquement dédiée n'a pas constaté d'augmentation du risque d'infection de site opératoire lié à l'utilisation des bandes sous-lamaires⁹⁹. Comme pour les autres implants en titane, l'ablation des bandes n'est pas indispensable, en cas d'infection précoce. Cependant si celle-ci est jugée nécessaire, elle est aisément réalisable.

Les complications constatées dans cette étude sont pour la majorité indépendante de la technique. Les 3 faillites mécaniques déclarées n'ont imposé qu'une seule révision chirurgicale. Il s'agissait d'un cas particulier de fracture sur rachis ankylosé (spondylarthrite ankylosante) pour lequel il est classiquement recommandé de réaliser des montages longs¹⁰⁰. L'incidence de ces événements indésirables reste comparable aux taux décrits dans la littérature^{84,96}.

D. Perspectives

Ce travail ouvre plusieurs perspectives complémentaires. Cette étude clinique démontre l'intérêt de données biomécaniques plus spécifiques de ce type de montages hybrides. Des collaborations déjà établies avec l'institut de biomécanique humaine de l'école nationale d'arts et métiers devraient aller en ce sens. Effectivement, une base de données commune a déjà permis la modélisation de lésions traumatiques et de schémas thérapeutiques.

Au-delà de la description technique, les résultats obtenus gagneraient à être comparés à une série de fractures traitées par des montages longs ou par des montages intermédiaires avec crochets. L'imputabilité des complications mécaniques pourrait ainsi être précisée à condition que la typologie des lésions soit comparable.

Enfin, l'étude des amplitudes de mobilités lombaires résiduelles en fonction du nombre de niveaux fixés serait utile pour justifier la pertinence des montages de longueur intermédiaire.

E. Limites

Cette étude présente plusieurs limites. Son caractère rétrospectif et monocentrique limite la puissance des analyses. Le nombre de données manquantes au dernier recul est cependant caractéristique de ces cohortes de traumatologie.

L'effectif relativement faible ne permet pas d'identifier de facteurs pronostics d'évolution fonctionnelle ou radiographique. Toutefois, la faible diffusion de cette technique en traumatologie réduit les capacités d'inclusion.

Cette étude descriptive ne comporte pas de groupe contrôle et donc encore moins de randomisation. A ce titre, les résultats obtenus dans cette série restent indicatifs et ne peuvent être extrapolés en termes de choix stratégiques.

V. CONCLUSION

L'utilisation des bandes sous-lamaires est applicable à la prise en charge des fractures du rachis thoracique et lombaire de l'adulte. Elles acceptent la réalisation de montages hybrides combinés à des vis pédiculaires.

Elles permettent ainsi de multiplier les ancrages sur une même vertèbre pour réduire le nombre de niveaux fixés ou pour protéger les instrumentations des phénomènes d'arrachement.

Ces montages hybrides permettent une correction significative et pérenne des déformations traumatiques avec des résultats cliniques et radiographiques satisfaisant à 20,5 mois de recul moyen.

VI. TABLE DES ILLUSTRATIONS

Table des figures :

Figure I-1 : Trabéculatation osseuse dans le plan axial (a), sagittal (b) et frontal (c).	26
Figure I-2 : Amplitudes des mouvements rachidiens selon les 3 plans de l'espace	27
Figure I-3 : Traumatisme par compression	28
Figure I-4 : Traumatisme par traction (a : flexion, b : extension)	29
Figure I-5 : SVM de Roy-Camille	30
Figure I-6 : SMR de Junghanns	30
Figure I-7 : Coefficient d'instabilité de Louis	31
Figure I-8 : Classification de Denis	33
Figure I-9 : Classification TLICS	37
Figure I-10 : Classification de l'AO Spine. Morphologie de la fracture	39
Figure I-11 : Classification de l'AO Spine. Algorithme	40
Figure I-12 : Classification de l'AO Spine. Etat neurologique et Modificateurs spécifiques	41
Figure I-13 : Classification Load Sharing de McCormack	42
Figure I-14 : Cyphose Vertébrale (CV) et Cyphose Régionale (CR)	47
Figure I-15 : Courbures rachidiennes physiologiques	48
Figure I-16 : Incidence Pelvienne	49
Figure I-17 : Version Pelvienne	50
Figure I-18 : Pente Sacrée	50
Figure I-19 : Classification de Roussouly modifiée par Laouissat	52
Figure I-20 : Sagittal Vertebral Axis	53
Figure I-21 : Spino Sacral Angle	54
Figure I-22 : Séquence de phénomènes de compensation de l'équilibre sagittal spino-pelvien	56
Figure I-23 : corset thoraco-lombaire 3 points	58
Figure I-24 : Vertébroplastie par SpineJack™ Vexim®	60
Figure I-25 : cimentoplastie lombaire	60
Figure I-26 : Vis poly-axiales (gauche) et mono-axiale (droite)	62
Figure I-27 : Visée pédiculaire thoracique	63
Figure I-28 : Visée pédiculaire lombaire	63
Figure I-29 : Montage hybride par vis pédiculaire et crochet sous-lamaire	64
Figure I-30 : Montage hybride, vis pédiculaire et bande sous-lamaire	65
Figure I-31 : Jazz™ Band et son connecteur d'Implanet®	66
Figure I-32 : Corporectomie avec cage V-Lift® de L2 par lombotomie	67
Figure II-1 : Exemple d'acquisition des données Kéops® à partir d'un télé-rachis	71
Figure II-2 : Arthrodeèse T11-L2 d'une fracture L1	72
Figure III-1 : Répartition des âges lors du traumatisme	74
Figure III-2 : Étiologie des lésions	75
Figure III-3 : Répartition des scores de Frankel	75
Figure III-4 : Score SF-12, composante physique et mentale	76
Figure III-5 : score Oswestry au dernier recul	76

Figure III-6 : score Oswestry au dernier recul selon l'âge	77
Figure III-7 : Classification des fractures selon l'AO Spine	78
Figure III-8 : correction sagittale à 24 mois d'un sujet présentant une fracture A3 de L1,	82
Figure III-9 : Répartition des 3 types de montages	84
Figure III-10 : Complication post-opératoire, reprise chirurgicale pour extension de l'instrumentation T9-L3	87
Figure III-11 : Complication mécanique post-opératoire, rupture des vis pédiculaire en L1	87

Table des tableaux :

Tableau 1 : Abaques des angulations physiologiques selon Stagnara et Guigui	47
Tableau 2 : Valeurs des paramètres sagittaux pelvi-rachidiens en degrés chez des sujets asymptomatiques	54
Tableau 3 : Niveaux et nombre de fractures.....	79
Tableau 4 : Comparaison CV et CR pré et postopératoire précoce, test de Wilcoxon	79
Tableau 5 : Mesures radiologiques pré et postopératoire	80
Tableau 6 : Comparaison des mesures radiologiques postopératoire précoce et à distance.....	81
Tableau 7 : Comparaison des paramètres sagittaux globaux entre 6 semaines postopératoire et suivi jusqu'au dernier recul.....	83
Tableau 8 : Caractéristiques opératoires	85
Tableau 9 : Complications et Reprises chirurgicales	86

VII. RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. Court-Brown CM, Caesar B. **Epidemiology of adult fractures: A review.** *Injury.* 2006 37(8):691-697.
2. Hu, Mustard, Cameron, Richard. **Epidemiology of Incident Spinal Fracture in a Complete Population.** *Spine.* 1996 - Volume 21 - Issue 4 492-499
3. Ponkilainen VT, Toivonen L, Niemi S, Kannus P, Huttunen TT, Mattila VM. **Incidence of Spine Fracture Hospitalization and Surgery in Finland in 1998–2017.** *Spine.* 2020 45(7):459-464.
4. Kumar R, Lim J, Mekary RA, Rattani A, Dewan MC, Sharif SY, et al. **Traumatic Spinal Injury: Global Epidemiology and Worldwide Volume.** *World Neurosurg.* 2018 113:e345-363.
5. Nelson DW, Martin MJ, Martin ND, Beekley A. **Evaluation of the risk of noncontiguous fractures of the spine in blunt trauma.** *J Trauma Acute Care Surg.* 2013 75(1):135-139.
6. Liu B, Zhu Y, Liu S, Chen W, Zhang F, Zhang Y. **National incidence of traumatic spinal fractures in China.** *Medicine.* 2018 97(35).
7. 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: Clinical article.** *J Neurosurg Spine.* 2012 17(5):459-468.
8. Spiegl UJ, Josten C, Devitt BM, Heyde C-E. **Incomplete burst fractures of the thoracolumbar spine: a review of literature.** *European Spine Journal.* 2017 26(12):3187-3198.

9. Tafida MA, Wagatsuma Y, Ma E, Mizutani T, Abe T. **Descriptive epidemiology of traumatic spinal injury in Japan.** *Journal of Orthopaedic Science.* 2018 23(2):273-276.
10. Grivna M, Eid HO, Abu-Zidan FM. **Epidemiology of spinal injuries in the United Arab Emirates.** *World Journal of Emergency Surgery.* 2015 20 : 10-20.
11. Smits AJ, Ouden LP den, Deunk J, Bloemers FW, Group LR. **Incidence of Traumatic Spinal Fractures in the Netherlands: Analysis of a Nationwide Database.** *Spine.* 2020 45(23):1639-1648.
12. Argenson C, Lassale B. **Recent fractures of the thoracic and lumbar spine with or without neurologic disorders.** *Revue Chirurgie Orthopédique et Reparatrice Appareil Moteur.* 1996 82 Suppl 1:61-127.
13. Senegas J. **Thoracolumbar fractures. Pathomorphology and indications for treatment.** *Acta Orthop Belg.* 1998 64(4):354-359.
14. Dosch J-C, Bléry M, Dietemann J-L. **Traumatologie du rachis.** Elsevier-Masson 2012. 9782294729577
15. Lomeli-Rivas A. **Biomecánica de la columna lumbar: un enfoque clínico.** *Acta Ortop Mex.* 2019 7. Vol.33 No.3.
16. Panjabi MM, White AA III. **Basic Biomechanics of the Spine.** *Neurosurgery.* 1980 7(1):76-93.
17. Louis R, Sorbier J, Bonnoit J. **Unstable fractures of the spine. III. Instability. B. Experimental instability. 2. Anatomic experiments.** *Revue de Chirurgie Orthopédique et Reparatrice Appareil Moteur.* 1977 63(5):428-429.
18. Denis F. **The Three Column Spine and Its Significance in the Classification of Acute Thoracolumbar Spinal Injuries.** *Spine.* 1983;8(8):817-831.
19. Magerl F, Aebi M, Gertzbein SD, Harms J, Nazarian S. **A comprehensive classification of thoracic and lumbar injuries.** *Eur Spine J.* 1994 3(4):184-201.

20. Joaquim AF, Fernandes YB, Cavalcante RAC, Fragoso RM, Honorato DC, Patel AA. **Evaluation of the Thoracolumbar Injury Classification System in Thoracic and Lumbar Spinal Trauma.** *Spine*. 2011 36(1):33-36.
21. 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*. 2013 38(23):2028-2037.
22. McCormack T, Karaikovic E, Gaines RW. **The load sharing classification of spine fractures.** *Spine*. 1994 19(15):1741-1744.
23. Parker JW, Lane JR, Karaikovic EE, Gaines RW. **Successful short-segment instrumentation and fusion for thoracolumbar spine fractures: a consecutive 41/2-year series.** *Spine*. 2000 25(9):1157-1170.
24. Dai L-Y, Jin W-J. **Interobserver and intraobserver reliability in the load sharing classification of the assessment of thoracolumbar burst fractures.** *Spine*. 2005 30(3):354-358.
25. Elzinga M, Segers M, Siebenga J, Heilbron E, de Lange-de Klerk ESM, Bakker F. **Inter- and intraobserver agreement on the Load Sharing Classification of thoracolumbar spine fractures.** *Injury*. 2012 43(4):416-422.
26. Frankel HL, Hancock DO, Hyslop G, Melzak J, Michaelis LS, Ungar GH, et al. **The value of postural reduction in the initial management of closed injuries of the spine with paraplegia and tetraplegia.** *Spinal Cord*. 1969 7(3):179-192.
27. El Masry WS, Tsubo M, Katoh S, El Miligui YH, Khan A. **Validation of the American Spinal Injury Association (ASIA) motor score and the National Acute Spinal Cord Injury Study (NASCIS) motor score.** *Spine*. 1996 21(5):614-619.

28. Maynard FM, Bracken MB, Creasey G, Ditunno JF, Donovan WH, Ducker B, et al. **International Standards for Neurological and Functional Classification of Spinal Cord Injury.** *Spinal Cord.* 1997 :9.
29. Kirshblum SC, Burns SP, Biering-Sorensen F, Donovan W, Graves DE, Jha A, et al. **International standards for neurological classification of spinal cord injury (Revised 2011).** *J Spinal Cord Med.* 2011 34(6):535-546.
30. Tropiano P, Blondel B. **Fractures et luxations récentes du rachis thoracique et lombaire de l'adulte.** *EMC - Appareil Locomoteur.* 2009 4(4):1-14.
31. 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.* 1982 7(4):335-342.
32. Guigui P, Levassor N, Rillardon L, Wodecki P, Cardinne L. **Physiological value of pelvic and spinal parameters of sagittal balance: analysis of 250 healthy volunteers.** *Revue de Chirurgie Orthopedique et Reparatrice Appareil Moteur.* 2003 89(6):496-506.
33. Dai L. **Principles of Management of Thoracolumbar Fractures.** *Orthopaedic Surgery.* 2012 4(2):67-70.
34. Freslon M, Bouaka D, Coipeau P, Defossez G, Leclercq N, Nebout J, et al. **Fractures du rachis thoracolombaire.** *Revue de Chirurgie Orthopédique et Réparatrice Appareil Moteur.* 2008 94(4):22-35.
35. Knop C, Fabian HF, Bastian L, Rosenthal H, Lange U, Zdichavsky M, et al. **Fate of the transpedicular intervertebral bone graft after posterior stabilisation of thoracolumbar fractures.** *European Spine Journal.* 2002 11(3):251-257.
36. Roussouly P, Pinheiro-Franco JL. **Sagittal parameters of the spine: biomechanical approach.** *European Spine Journal.* 2011 20 Suppl 5:578-585.

37. Duval-Beaupère G, Schmidt C, Cosson P. **A Barycentremetric study of the sagittal shape of spine and pelvis: the conditions required for an economic standing position.** *Ann Biomed Eng.* 1992 20(4):451-462.
38. Legaye J, Duval-Beaupère G, Hecquet J, Marty C. **Pelvic incidence: a fundamental pelvic parameter for three-dimensional regulation of spinal sagittal curves.** *European Spine Journal.* 1998 7(2):99-103.
39. 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.* 2005 30(3):346-353.
40. Laouissat F, Sebaaly A, Gehrchen M, Roussouly P. **Classification of normal sagittal spine alignment: refounding the Roussouly classification.** *European Spine Journal.* 2018 27(8):2002-2011.
41. Roussouly P, Gollogly S, Nosedà 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.* 2006 31(11):E320-325.
42. Vialle R, Levassor N, Rillardon L, Templier A, Skalli W, Guigui P. **Radiographic analysis of the sagittal alignment and balance of the spine in asymptomatic subjects.** *Journal of Bone Joint Surgery Am.* 2005 87(2):260-267.
43. Barrey C, Jund J, Nosedà O, Roussouly P. **Sagittal balance of the pelvis-spine complex and lumbar degenerative diseases. A comparative study about 85 cases.** *European Spine Journal.* 2007 16(9):1459-1467.
44. Mac-Thiong J-M, Roussouly P, Berthonnaud E, Guigui P. **Sagittal parameters of global spinal balance: normative values from a prospective cohort of seven hundred nine Caucasian asymptomatic adults.** *Spine.* 2010 35(22):E1193-1198.

45. Faundez A, Roussouly P, Le Huec J-C. **Analyse de l'équilibre sagittal du rachis, une révolution dans les approches thérapeutiques des pathologies dégénératives lombaires.** *Rev Med Suisse.* 2011
46. Rehtine GR. **Nonsurgical treatment of thoracic and lumbar fractures.** *Instr Course Lect.* 1999 48:413-6.
47. Goutallier D, Hernigou P, Piat C. **Orthopedic treatment of fractures of the dorsolumbar and lumbar spine with recoil of the posterior corpus wall (burst fracture) without or with minor neurologic lesions.** *Revue Chirurgie Orthopedique Reparatrice Appareil Moteur.* 1988 74 Suppl 2:77-83.
48. Roy-Camille R, Saillant G, Massin P. **Treatment of fracture of the thoracolumbar spine using Böhler's method.** *Revue Chirurgie Orthopedique Reparatrice Appareil Moteur.* 1989 75(7):479-489.
49. Galibert P, Deramond H, Rosat P, Le Gars D. **Preliminary note on the treatment of vertebral angioma by percutaneous acrylic vertebroplasty.** *Neurochirurgie.* 1987 33(2):166-168.
50. Pradhan BB, Bae HW, Kropf MA, Patel VV, Delamarter RB. **Kyphoplasty reduction of osteoporotic vertebral compression fractures: correction of local kyphosis versus overall sagittal alignment.** *Spine.* 2006 31(4):435-441.
51. Wilke H-J, Mehnert U, Claes LE, Bierschneider MM, Jaksche H, Boszczyk BM. **Biomechanical Evaluation of Vertebroplasty and Kyphoplasty With Polymethyl Methacrylate or Calcium Phosphate Cement Under Cyclic Loading.** *Spine.* 2006 31(25):2934-2941.
52. Verlaan J-J, Somers I, Dhert WJA, Oner FC. **Clinical and radiological results 6 years after treatment of traumatic thoracolumbar burst fractures with pedicle screw instrumentation and balloon assisted endplate reduction.** *Spine journal.* 2015 15(6):1172-1178.

53. Hartmann F, Gercek E, Leiner L, Rommens PM. **Kyphoplasty as an alternative treatment of traumatic thoracolumbar burst fractures Magerl type A3.** *Injury*. 2012 43(4):409-415.
54. 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*. 2005 30(3):E73.
55. Collinet A, Charles YP, Ntilikina Y, Tuzin N, Steib J-P. **Analysis of intervertebral discs adjacent to thoracolumbar A3 fractures treated by percutaneous instrumentation and kyphoplasty.** *Orthopaedics Traumatology Surgery Reseach OTSR*. 2020 106(6):1221-1226.
56. Caruso G, Lombardi E, Andreotti M, Lorusso V, Gildone A, Padovani S, et al. **Minimally invasive fixation techniques for thoracolumbar fractures: comparison between percutaneous pedicle screw with intermediate screw (PPSIS) and percutaneous pedicle screw with kyphoplasty (PPSK).** *European Journal Orthopaedic Surgery Traumatology*. 2018 28(5):849-858.
57. Rampersaud YR, Annand N, Dekutoski MB. **Use of minimally invasive surgical techniques in the management of thoracolumbar trauma: current concepts.** *Spine*. 2006 31(11 Suppl):S96-102.
58. Lowery GL, Kulkarni SS. **Posterior percutaneous spine instrumentation.** *European Spine Journal*. 2000 9(Suppl 1):S126-130.
59. Weber BR, Grob D, Dvorák J, Müntener M. **Posterior surgical approach to the lumbar spine and its effect on the multifidus muscle.** *Spine*. 1997 22(15):1765-1772.
60. 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.** *Orthopaedic Traumatology Surgery Reseach OTSR*. 2012 98(6 Suppl):S105-111.

61. Defino HLA, Costa HRT, Nunes AA, Nogueira Barbosa M, Romero V. **Open versus minimally invasive percutaneous surgery for surgical treatment of thoracolumbar spine fractures- a multicenter randomized controlled trial: study protocol.** *BMC Musculoskeletal Disorders.* 2019 20:397-399.
62. Rechtine GR, Bono PL, Cahill D, Bolesta MJ, Chrin AM. **Postoperative wound infection after instrumentation of thoracic and lumbar fractures.** *Journal Orthopaedic Trauma.* 2001 15(8):566-569.
63. Koreckij T, Park DK, Fischgrund J. **Minimally invasive spine surgery in the treatment of thoracolumbar and lumbar spine trauma.** *Journal of Neurosurgery.* 2014 37(1):E11.
64. Obeid I, Vital J-M, Gille O. **Abord du rachis lombaire et de la charnière lombosacrée.** *EMC - Technique Chirurgicales - Orthopédie - Traumatologie.* 2009 4(2):1-10.
65. Wang H, Zhao Y, Mo Z, Han J, Chen Y, Yu H, et al. **Comparison of short-segment monoaxial and polyaxial pedicle screw fixation combined with intermediate screws in traumatic thoracolumbar fractures: a finite element study and clinical radiographic review.** *Clin Sao Paulo Braz.* 2017 72(10):609-617.
66. Kim YJ, Lenke LG, Bridwell KH, Cho YS, Riew KD. **Free Hand Pedicle Screw Placement in the Thoracic Spine: Is it Safe?** *Spine.* 2004 29(3):333-342.
67. Murakami H, Tsai K-J, Attallah-Wasif ES, Yamazaki K, Shimamura T, Hutton WC. **A biomechanical assessment of infra-laminar hooks as an alternative to supra-laminar hooks in thoracolumbar fixation.** *Spine.* 2006 31(9):967-971.
68. Mazda K, Ilharreborde B, Even J, Lefevre Y, Fitoussi F, Penneçot G-F. **Efficacy and safety of posteromedial translation for correction of thoracic curves in adolescent idiopathic scoliosis using a new connection to the spine: the Universal Clamp.** *European Spine Journal.* 2009 18(2):158-169.

69. Canavese F. **Sécurité et efficacité des bandes sous-lamaires et des ostéotomies de Ponte dans le traitement des déformations rigides. Résultats préliminaires d'une série prospective de 20 patients avec des scolioses neuromusculaires.** *Revue de Chirurgie Orthopédique et Traumatologique.* 2016 102 S121
70. Canavese F, Samba A. **Sublaminar polyester bands for the correction of idiopathic and neuromuscular scoliosis.** *Ann Transl Med.* 2020 8(2):32.
71. Rosenfeld S, Kenney S, Rebich E. **Sublaminar polyester band fixation construct in the treatment of neuromuscular scoliosis.** *J Child Orthop.* 2019 13(4):393-398.
72. Sales de Gauzy J, Jouve J-L, Ilharreborde B, Blondel B, Accadbled F, Mazda K. **Use of the Universal Clamp in adolescent idiopathic scoliosis.** *European Spine Journal.* 2014 23(4):446-51.
73. Murakami H, Yamazaki K, Attallah-Wasif ES, Tsai K-J, Shimamura T, Hutton WC. **A biomechanical study of 3 different types of sublaminar wire used for constructs in the thoracic spine.** *Journal Spinal Disorders Tech.* 2006 19(6):442-446.
74. Hamasaki T, Tanaka N, Kim J, Okada M, Ochi M, Hutton WC. **Pedicle screw augmentation with polyethylene tape: a biomechanical study in the osteoporotic thoracolumbar spine.** *Journal Spinal Disorders Tech.* 2010 23(2):127-32.
75. Doodkorte RJP, Belda R, Roth AK, van Rietbergen B, Arts JJ, Lataster LMA, et al. **Ultra-high-molecular-weight polyethylene sublaminar tape as semirigid fixation or pedicle screw augmentation to prevent failure in long-segment spine surgery: an ex vivo biomechanical study.** *Journal Neurosurgery Spine.* 2020;1-9.
76. Roy-Camille R, Roy-Camille M, Demeulenaere C. **Osteosynthesis of dorsal, lumbar, and lumbosacral spine with metallic plates screwed into vertebral pedicles and articular apophyses.** *Presse Med.* 1970 78(32):1447-1448.

77. De Peretti F, Hovorka I, Cambas PM, Nasr JM, Argenson C. **Short device fixation and early mobilization for burst fractures of the thoracolumbar junction.** *European Spine Journal.* 1996 5(2):112-120.
78. Argenson C, Lovet J, de Peretti F, Perraud M, Boileau P, Cambas P, et al. **Osteosynthesis of thoracic and lumbar vertebral fractures using Cotrel-Dubousset material (110 cases).** *Acta Orthop Belg.* 1991 57 Suppl 1:165-75.
79. Moon MS, Choi WT, Moon YW, Kim YS, Moon JL. **Stabilisation of fractured thoracic and lumbar spine with Cotrel-Dubousset instrument.** *Journal Orthopaedic Surgery Hong Kong.* 2003 11(1):59-66.
80. Pesenti S, Lafage R, Henry B, Kim HJ, Bolzinger M, Elysée J, et al. **Deformity correction in thoracic adolescent idiopathic scoliosis.** *Bone Joint Journal.* 2020 102-B(3):376-382.
81. Polirsztok E, Gavaret M, Gsell T, Suprano I, Choufani E, Bollini G, et al. **Sublaminar bands: are they safe?** *European Spine Journal.* 2015 24(7):1441-1449.
82. Vanek P, Bradac O, Konopkova R, Lacy P de, 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: Clinical article.** *J Neurosurg Spine.* 2014 20(2):150-156.
83. Modi HN, Chung KJ, Seo IW, Yoon HS, Hwang JH, Kim HK, et al. **Two levels above and one level below pedicle screw fixation for the treatment of unstable thoracolumbar fracture with partial or intact neurology.** *Journal Orthopaedic Surgery.* 2009 4:28.
84. Park S-R, Na H-Y, Kim J-M, Eun D-C, Son E-Y. **More than 5-Year Follow-up Results of Two-Level and Three-Level Posterior Fixations of Thoracolumbar Burst Fractures with Load-Sharing Scores of Seven and Eight Points.** *Clin Orthop Surg.* 2016 8(1):71-77.

85. Oxland TR. **Fundamental biomechanics of the spine—What we have learned in the past 25 years and future directions.** *Journal Biomech.* 2016 49(6):817-832.
86. Chiba M, McLain RF, Yerby SA, Moseley TA, Smith TS, Benson DR. **Short-segment pedicle instrumentation. Biomechanical analysis of supplemental hook fixation.** *Spine.* 1996 21(3):288-294.
87. Lee CS, Chung SS, Jung HW, Kim ES. **Decision of Posterior Fixation Level by Load-Sharing Classification in Thoracolumbar and Lumbar Burst Fracture.** *J Korean Soc Spine Surgery.* 2016;8(1):27-38.
88. Kock HJ, Stürmer KM, Letsch R, Schmit-Neuerburg KP. **Interface and biocompatibility of polyethylene terephthalate knee ligament prostheses. A histological and ultrastructural device retrieval analysis in failed synthetic implants used for surgical repair of anterior cruciate ligaments.** *Arch Orthop Trauma Surg.* 1994 114(1):1-7.
89. Ilharreborde B, Even J, Lefevre Y, Fitoussi F, Presedo A, Penneçot G-F, et al. **Hybrid constructs for tridimensional correction of the thoracic spine in adolescent idiopathic scoliosis: a comparative analysis of universal clamps versus hooks.** *Spine.* 2010 35(3):306-314.
91. Jazz™ Evo Implanet®. Surgical Technique Guide.
92. Universal Clamp® Spinal Fixation System Surgical Technique Guide. :24.
93. Leduc S, Mac-Thiong J-M, Maurais G, Jodoin A. **Posterior pedicle screw fixation with supplemental laminar hook fixation for the treatment of thoracolumbar burst fractures.** *Can J Surg J Can Chir.* 2008 51(1):35-40.
94. Liang C, Liu B, Zhang W, Yu H, Cao J, Yin W. **Clinical Effects of Posterior Limited Long-Segment Pedicle Instrumentation for the Treatment of Thoracolumbar Fractures.** *J Invest Surgery.* 2020 33(1):25-30.

95. Erichsen CJ, Heyde C-E, Josten C, Gonschorek O, Panzer S, von Räden C, et al. **Percutaneous versus open posterior stabilization in AOSpine type A3 thoracolumbar fractures.** *BMC Musculoskelet Disorders.* 2020 21:74.
96. Moelmer M, Gehrchen M, Dahl B. **Long-term functional results after short-segment pedicle fixation of thoracolumbar fractures.** *Injury.* 2013 44(12):1843-1846.
97. Li G, Lv G, Passias P, Kozanek M, Metkar US, Liu Z, et al. **Complications associated with thoracic pedicle screws in spinal deformity.** *European Spine Journal.* 2010 19(9):1576-1584.
98. Belmont PJ, Klemme WR, Dhawan A, Polly DW. **In vivo accuracy of thoracic pedicle screws.** *Spine.* 2001 26(21):2340-2346.
99. Issa SP, Angelliaume A, Vidal C, Mazda K, Ilharreborde B. **Do Sublaminar Polyester Bands Affect the Outcomes of Postoperative Infections After Adolescent Idiopathic Scoliosis Surgery?** *Journal Pediatric Orthopaedic.* 2017 37(8):e524-9.
100. Robinson Y, Willander J, Olerud C. **Surgical Stabilization Improves Survival of Spinal Fractures Related to Ankylosing Spondylitis.** *Spine.* 2015 40(21):1697-1702.

VIII. ANNEXES

Annexe 1 : Score fonctionnel Oswestry (ODI)

Oswestry v2

Docteur :
Nom :
Prénom :
Date :

Section 1 - Intensité de la douleur

- Je n'ai pas mal actuellement
- La douleur est très légère actuellement
- La douleur est modérée actuellement
- La douleur est plutôt intense actuellement
- La douleur est très intense actuellement
- La douleur est la pire que l'on puisse imaginer actuellement

Section 2 - Soins personnels (se laver, s'habiller, etc...)

- Je peux prendre soin de moi normalement, sans augmenter la douleur
- Je peux prendre soin de moi normalement, mais c'est très douloureux
- Cela me fait mal de prendre soin de moi, et je le fait lentement et en faisant attention
- J'ai besoin d'aide, mais dans l'ensemble je parviens 💎💎 me débrouiller seul
- J'ai besoin d'aide tous les jours pour la plupart de ces gestes quotidiens
- Je ne m'habille pas, me lave avec difficulté et reste au lit

Section 3 - Manutention de charges

- Je peux soulever des charges lourdes sans augmenter mon mal de dos
- Je peux soulever des charges lourdes mais cela augmente ma douleur
- La douleur m'empêche de soulever des charges lourdes à partir du sol mais j'y parviens si la charge est bien placée (par exemple sur une table)
- La douleur m'empêche de soulever des charges lourdes mais je peux déplacer des charges légères ou de poids moyen si elles sont correctement placées
- Je peux seulement soulever des objets très légers
- Je ne peux soulever ni transporter quoi que ce soit

Section 4 - Marche à pied

- La douleur ne limite absolument pas mes déplacements
- La douleur m'empêche de marcher plus de 2 km
- La douleur m'empêche de marcher plus de 1 km
- La douleur m'empêche de marcher plus de 500 m
- Je me déplace seulement avec une canne ou des béquilles
- Je reste au lit la plupart du temps et je me traîne seulement jusqu'au WC

Section 5 - Position assise

- Je peux rester assis sur un siège aussi longtemps que je veux
- Je peux rester assis aussi longtemps que je veux mais seulement sur mon siège favori
- La douleur m'empêche de rester assis plus d'une heure
- La douleur m'empêche de rester assis plus d'1/2 heure
- La douleur m'empêche de rester assis plus de 10 minutes
- La douleur m'empêche de rester assis

Section 6 - Position debout

- Je peux rester debout aussi longtemps que je veux sans augmenter la douleur
- Je peux rester debout aussi longtemps que je veux mais cela augmente la douleur
- La douleur m'empêche de rester debout plus d'une heure
- La douleur m'empêche de rester debout plus d'1/2 heure
- La douleur m'empêche de rester debout plus de 10 minutes
- La douleur m'empêche de rester debout

Section 7 - Sommeil

- Mon sommeil n'est jamais perturbé par la douleur
- Mon sommeil est parfois perturbé par la douleur
- A cause de la douleur, je dors moins de 6 heures
- A cause de la douleur, je dors moins de 4 heures
- A cause de la douleur, je dors moins de 2 heures
- La douleur m'empêche complètement de dormir

Section 8 - Vie sexuelle

- Ma vie sexuelle n'est pas modifiée et n'augmente pas mon mal de dos
- Ma vie sexuelle n'est pas modifiée, mais elle augmente la douleur
- Ma vie sexuelle est pratiquement normale, mais elle est très douloureuse
- Ma vie sexuelle est fortement limitée par la douleur
- Ma vie sexuelle est presque inexistante à cause de la douleur
- La douleur m'interdit toute vie sexuelle

Section 9 - Vie sociale (sport, cinéma, danse, souper entre amis)

- Ma vie sociale est normale et n'a pas d'effet sur la douleur
- Ma vie sociale est normale, mais elle augmente la douleur
- La douleur n'a pas d'effet sur ma vie sociale, sauf pour des activités demandant plus d'énergie (sport par exemple)
- La douleur a réduit ma vie sociale et je ne sors plus autant qu'auparavant
- La douleur a limité ma vie sociale à ce qui se passe chez moi, à la maison
- Je n'ai plus de vie sociale à cause du mal de dos

Section 10 - Déplacements (en voiture ou par les transports en commun)

- Je peux me déplacer n'importe où sans effet sur mon mal de dos
- Je peux me déplacer n'importe où, mais cela augmente la douleur
- La douleur est pénible mais je supporte des trajets de plus de 2 heures
- La douleur me limite à des trajets de moins d'une heure
- La douleur me limite aux courts trajets indispensables, de moins de 30 minutes
- La douleur m'empêche de me déplacer, sauf pour aller voir le docteur ou me rendre à l'hôpital

Annexe 2 : Score fonctionnel Short Form 12 (SF 12)

SF-12

Docteur :
Nom :
Prénom :
Date :

Comment répondre ? Les questions qui suivent portent sur votre santé, telle que vous la ressentez. Ces informations nous permettront de mieux savoir comment vous vous sentez dans votre vie de tous les jours. Veuillez répondre à toutes les questions en cochant la case correspondant à la réponse choisie. Si vous ne savez pas très bien comment répondre, choisissez la réponse la plus proche de votre situation.

1 - Dans l'ensemble, pensez-vous que votre santé est :

- Excellente
- Très bonne
- Bonne
- Médiocre
- Mauvaise

2 - Voici une liste d'activités que vous pouvez avoir à faire tous les jours. Pour chacune d'entre elles, indiquez si vous êtes limité(e) en raison de votre état de santé actuel.

a - Efforts physiques modérés tels que déplacer une table, passer l'aspirateur, jouer aux boules ?

- Oui, beaucoup limité(e)
- Oui, un peu limité(e)
- Non, pas du tout limité(e)

b - Monter plusieurs étages par l'escalier ?

- Oui, beaucoup limité(e)
- Oui, un peu limité(e)
- Non, pas du tout limité(e)

3 - Au cours de ces 4 dernières semaines, et en raison de votre état physique, avez-vous eu les problèmes suivants ?

a - Accompli moins de choses que vous auriez souhaité ?

- Tout le temps
- La plupart du temps
- Quelquefois
- Peu souvent
- Jamais

b - Dû arrêter de faire certaines choses ?

- Tout le temps
- La plupart du temps
- Quelquefois
- Peu souvent
- Jamais

4 - Au cours de ces 4 dernières semaines et en raison de votre état émotionnel (comme vous sentir triste, nerveux(se) ou déprimé(e))

a - Accompli moins de choses que vous auriez souhaité ?

- Tout le temps
- La plupart du temps
- Quelquefois
- Peu souvent
- Jamais

b - Avez-vous eu des difficultés à faire ce que vous aviez à faire avec autant de soin et d'attention que d'habitude ?

- Tout le temps
- La plupart du temps
- Quelquefois
- Peu souvent
- Jamais

5 - Au cours de ces 4 dernières semaines, dans quelle mesure vos douleurs physiques vous ont-elles limité dans votre travail ou vos activités domestiques ?

- Pas du tout
- Un petit peu
- Moyennement
- Beaucoup
- Enormément

6 - Les trois questions qui suivent portent sur comment vous vous êtes senti(e) au cours des ces 4 dernières semaines. Pour chaque question, veuillez indiquer la réponse qui vous semble la plus appropriée. Au cours de ces 4 dernières semaines, y a-t-il eu des moments où :

a - Vous vous êtes senti(e) calme et détendu(e) ?

- Tout le temps
- La plupart du temps
- Quelquefois
- Peu souvent
- Jamais

b - Vous vous êtes senti(e) débordant(e) d'énergie ?

- Tout le temps
- La plupart du temps
- Quelquefois
- Peu souvent
- Jamais

c - Vous êtes-vous senti(e) abattu(e) et triste ?

- Tout le temps
- La plupart du temps
- Quelquefois
- Peu souvent
- Jamais

7 - Au cours de ces 4 dernières semaines, y a-t-il eu des moments où votre état de santé physique ou émotionnel vous a gêné dans votre vie sociale et vos relations avec les autres, votre famille, vos amis, vos connaissances?

- Tout le temps
- La plupart du temps
- Quelquefois
- Peu souvent
- Jamais

Résumé :

Introduction : Les fractures thoraciques et lombaires sont fréquentes en traumatologie rachidienne. Leur prise en charge doit permettre une restauration satisfaisante et pérenne de l'équilibre sagittal global ainsi qu'une protection des structures neurologiques. Celles considérées instables nécessitent une arthrodeèse. La question du nombre de niveaux fusionnés reste débattue. En complément des vis pédiculaires, les crochets laminaires ou les bandes sous-lamaires constituent une option permettant un double ancrage sur une même vertèbre, et ainsi de limiter le nombre de niveaux fusionnés. Les bandes sous-lamaires sont surtout utilisées dans le cadre chirurgical des déformations rachidiennes scoliotiques. Elles sont peu décrites en traumatologie, en particulier chez l'adulte. L'objectif de ce travail était donc de décrire l'évolution radiographique et clinique d'une série d'arthrodeèses postérieures hybrides combinant vis pédiculaires et bandes sous-lamaires appliquées aux fractures sévères de l'adulte.

Matériel et méthode : Une cohorte monocentrique de sujets traités pour des fractures instables (A3, A4, B2, B3 et C) du rachis thoracique et lombaire a été analysée. Les paramètres radiographiques et cliniques ont été recueillis en postopératoire et à un an de recul minimal.

Résultats : Les 73 patients inclus avaient un âge moyen de notre série était de 48 ans. La majorité des lésions était des fractures A3 et A4 selon la classification AO Spine. Une correction durable de la cyphose régionale a été observée, mesurée à $-7,0^\circ$ au recul moyen de 20,5 mois. Les paramètres pelvi-rachidiens montrés des rachis équilibrés dans le plan sagittal. Le score d'Oswestry au dernier recul était de 11 points. Concernant le score SF-12, le PCS était de 42,73 et le MCS de 45,22 points. Le nombre de complications mécaniques était de trois, dont une a nécessité une reprise chirurgicale.

Conclusion : L'utilisation des bandes sous-lamaires en traumatologie est applicable à la prise en charge des fractures instables du rachis thoracique et lombaire. Elles permettent de multiplier les ancrages sur une même vertèbre pour réduire le nombre de niveaux fixés ou protéger l'instrumentation des phénomènes d'arrachement. Ces montages hybrides permettent une correction significative et pérenne des déformations traumatiques avec des résultats cliniques et radiographiques satisfaisants à 20,5 mois de recul moyen.

Mots clés : Arthrodeèse rachidienne ; Fracture instable ; Bande sous-lamaire ; Montage hybride ; Montage intermédiaire ;
