

## Liste des abréviations

EMS: emergency medical system

MVA: motor vehicle accident

C: cervical

T: thoracic

L: lumbar

IVD: intervertebral disc

SP: spinous process

TP: transverse process

CSI: cervical spine injury

RTA: road accident injury

NEXUS : Groupe national d'utilisation des radiographies d'urgence

RCC : critères canadiens de réglementation de la colonne vertébrale

## **Résumé:**

Les collisions de véhicules sont la cause la plus répandue des lésions cervicales. Des accélérations et des décélérations soudaines de la tête et du corps provoquent des forces sur celle-ci. Par conséquent, les vertèbres peuvent être écartées de leur position et les charges transférées à la moelle épinière. Ces blessures graves peuvent provoquer des lésions médullaires accompagnées souvent d'une perte fatale des fonctions corporelles ; et peuvent par fois être mortelles. Le collier cervical est couramment utilisé dans ce cas de blessure. Il est utilisé pour stabiliser la colonne cervicale et constitue l'une des particularités des soins pré-hospitaliers. Toutefois, les preuves existantes en faveur de cette pratique sont limitées: les études cliniques font largement défaut et les effets sur la mortalité, les lésions neurologiques et la stabilité de la colonne cervicale sont incertains. Plus inquiétant encore, il existe de plus en plus de preuves et d'opinions contre l'utilisation de colliers ; beaucoup de spécialistes croient que les colliers font plus de mal que de bien et que nous devrions simplement cesser de les utiliser. C'est dans ce contexte que nous avons mené une étude de conception d'un nouveau collier cervical intelligent. Cette étude est basée sur une méthodologie qui consiste à définir le type et l'emplacement de la blessure au niveau de la colonne cervicale comme première phase. Ensuite, nous avons élaboré un avant projet d'un collier cervical capable de s'adapter aux cous des patients, immobiliser la colonne cervicale, minimiser le danger généré par les colliers actuellement utilisés et sauver les patients de blessures secondaires en se basant sur les propriétés structurelles du collenchyme comme source d'inspiration.

Mots clés: collier cervical intelligent; lésions cervicales; collenchyme, conception, matériaux intelligents.

**Abstract:**

Vehicle collisions are the most common cause of cervical lesions. Sudden accelerations and decelerations of the head and body cause a lot of harm on this later. As a result, the vertebrae can be moved away from their position and the charges can be transferred to the spinal cord. These serious injuries can cause spinal cord injuries, often accompanied by a fatal loss of the body's function; and can sometimes be mortal. The cervical collar is commonly used in this case of injury. It is used to stabilize the cervical spine and is one of the peculiarities of pre-hospital care. However, existing evidence for this practice is limited: clinical studies are largely lacking and the effects on mortality, neurological damage and cervical spine stability are uncertain. More worryingly, there is growing evidence and opinions against the use of cervical collars; many specialists believe that cervical collars do more harm than good and that we should simply stop using them. It is in this context that we conducted a design study of a new smart cervical collar. This study is based on a methodology that defines the type and location of cervical spine injury as the first phase. Then, we developed a draft of a cervical collar that can be able to adapt to the patients' necks, immobilize the cervical spine, minimize the danger generated by the collars currently used and save the patients from secondary injuries based on the collenchyma properties as a source of inspiration.

Keywords: intelligent cervical collar; cervical lesions; collenchyma, design, smart materials.

## الملخص

حوادث المرور هو السبب الأكثر شيوعاً لآفات عنق الرحم. الحركات المتسارعة المفاجئة و المتباطئة للرأس والجسم تسبب اضرار جسيمة على مستوى النخاع الشوكي ، وغالباً ما تكون مصحوبة بفقدان مميت لوظيفة الجسم ؛ ويمكن أن تكون قاتلة في بعض الأحيان. يشيع استخدام الطوق العنقي في هذه الحالة من الإصابة. يتم استخدامه لتحقيق الاستقرار في العمود الفقري العنقي ، وهي واحدة من الاجراءات المتخذة للرعاية قبل المستشفى. ومع ذلك ، فإن الأدلة الحالية لهذه الممارسة محدودة: الدراسات السريرية غير موجودة إلى حد كبير والآثار على الوفيات والأضرار العصبية واستقرار العمود الفقري العنقي غير مؤكدة. والأكثر إثارة للقلق هو الأدلة والآراء المتزايدة حول استخدام طوق العنق. يعتقد العديد من المتخصصين ان هذا الاستعمال يضر أكثر مما ينفع ويجب علينا ببساطة الكف عنه. في هذا السياق، أجرينا دراسة تصميم لطوق عنق ذكي. تعتمد هذه الدراسة على منهجية تحدد نوع وموقع إصابة العمود الفقري العنقي كمرحلة أولى. بعد ذلك ، قمنا بتطوير مسودة لطوق العنق قادرة على التكيف مع رقاب المرضى ، وشل حركة العمود الفقري العنقي ، وتقليل الخطر الناتج عن الياقات المستخدمة حالياً وإنقاذ المرضى من الإصابات الثانوية بناءً على خصائص الكولنشيما كمصدر الهام

الكلمات الرئيسية : طوق عنق ذكي . الكولنشيما . آفات عنق ، التصميم ، المواد الذكية

## **Remerciements:**

Louange à Dieu miséricordieux de m'avoir donné santé, courage, perspicacité et persévérance pour achever ce travail au niveau de la faculté qui clôture mes années de travail acharné et de réflexion.

Je voudrais remercier les membres du jury Pr. HOUMAT A, Pr. BELALIA S.A et Dr. Zinai A. d'avoir accepté d'évaluer ce travail et pour l'intérêt qu'ils ont porté à ce travail en acceptant d'être membres de jury. Je voudrais également exprimer mes sincères remerciements à mon encadreur, Dr. HAMZA-CHERIF S.M., et à mon Co-encadreur, Pr. GHERNAOUT M.A., pour avoir partagé avec moi toutes les informations nécessaires à la réalisation de ce travail. Je leur exprime ma gratitude d'être un exemple de sérieux.

Un grand merci à tous mes professeurs pour leurs conseils, leur aide et leurs encouragements. Je les remercie pour cela et pour tous les bons moments que nous avons partagés.

# Table des matières

<b>Dédicace .....</b>	<b>II</b>
<b>Liste des abréviations.....</b>	<b>III</b>
<b>Résumé.....</b>	<b>IV</b>
<b>Remerciements .....</b>	<b>VII</b>
<b>Table des matières .....</b>	<b>VIII</b>
<b>Liste des figures .....</b>	<b>XIII</b>
<b>Liste des tableaux .....</b>	<b>XX</b>
<b>Introduction.....</b>	<b>1</b>
<b>Chapitre I: Etude préliminaire du projet .....</b>	<b>4</b>
I. Introduction .....	4
II. Contexte du projet et problématique .....	4
II.1. Revue des travaux relatifs aux colliers cervical.....	4
II.2. Outils de décision clinique .....	7
II.3. Types de colliers cervicaux.....	7
II.3.1. Collier cervical souple .....	8
II.3.2. Collier cervical dur ou rigide .....	8
II.3.3. Collier cervical Philadelphia .....	9
II.3.4. Collier cervical Miami J .....	10
II.3.5. Collier cervical d'Aspen .....	11
II.3.6. Collier de type Thomas .....	11
II.4. Formulation de la problématique .....	12
III. Formulation préliminaire du projet .....	12

III.1. déclaration de besoin .....	12
III.2. Contrôle de validité.....	13
V. Conclusion .....	14
<b>Chapitre II: Etude conceptuel du projet .....</b>	<b>15</b>
I. Introduction ... ..	15
II. Analyse fonctionnelle .....	15
III. Analyse fonctionnelle externe .....	16
III.1. Identification des éléments de l'environnement externe .....	16
IV Analyse fonctionnelle interne .....	18
IV.1. Méthode FAST .....	18
IV.2. Structure fonctionnelle du projet .....	20
IV.3. Cahier des charges fonctionnel .....	20
V. Conclusion .....	20
<b>Chapitre III: Anatomie de la colonne cervicale .....</b>	<b>24</b>
I. La colonne vertébrale .....	24
II. La colonne cervicale .....	25
II.1. Anatomie et physiologie de la colonne cervicale .....	25
II.2 : Mouvement normaux de la tête et la colonne cervicale.....	25
II.3 : Elément de la colonne cervicale.....	27
II.4. Les vertèbres cervicales .....	27
II.5. La paire supérieure .....	29
II.6. Le bas cervical .....	32
II.7. Le disque cervical .....	34

II.8. Les ligaments .....	36
II.9. Les joints de facette .....	39
II.10. Muscles .....	40
II.11. La structure nerveuse.....	45
II.12.1 Moelle épinière .....	45
II.12.2. Canal rachidien.....	46
II.12.3. Nerf spinal.....	46
II.12.4. Foramen Intervertébral .....	47
III. Conclusion .....	48
<b>Chapitre IV: Traumatisme de la colonne cervicale .....</b>	<b>49</b>
I. Introduction .....	49
II. Traumatismes médullaires .....	50
II.1. Considération anatomique .....	50
II.2. Physiopathologie des lésions médullaires .....	50
II.3. Examen sensoriel .....	52
III. Blessure à la colonne cervicale .....	52
III.1. Classification des lésions de la colonne cervicale .....	53
III.2. Mécanisme de traumatologie .....	54
III.2.1. Blessures instables .....	55
III.2.1.1: Fractures de la goutte de flexion .....	55
III.2.1.2: Fracture de la goutte en extension .....	58
III.2.1.3: Dislocation d'hyperextension .....	59
III.2.1.4: Luxation bilatérale de la facette .....	60

III.2.1.5: Fracture du condyle occipital de type 3 .....	61
III.2.1.6: Fracture par éclatement du corps vertébral .....	62
III.2.1.7: Fracture de type 3: Atlas .....	63
III.2.1.8: Fracture de Jefferson .....	65
III.2.1.9: Fracture d'odontoïde type 2 .....	66
III.2.1.10: La subluxation / distraction d'Atlanto-axiale .....	67
III.2.1.11: La luxation rotatoire d'Atlanto-axiale .....	68
III.2.1.12: Fracture du hangman .....	69
III.2.1.13: La Luxation / Distraction d'Atlanto Occipital .....	70
III.2.1.14 : Fracture de séparation pédicolaminale.....	72
IV Conclusion .....	73
<b>Chapitre V: Méthodologie de programmation du collier cervical .....</b>	<b>74</b>
I. Introduction .....	74
II. Le diagnostic du patient .....	74
II.1. Présentation de l'idée .....	74
II.2. l'objectif de ce choix .....	74
II.3. Organigramme .....	75
II.4. Discussion des résultats .....	77
II.4.1. Le cas où le patient est en sécurité .....	78
II.4.2. Le cas où le patient est en danger .....	78
II.4.2.1. Lorsque'il s'agit d'un cas ordinaire .....	78
II.4.2.2. Lorsque le cas est spécial pour les adultes .....	79
II.4.2.3. Lorsque le cas est spécial en pédiatrie .....	80

II.4.2.4. Lorsque les symptômes de l'affaire ne correspondent pas aux données importées.....	81
II.4.2.5. Lorsque le gestionnaire a commis une erreur lors de la stabilisation.....	82
II.4.2.6. Lorsque le responsable fait quelque chose de mal avant d'activer le programme.....	82
III. Conclusion .....	83
<b>Chapitre VI: La solution technologique .....</b>	<b>84</b>
I. Introduction .....	84
II. L'idée de la solution technologique .....	84
II.1. La problématique .....	86
III. Le but .....	86
IV. La structure .....	87
IV.2. Système de transformation de l'énergie .....	91
IV.2.1. Spring .....	91
IV.2.2. Mécanisme piézoélectrique .....	92
V. Les solutions technologiques pour chaque cas .....	92
V.1. La première proposition .....	92
V.2. La deuxième proposition .....	93
VI. Le comportement du collier cervical selon le type de prise en charge .....	95
VI.1. Le premier type de gestion .....	95
VI.2. Le deuxième type de gestion .....	96
VI.3. Le troisième type de gestion .....	97
VI.4. Le quatrième type de gestion .....	98
VI.5. Le cinquième type de gestion .....	99

VII. Conclusion .....	100
<b>Conclusion et perspectives.....</b>	<b>101</b>
<b>Les Références.....</b>	<b>103</b>

## La liste des figures

Figure I.1: Le collier cervical mou .....	8
Figure I.2: Le collier cervical dur .....	9
Figure I.3: Le collier Philadelphia .....	10
Figure I.4: Le collier cervical Miami J .....	11
Figure I.5: Le collier cervical d'Aspen .....	11
Figure I.6: Le collier cervical de type Tomas .....	13
Figure I.9: Le diagramme de la bête à corne.....	14
Figure II.1: Les parties de l'analyse fonctionnelle .....	15
FigureII.2: Le diagramme des intérateurs .....	17
Figure II.3: Pourquoi, comment et quand du diagramme FAST .....	18
Figure II.4: Diagramme FAST .....	19
Figure II.5: Structure fonctionnelle du système .....	21
Figure III.1: La colonne vertébrale .....	24
Figure III.2: Les plans du corps humain .....	26
Figure III.3: Mouvements normaux affectés par la tête et la colonne cervicale .....	27
Figure III.4: La colonne cervicale .....	27
Figure III.5: Les vertèbres cervicales .....	28
Figure III.6: La structure osseuse du corps vertébral .....	29
Figure III.7: Vertèbre Atlas .....	29
Figure III.8: La paire supérieure de la colonne cervicale .....	30
Figure III.9: Flexion craniocervicale .....	30

Figure III.10: Extension craniocervicale .....	31
Figure III.11: Vertèbre Axe .....	31
Figure III.12: Mouvement de rotation relatif entre l'atlas et l'axe .....	32
Figure III.13: Le C7 vertébral .....	32
Figure III.14: Le C4 vertébral .....	33
Figure III.15: Points communs entre le C4 (vertébral typique) et le C7 (vertébral atypique)..	33
Figure III.16: Les 7 vertèbres de la colonne cervicale .....	34
Figure III.17: Comportement du disque intervertébral en flexion (a) et en compression (b)...	35
Figure III.18: Vue latérale de la colonne vertébrale pendant l'extension (flexion en arrière)..	36
Figure III.19: Vue latérale de la colonne vertébrale pendant la flexion (flexion avant).....	36
Figure III.20: Les ligaments de la colonne cervicale .....	37
Figure III.21: Différentes vues des ligaments de la colonne cervicale .....	38
Figure III.22: Les facettes articulaires .....	39
Figure III.23: Les vues latérale (A) et supérieure (B) de l'articulation de la facette .....	40
Figure III.24: Le liquide synovial dans les facettes articulaires .....	40
Figure III.25: La composition du muscle .....	41
Figure III.26: Vue antérieure des muscles superficiels et profonds du cou .....	42
Figure III.27: Vue latérale des muscles du cou .....	43
Figure III.28: Vue postérieure des muscles du cou profonds et superficiels .....	43
Figure III.29: La moelle épinière .....	46
Figure III.30: Le canal vertébral .....	46
Figure III.31: Les nerfs spinaux .....	47
Figure III.32: Foramen intervertébral .....	47

FigureIV.1: Les cas de fractures des vertèbres cervicales (A) et des fractures thoraciques (B). .....	51
FigureIV.2: Les cas de fracture de vertèbre lombaire (C) .....	51
FigureIV.3: Dermatomes de la colonne vertébrale. (A) Points sensoriels clés par les dermatomes de la colonne vertébrale. (B) Évaluation de la réponse sensorielle – mamelon, .....	53
FigureIV.4: Fracture de la goutte en flexion .....	58
FigureIV.5: Fracture de la goutte en extension .....	59
FigureIV.6: Dislocation d'hyperextension .....	60
FigureIV.7: Luxation bilatérale de la facette .....	61
FigureIV.8: Fracture du condyle occipital de type 3 .....	62
FigureIV.9: Fracture par éclatement du corps vertébral .....	64
Figure IV.10: Fracture de l'Atlas de type 3.....	64
FigureIV.11: Fracture de type 5 de l'Atlas «Fracture de Jefferson» .....	65
FigureIV.12: Fracture de type processus odontoïde 2 .....	66
FigureIV.13: la Subluxation / distraction d'Atlanto-axiale .....	68
FigureIV.14: la Luxation rotatoire d'Atlanto-axiale .....	69
FigureIV.15: Fracture du hangman .....	71
FigureIV.16: la luxation / distraction d'Atlanto occipitale .....	72
FigureIV.17: Fracture de séparation pédicolaminale .....	72
Figure V.1: Résultats de l'application de l'étude CCR ou NEXUS .....	75
Figure V.2: Mécanismes des traumatismes causés par plusieurs types de traumatismes .....	76
Figure V.3: décision finale du service en fonction de l'âge des patients, des symptômes du cas et du niveau de la blessure .....	77

Figure V.4: Le cas où le patient est sauvé .....	78
Figure V.5: Le cas où il s'agit d'une fracture ordinaire .....	79
Figure V.6: Le cas du patient adulte .....	80
Figure V.7: Le cas où le patient est un enfant .....	80
Figure V.8: Cas où les symptômes ne correspondent pas aux données importées dans le programme.....	81
Figure V.9: Le cas où le gestionnaire fait quelque chose de mal pendant la procédure .....	82
Figure V.10: Le cas où le gestionnaire fait quelque chose de mal avant d'activer le programme .....	83
Figure VI.1: Les cellules du collenchyme .....	84
Figure VI.2: (A) diagramme en coupe transversale de cellules de collenchyme, (B) dessin au trait de cellules de collenchyme angulaires en coupe longitudinale.....	85
Figure VI.3: Types de collenchyme chez les plantes .....	85
Figure IV.4: les quatre pièces du collier cervical .....	87
Figure VI.5: Les éléments permettant de différencier l'architecture du collier cervical .....	89
Figure VI.6: Structure d'une pièce du collier cervical en stabilisation rigide .....	89
Figure VI.7: Structure d'une pièce du collier cervical en stabilisation semi-rigide .....	90
Figure VI.8: La structure d'une pièce du collier cervical en stabilisation douce .....	90
Figure VI.9: la structure du collier cervical dans un cou court avec stabilisation douce .....	91
Figure VI.10: La structure du collier cervical dans un cou court avec stabilisation douce .....	91
Figure VI.11: Le système de ressort .....	92
Figure VI.12: Structure de la première proposition .....	94
Figure VI.13: Structure de la deuxième proposition .....	95

Figure VI.14: Structure des pièces avant et arrière du premier type de gestion.....	96
Figure VI.15: Structure des pièces gauche et droite du premier type de gestion.....	96
Figure VI.16: Structure des pièces avant, gauche et droite du deuxième type de gestion ....	96
Figure VI.17: Structure de l'arrière du deuxième type de gestion .....	97
Figure VI.18: Structure de la partie arrière du troisième type de gestion .....	97
Figure VI.19: Structure des pièces avant, gauche et droite du troisième type de gestion .....	98
Figure VI.20: Structure de la partie arrière du quatrième type de gestion .....	98
Figure VI.21: La structure des pièces avant, gauche et droite du quatrième type de gestion.	98
Figure VI.22: Structure de la partie arrière du cinquième type de gestion .....	99
Figure VI.23: Structure des pièces gauche et droite du cinquième type de gestion.....	99
Figure VI.24: Structure de la pièce avant du cinquième type de gestion .....	99

## Liste des tables

Tableau II.1: Fonction technique et sous-système .....	20
Tableau II.2: Le cahier de charges fonctionnel .....	22
Tableau III.1: Comparaison entre le C4 (vertébral typique) et le C7 (vertébral atypique) .....	33
Tableau III.2: Comparaison entre les 7 vertèbres de la colonne cervicale .....	34
Tableau III.3: Le mouvement que les ligaments de la colonne cervicale peuvent limiter.....	38
Tableau III.4: Les groupes musculaires .....	42
Tableau III.5: Mouvements dans lesquels les muscles de la colonne cervicale peuvent interférer .....	44
Tableau IV.1: Les différentes phases de la lésion qui suivent le traumatisme .....	52
Tableau IV.2: Classification des lésions de la colonne cervicale stables et instables .....	56
Tableau VI.1: Types de prise en charge appropriée du patient .....	88

# Introduction

Les effets d'une lésion de la moelle épinière peuvent être dévastateurs. Les sauveteurs et les autres professionnels de l'urgence devraient donc s'attendre à être appelés à secourir et à gérer les victimes de traumatismes médullaires dans toutes les circonstances. Cela nécessite une compréhension de la blessure, une élaboration de protocoles, une formation appropriée et une préparation des équipements.

Les lésions de la moelle épinière se produisent à une fréquence alarmante dans le monde entier. Bien que les accidents d'automobile comptent pour le plus grand nombre, les activités de loisirs peuvent être la deuxième cause. Dans cette catégorie, les accidents aquatiques sont la majorité. En fait, dans certaines régions, plus de 60% des blessures à la colonne vertébrale liées aux sports et aux loisirs sont liées à la plongée. Ils peuvent se produire en eau libre ou dans la piscine. Leurs causes peuvent être les suivantes: frapper le fond dans des eaux peu profondes, des objets sous-marins, se tordre ou être poussé au fond par des vagues ou des accidents de bateau.

Les lésions de la moelle épinière surviennent généralement chez les jeunes. L'âge moyen est de 28,7 ans, l'âge médian n'étant que de 19 ans. Les hommes représentent 82% de ces victimes et la plupart des blessures se produisent pendant les week-ends d'été. L'alcool, le chahut et un manque de jugement sont souvent des facteurs contributifs.

Quelle que soit la fréquence, une blessure à la colonne vertébrale peut avoir des conséquences graves et peut être encore aggravée par une manipulation inappropriée. Par conséquent, il est essentiel que les sauveteurs fassent preuve d'une grande prudence lorsque l'on peut raisonnablement suspecter une lésion de la moelle épinière. La moelle épinière traverse les os appelés vertèbres, ce qui aide à la protéger des blessures. Elles surviennent le plus souvent dans le cou aux vertèbres cervicales 5, 6 et 7, en raison des forces de flexion. Lorsque des fractures, des luxations ou d'autres lésions vertébrales se produisent avec une force significative, la moelle épinière elle-même peut être endommagée. Cela conduira souvent à une tétraplégie permanente (paralysie des quatre extrémités) et fréquemment à la mort, en fonction des spécificités de la blessure. Même lorsque la victime survit à une blessure à la colonne vertébrale, l'impact peut être dévastateur pour la victime et sa famille. Des soins futurs tout au long de la vie et des dépenses considérables (souvent publiques) seront nécessaires.

L'épidémiologie des lésions de la colonne vertébrale est bien connue et les recherches en matière de traitement médical et chirurgical sont énormes. Malheureusement, les techniques permettant de stabiliser et de transporter les victimes d'une blessure à la colonne vertébrale présumée ont été développées de manière assez subjective, avec des études scientifiques limitées. Aucune étude significative n'est disponible sur les techniques nécessaires pour sauver le patient, et ces techniques sont le premier et probablement le plus important maillon de la chaîne de soins des lésions de la colonne vertébrale. Le traitement des lésions présumées de la moelle épinière est généralement axé sur l'objectif de ne causer aucun dommage par inadvertance. Dans certains cas, un traumatisme initial à la colonne vertébrale peut ne pas avoir de conséquences graves immédiates, mais une manipulation plus poussée de la colonne vertébrale par la victime ou les sauveteurs peut entraîner des blessures permanentes, voire la mort. C'est la raison pour laquelle le traitement approprié de ces victimes par les sauveteurs est si crucial. Les protocoles standard de traitement des blessures à la colonne vertébrale présumées se concentrent sur l'immobilisation de la victime afin d'éviter des blessures supplémentaires. Diverses techniques ont été développées à cet effet. Chacun a ses avantages et inconvénients spécifiques, qui varient selon les conditions et les situations.

Notre volonté, que nous essayions d'accomplir lors de ce modeste travail, était de trouver la meilleure solution pour traiter ces problèmes en nous concentrant sur les problèmes résultant de la pire manipulation de la colonne cervicale au stade pré-hospitalier qui est une phase très sensible. Et que personne ne peut savoir exactement combien de temps elle pourrait durer, en particulier dans les endroits où il y a des circonstances qui ont un effet négatif (par exemple, la guerre, pour l'armée, les pays du tiers monde, etc.). À ce travail, nous devons effectuer une étude préliminaire des colliers cervicaux existants et utilisés pour le stade pré-hospitalier afin de définir correctement les principes conceptuels du projet. L'étude de l'anatomie de la colonne cervicale sera une procédure nécessaire pour pouvoir juger les traumatismes qui causent les blessures catastrophiques de celle-ci plus tard. Nous voulons trouver le bon moyen de stabiliser ces blessures de manière appropriée, peu importe la façon dont les conditions qui contrôlent le stade pré-hospitalier peuvent changer; cela pourrait assurer la sécurité du patient. En guise de solution, nous devons concentrer sur la coté de programmation du collier cervical dans le but de prendre les bonnes décisions dans ce stade délicat. Par la bonne décision, nous voulons dire que ce collier cervical devra être capable de définir le type de fracture et son emplacement en fonction de la cause du traumatisme et mécanisme et avec sa structure

spéciale ce collier s'adaptera à ces différents types de fractures de la bonne manière pour assurer à la fois la sécurité et le confort du patient.

*Ce chapitre concerne la phase préliminaire du projet. Son objectif principal est de vérifier que l'idée de ce travail peut être concrétisée.*

### **I. Introduction**

Pendant de nombreuses années, les colliers cervicaux n'ont présenté aucune innovation apparente. Les méthodes manuelles traditionnelles de création de colliers cervicaux personnalisés présentent de nombreux inconvénients, notamment un travail intensif, un processus long et imprécis qui peuvent affecter le confort de ces derniers et limiter la qualité du traitement. Aujourd'hui, les concepteurs devraient penser à pousser les colliers cervicaux à un niveau supérieur en utilisant des méthodes intégrant des technologies innovantes et de nouveaux matériaux, contribuant ainsi à un traitement plus précis. Il existe une grande variété de colliers cervicaux présentant différentes caractéristiques pour les indications cliniques, en divers matériaux, préfabriqués de plusieurs tailles.

### **II. Contexte et problématique du projet**

Les colliers cervicaux sont principalement utilisés dans les lésions traumatiques du cou ou de la tête et ces applications sont très importantes dans le cas des lésions de la moelle épinière. Ce dispositif est utilisé en situation d'urgence pour l'immobilisation et la prévention de blessures ultérieures. Les colliers cervicaux sont également utilisés pour traiter les douleurs au cou.

#### **II.1. Revue des travaux relatifs aux colliers cervicaux**

Une revue détaillée des différents travaux relatifs aux colliers cervicaux est présentée dans la suite ainsi que les différentes conclusions des travaux de recherche sur leur utilisation.

Les principes d'immobilisation et de fabrication de colliers étaient utilisés dans la guerre du Vietnam en 1960.

**1976:** un chirurgien orthopédiste de l'hôpital Lakeland memorial de Wisconsin a publié un article intitulé «La mort dans un fossé». Il a expliqué que les médecins devaient appliquer un collier cervical afin d'empêcher le retrait inefficace des victimes de leur véhicule (Farrington 1976).

## *Chapitre I : Etude préliminaire du projet*

**1999:** une détérioration neurologique sévère et même la mort a été rapportée chez des patients atteints de spondylarthrite ankylosante comme conséquence directe de l'immobilisation, (Papadapolos et Al 1999).

**1999:** Lorsque les colliers rigides sont utilisés conjointement avec un équipement d'immobilisation de la colonne vertébrale sur toute leur longueur, la respiration est limitée, (Sugarman et Totten 1999).

**2001:** les recommandations du Royaume-Uni se réfèrent à des éléments de preuve indiquant que les colliers cervicaux peuvent compliquer l'évaluation et causer des dommages (Kwan 2001).

**2003:** les patients adultes ne sont pas susceptibles de souffrir d'une lésion cervicale cliniquement significative (Stiel et al 2003).

**2004:** des colliers rigides correctement ajustés permettent toujours plus de 30 degrés de flexion, d'extension et de rotation (James et al 2004).

**2004:** d'après Morris (Morris et al 2004) les patients présentant une blessure à la tête sont huit fois plus susceptibles de subir une blessure aux vertèbres (C1-C4) et que la pratique actuelle nécessite probablement l'immobilisation avec un collier cervical si une blessure à la tête ou au cou est suspectée.

**2005:** d'après Kwan et Bunn (Kwan et Bunn 2005) les patients immobilisés sont plus susceptibles de développer une douleur supplémentaire.

**2007:** les patients présentant des affections généralisées telles que la rigidité de la colonne vertébrale sont à risque (Thubikat 2007).

**2009:** Benger et Blackham (Benger et Blackham 2009) expliquent que l'application des colliers cervicaux est basée sur les 4 principes suivants: un mouvement ultérieur exacerbera cette blessure; colliers cervicaux empêchent le mouvement; l'application des colliers est un processus sûr et peut donc être appliquée à un grand nombre de patients par mesure de précaution.

**2010:** (Demond 2010) rien n'indique que l'immobilisation de la colonne cervicale prévienne les lésions secondaires.

**2010:** Les colliers rigides peuvent augmenter la distance entre les vertèbres C1 et C2 (Ben-Galim et al 2010).

**2010:** Ben-Galim et al (Ben-Galim et al 2010) ont identifié qu'en général l'application de colliers rigides avait pour effet de repousser la tête des épaules avec une augmentation moyenne de 7,3 mm entre les vertèbres C1 et C2.

**2013:** d'après Plumb et Morris (Plumb et Morris 2013) même en présence d'une blessure, un mouvement mineur supplémentaire de la colonne cervicale est probablement sans conséquences.

**2013:** Même si des mouvements supplémentaires étaient susceptibles de causer une blessure, les colliers cervicaux rigides ne permettent pas d'immobiliser la colonne cervicale de manière très efficace (Thomas 2013).

**2013:** l'application d'équipements d'immobilisation retarde le traitement et le transport vers les soins définitifs, ce qui peut augmenter la morbidité et la mortalité (Morissey 2013).

**2013:** d'après Dixon, Halloran et Cummins (Dixon, Halloran et Cummins 2013) la preuve de l'application avec succès du collier cervical rigide est faible.

**2013:**, les cliniciens préhospitaliers du Royaume-Uni immobilisaient le patient plutôt que de chercher si ce patient avait besoin d'immobilisation (Lovegrav et Davis 2013).

**2014:** une évaluation des données probantes actuelles suggère qu'un changement de pratique est fortement justifié et que les services du système médicales des urgences du monde entier commencent à réagir (Sundstrom et al 2014).

**2015:** d'après Bled (Bled Soe 2015), les colliers souples ne présentaient pas des complications que celles des colliers rigides.

**2015:** la grande majorité des preuves dont nous disposons nous indiquaient que l'immobilisation cervicale n'était pas nécessaire et que les colliers rigides ne réalisent pas l'immobilisation, (Connor et al 2015).

**2015:** les directives britanniques demandent toujours aux cliniciens d'appliquer les colliers cervicaux aux patients. Elle admet elle-même que l'instruction est fondée sur une pratique historique plutôt que scientifique (Connor et al 2015).

**2016:** d'après Emergency Care Institute (Emergency Care Institute 2016) les services de Northway de la Californie et de l'Australie ont tous abandonné l'utilisation du collier cervical rigide avant l'hospitalisation.

**2017:** les colliers cervicaux ont toujours été considérés comme une mesure relativement inoffensive; les preuves suggèrent que l'application de colliers cervicaux peut être nocive pour les patients (Pratiques paramédicales 2017).

**2018:** les données utilisées par les agences pré hospitalières pour justifier les critères d'immobilisation et leur application ou non est mal connue (The Trauma Pro 2018).

**2019:** il est maintenant largement admis que les panneaux arrière rigides permettent toujours un mouvement important de la colonne vertébrale et que les outils d'ambulance offrent un niveau similaire de restriction de mouvement sans les risques d'atteinte. En outre, l'utilisation de colliers cervicaux est actuellement remise en cause (Protocoles pré hospitaliers d'urgence 2019).

### **II.2. Outils de décision clinique**

Afin de remédier à la mauvaise utilisation de l'immobilisation cervicale, beaucoup de chercheurs ont plaidé en faveur de la mise en place d'outils de sélection pour aider à identifier les patients à faible risque et qui ne nécessitent pas de stabilisation. Le NEXUS (Groupe national d'utilisation des radiographies d'urgence) et le RCC (critères canadiens de réglementation de la colonne vertébrale) ont été développés à l'origine pour aider les médecins à déterminer les patients traumatisés nécessitant une imagerie de la colonne cervicale et de réduire l'exposition des patients aux rayons X. Des protocoles similaires à NEXUS se sont révélés être des outils de sélection utiles pour la stabilisation de la colonne vertébrale avant l'hospitalisation. Les chercheurs ont mis en place un protocole de stabilisation sélective semblable à NEXUS. Les auteurs (Stroh et Braude 2001) dans une revue rétrospective ont rapporté que ce protocole présentait une sensibilité de 99% pour la stabilisation correcte des patients présentant une lésion cervicale réelle.

### **II.3. Types de colliers**

De nombreux types de colliers cervicaux ont été développés, les plus importants étant ceux utilisés au stade pré-hospitalier, une phase très sensible pour le patient.

### **II.3.1. Collier cervical souple**

Pour les patients nécessitant un minimum de soutien pour le cou et la tête, les colliers de cou souples sont le meilleur choix. Ils maintiennent le cou et la tête stables tout en évitant les blessures. Ils n'immobilisent pas complètement le cou, mais limitent les mouvements du cou et de la tête. Ils fournissent un soutien musculaire pendant le mouvement. Les colliers souples sont fabriqués en mousse de polyuréthane dense avec une enveloppe extérieure qui évacue l'humidité voir, figureI.1.



**Figure I.1:** Collier cervical souple

### **II.3.2. Collier cervical rigide**

Fabriqués à partir de plastique moulé, les colliers cervicaux rigides offrent un bon soutien. Il limite les mouvements du cou en avant et en arrière. Le collier rigide est principalement prescrit aux personnes ayant subi une intervention chirurgicale ou après une blessure grave à la tête ou au cou. Les colliers rigides sont disponibles dans une variété de tailles pour s'adapter au cou du patient. La couche externe comprend un support thermoplastique dur, tandis que la couche interne est constituée d'un rembourrage doux. Il est important de porter correctement le col dur. Il est important que le collier soit ajusté suffisamment serré pour offrir un soutien suffisant au cou, voir figureI.2.

---

<sup>1</sup> <https://www.google.com/search?q=cervical+spine+collar+at+prehospital>



2

**Figure I.2:** Collier cervical rigide

### **II.3.3. Collier cervical Philadelphia**

Philadelphia est un col en mousse rigide avec une pièce à l'avant et au dos, qui sont fixés sur les côtés avec du velcro. La partie supérieure de ce collier soutient la mâchoire inférieure, tandis que la partie d'extension couvre la colonne vertébrale thoracique supérieure. Le collier de Philadelphia est principalement utilisé dans des conditions nécessitant de plus grandes restrictions de mouvement. Cela inclut les fractures de la colonne vertébrale supérieure, la chirurgie de fusion cervicale ou une souche cervicale. Il a une conception en deux pièces, où le devant et le dos sont maintenus ensemble par des bandes Velcro. Il s'agit d'un matériau léger en mousse de polyéthylène en deux pièces avec des supports en plastique résistant à l'avant et à l'arrière. Lorsque vous portez, vous devez vous assurer que le col est placé au centre et que les bandes Velcro sont bien appliquées. Il offre une stabilisation rigide, voir figureI.3.



3

**Figure I.3:** Col de Philadelphie

<sup>2</sup> <https://www.google.com/search?q=cervical+spine+collar+at+prehospital+stage>

<sup>3</sup> <https://www.google.com/search?q=cervical+spine+collar+at+prehospital+stage>

### **II.3.4. Collier cervical Miami J**

Souvent connu comme la forme avancée du collier de Philadelphie, Miami J est conçu pour offrir un confort supplémentaire aux patients souffrant de blessures à la nuque. La taille et l'ajustement du collier Miami J sont variables pour offrir le meilleur confort au patient. Il est livré avec une attelle d'extension thoracique supplémentaire qui fournit un soutien et une protection à la colonne vertébrale thoracique. Le design de Miami est similaire à celui du collier de Philadelphie, à l'exception de l'ajout d'un corset d'extension thoracique. Il comprend les parties avant et arrière reliées par des bandes velcro. L'intérieur des bretelles est recouvert d'un rembourrage protecteur qui procure un confort et empêche l'irritation de la peau et les démangeaisons, voir figure I.4.



4

**Figure I.4:** Collier cervical de Miami J

---

<sup>4</sup> <https://www.google.com/search?q=cervical+spine+collar+at+prehospital+stage>

### **II.3.5. Collier cervical Aspen**

Le collier cervical Aspen est similaire aux colliers Philadelphia et Miami-J dans la plupart des cas de conception et d'utilisation. La seule différence est le type de matériau utilisé pour le rembourrage. Les attelles cervicales Aspen utilisent des matériaux de rembourrage beaucoup plus respirant que les deux autres types de colliers cervicaux. Il comporte un trou au centre aux fins de la trachéotomie, voir figureI.5.

5



**FigureI.5:** Collier cervical Aspen

### **II.3.6. Collier de type Thomas**

Ce type de collier cervical est moins utilisé. Il est fabriqué en plastique vinylique et comporte de petits trous pour la ventilation. Sa conception est similaire à celle des colliers mous. Son seul point de différenciation réside dans l'utilisation de matériaux résistants. Il offre un rembourrage en mousse sur les côtés supérieur et inférieur des orthèses, voir figureI.6.



**FigureI.6:** Col de type Tomas

<sup>5</sup> <https://www.google.com/search?q=cervical+spine+collar+at+prehospital+stage>

<sup>6</sup> <https://www.google.com/search?q=cervical+spine+collar+at+prehospital+stage>

## **II.4. Formulation de la problématique**

Après avoir passé en revue les résultats des études précédentes, nous avons conclu que l'utilisation de ce dispositif à titre préventif est discutable et nécessite beaucoup de réflexion, car il n'existe aucune preuve scientifique documentée qui défend la nécessité de son utilisation ou de son élimination définitive au stade pré-hospitalier. Cela nous permet de mettre en avant l'idée d'un collier cervical intelligent pouvant être fabriqué spécialement pour le stade pré-hospitalier. Cette idée est basée sur la réflexion à plusieurs questionnements, dont les plus importantes sont les suivantes:

1. Le seul facteur qui différencie le choix du collier cervical adapté au stade pré-hospitalier est la taille du cou, suffit-il à assurer la sécurité totale du patient?
2. Que se passe-t-il si le patient a besoin d'un type de gestion spécial, d'une stabilisation souple ou rigide ou semi-rigide? Et bien sûr toute force supplémentaire causera même beaucoup plus de tort.
3. Que se passe-t-il si le cou ne doit être protégé que par un type de mouvement, comme la flexion, l'extension ou la rotation uniquement, alors pour quelle raison immobiliser toute la colonne cervicale et causer un inconfort au patient?
4. Le patient peut avoir plusieurs types de fractures en même temps, le collier cervical normal est-il le bon choix pour s'adapter à tous ces cas à la fois?
5. La stabilisation rachidienne ne doit jamais retarder ni empêcher une intervention permettant de sauver des vies chez les patients traumatisés, grièvement blessés; le collier cervical normal utilisé au stade pré-hospitalier peut-il vraiment respecter ces conditions?

## **III. Formulation préliminaire du projet**

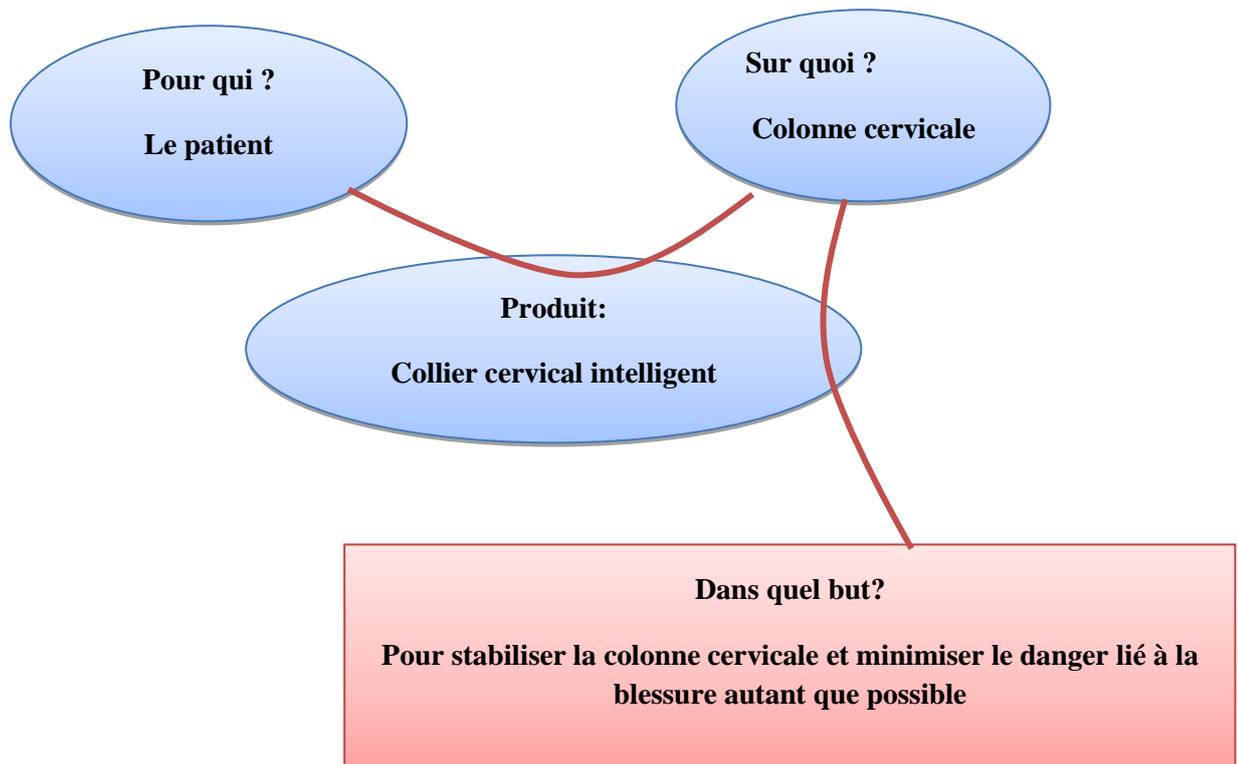
La formulation préliminaire est la première phase d'un projet. Elle est fondamentale, car elle doit permettre de préciser les enjeux du projet, de consolider le bien de son existence ou de le rejeter.

### **III.1. Déclaration du besoin**

Avant de concevoir un système, il est nécessaire de s'assurer que le produit répond réellement à un besoin, d'où l'énoncé du besoin clair et précis. La méthode d'expression du besoin repose sur trois questions:

- 1) A qui le produit sert-il?
- 2) Sur quoi travaille le produit?
- 3) Dans quel but?

Ces questions donnent le diagramme suivant, voir figure I.7:



**Figure I.7:** Diagramme de la bête à corne

### **III.2. Contrôle de validité**

Pour valider l'expression du besoin, les questions supplémentaires suivantes doivent être posées:

#### *1. Pourquoi le système existe-t-il?*

La sensibilité de la région du corps humain sur laquelle est installé le collier cervical nécessite beaucoup de soin et de prudence, car il est placé sur le cou du patient, car toute erreur peut entraîner des résultats catastrophiques. Le système existe pour :

- Stabiliser la colonne cervicale,
- minimiser le danger,

- sauver les patients de blessures secondaires,
- sécuriser le stade pré-hospitalier,

2. *Qu'est-ce qui pourrait faire disparaître ou évoluer le besoin?*

Cette question permet de valider la stabilité du besoin; il permet également d'anticiper le changement du besoin.

- L'évolution technologique d'autres types de colliers cervicaux pour le stade pré-hospitalier autres que ceux mentionnés ci-dessus semble aujourd'hui encore limitée ou inexistante. Dans le contexte défini ci-dessus, le risque de disparition est faible. Le besoin est validé donc le projet est stable.

#### **IV. Conclusion**

Cette étude préliminaire nous a permis de décrire les spécificités du projet et en définissant le besoin ainsi que sa stabilité.

*Dans ce chapitre, la configuration générale du système est déterminée sur la base de l'analyse conceptuelle.*

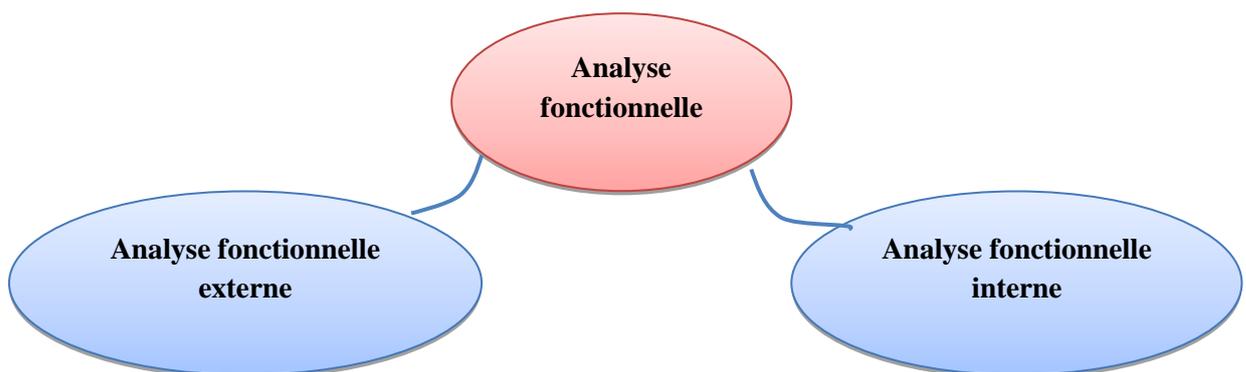
## **I. Introduction**

La méthodologie de l'analyse conceptuelle remonte à l'époque de Platon et a été la principale méthodologie utilisée par les philosophes depuis. La principale raison d'utiliser l'analyse conceptuelle est de comprendre le sens d'une idée ou d'un concept. La deuxième raison est de déterminer comment cette idée ou ce concept est lié à d'autres problèmes importants. Bien que l'analyse conceptuelle soit principalement utilisée par les philosophes en ce qui concerne les idées abstraites, ce type d'analyse revêt une grande importance pour toutes les autres disciplines universitaires.

## **II. Analyse fonctionnelle**

L'analyse fonctionnelle permet de décrire un système par les fonctions qu'il doit remplir, mais également par les contraintes qu'il subira. Elle consiste à rechercher, caractériser, ordonner, hiérarchiser et valoriser les fonctions. L'analyse fonctionnelle est divisée en deux parties, voir Figure I.1:

- Analyse fonctionnelle externe.
- Analyse fonctionnelle interne.



**Figure I.1:** Parties de l'analyse fonctionnelle

### **III. Analyse fonctionnelle externe**

L'analyse fonctionnelle externe décrit le point de vue de l'utilisateur. Le produit est une "boîte noire" capable de fournir des services dans son environnement au cours de son cycle d'utilisation.

#### **III.1. Identification des éléments de l'environnement externe**

L'examen de l'environnement du système conduit à:

- 1) Identifier les composants externes (tout ce qui est en contact direct ou indirect avec le produit).

Dans notre cas, les éléments de l'environnement externe sont:

1. Opérateur.
2. Patient.
3. Colonne cervicale.
4. Environnement.
5. Normes.
6. Commande.
7. Energie.
8. Temps.
9. Prix.
10. Muscles.

- 2) Etablir la relation entre le produit et les composants externes en termes de fonctions appelées fonctions de service.

Le diagramme suivant donné par la figure suivante (Figure II.2) représente le diagramme des interacteurs.

FP1: stabiliser la colonne cervicale avec précision au stade pré-hospitalier.

FC1: utiliser de l'énergie.

FC2: être esthétique.

FC3: être commercialisé à un prix raisonnable.

FC4: respecter des normes de sécurité pour les utilisateurs.

FC5: assurer la sécurité de la colonne cervicale.

FC6: respect de l'environnement (recyclable ...).

FC7: respecter la charge à manipuler.

FC8: respecter les délais de conception et de réalisation.

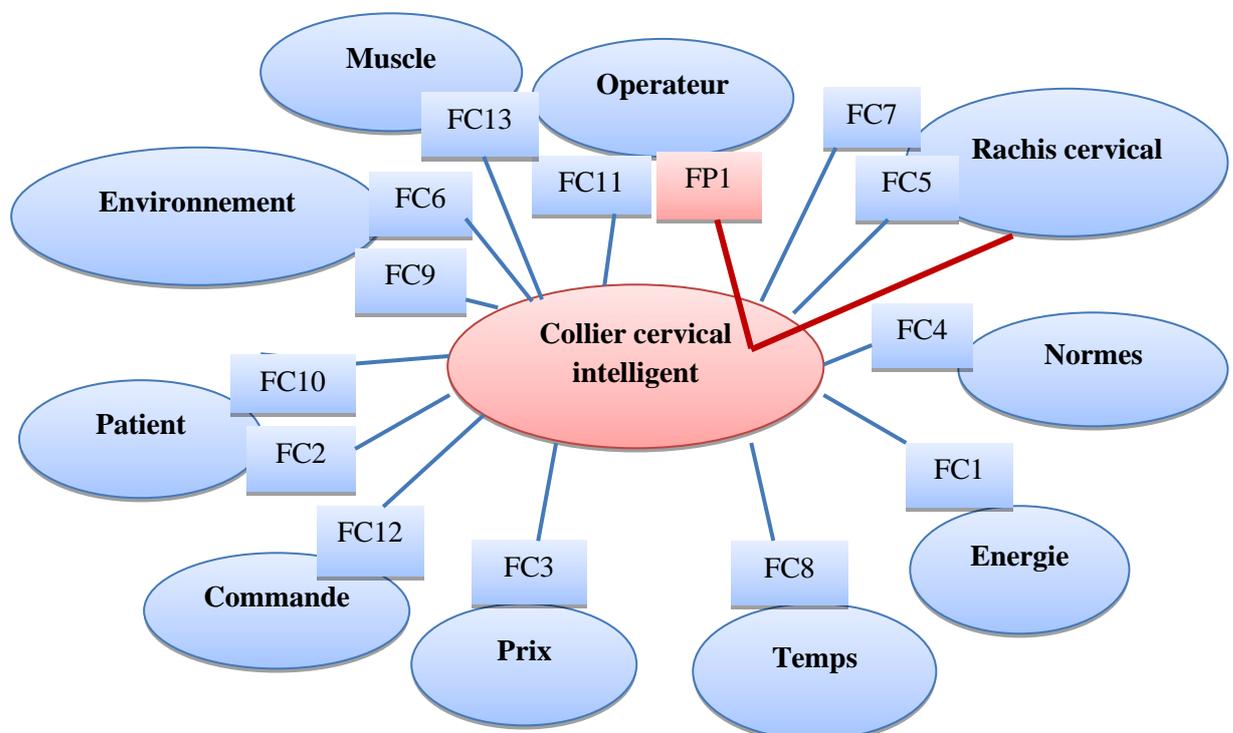
FC9: résister aux différentes situations de l'environnement.

FC10: assurer le confort du patient (il doit être étanche, hygiénique, ventilé, léger...).

FC11: facile à mettre en œuvre par l'utilisateur.

FC12: commande du système.

FC13: prévient l'atrophie musculaire.



**Figure II.2:** Diagramme des interacteurs

#### IV. Analyse fonctionnelle interne

L'analyse fonctionnelle interne décrit le point de vue du concepteur chargé de fournir le produit répondant aux besoins exprimés. Le système n'est plus considéré comme une boîte noire, mais l'analyse se concentre sur l'intérieur de la boîte pour comprendre ses caractéristiques internes. Le système est considéré comme un ensemble de composants dont chacun remplit certaines fonctions. L'analyse fonctionnelle interne met en évidence les fonctions techniques.

##### IV.1. Méthode FAST

Le diagramme FAST (Function Analysis System Technic) permet de traduire chaque fonction de service en fonctions techniques, puis en solutions techniques. Une fois les fonctions de service identifiées, cette méthode les ordonne et les décompose logiquement pour aboutir aux solutions techniques de réalisation. Cette méthode est basée sur une technique interrogative. En partant d'une fonction principale, il présente les fonctions dans un ordre logique en répondant aux trois questions suivantes (Figure II.3):

- Pourquoi? Pourquoi une fonction devrait-elle être fournie?
- Comment? Comment cette fonction devrait-elle être assurée?
- Quand? Quand cette fonction devrait-elle être fournie?

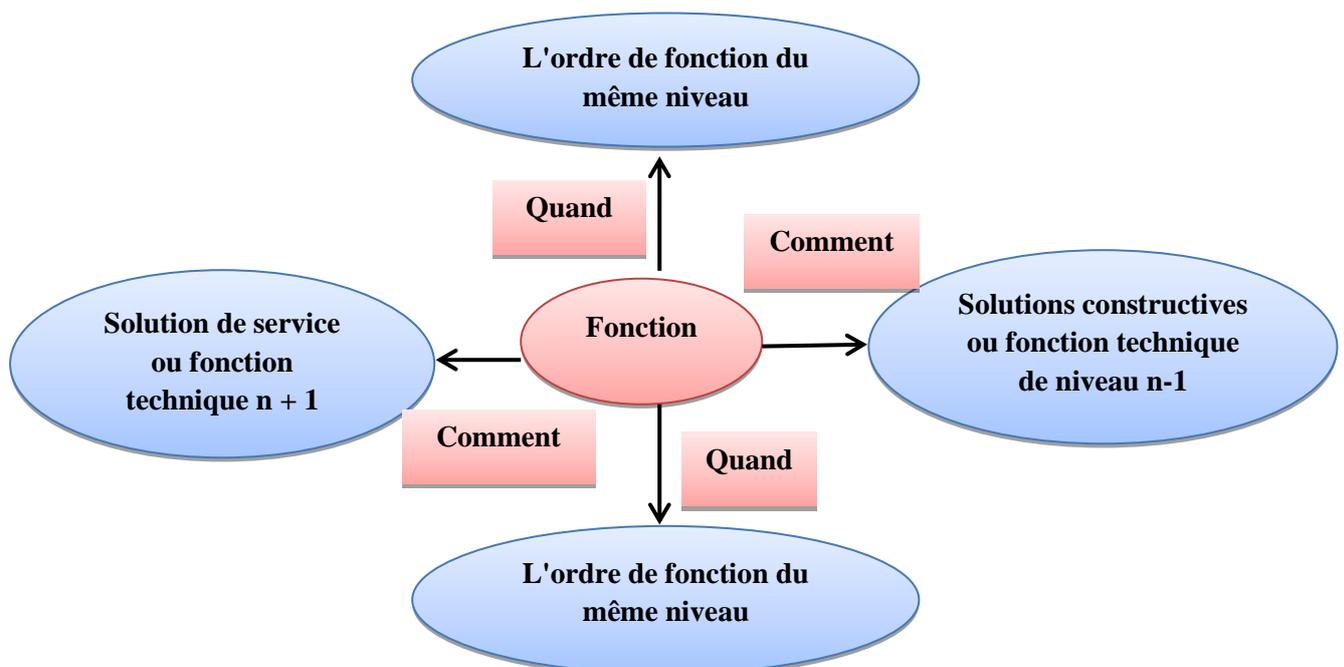
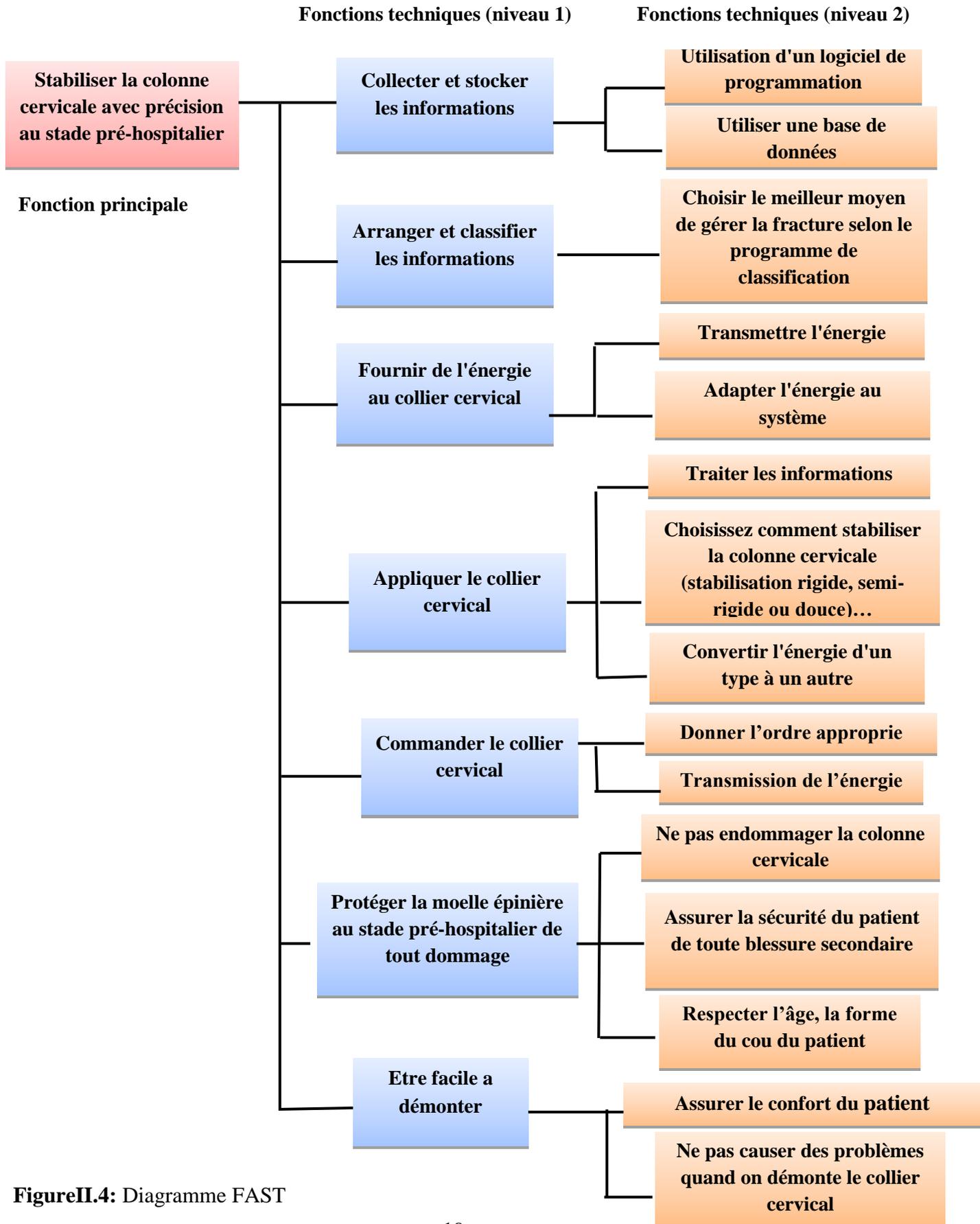


Figure II.3: Pourquoi, comment et quand du diagramme FAST

Le diagramme FAST de la fonction principale: «stabiliser la colonne cervicale avec précision au stade pré-hospitalier» est donné par la figure suivante.



FigureII.4: Diagramme FAST

#### IV.2. Structure fonctionnelle du projet:

Il est très important de noter qu'après la réalisation de l'arborescence fonctionnelle, les sous-systèmes du produit apparaissent, ils sont donnés par:

**Tableau II.1:** Fonctions techniques et sous-système.

Fonctions techniques	sous-système
collecter et stocker les informations	Sous-système pour collection et stockage d'informations
Arranger et classifier les informations	Sous-système de classification des informations
Fournir de l'énergie au collier cervical	sous-système de la fourniture d'énergie
Exécuter le collier cervical	Sous-système d'exécution
Commande du collier cervical	Sous-système de commande
Protégez la colonne vertébrale	Sous-système de protection

Ces sous-systèmes couvrent tous les aspects de la conception sur lesquels il faudra travailler au cours de la phase de recherche de concept. Voir la structure fonctionnelle du système dans la figure suivante (Figure II.5).

#### IV.3. Cahier des charges fonctionnel

Le cahier des charges fonctionnel est un document formalisant un besoin, détaillant les fonctionnalités attendues du système, ainsi que les contraintes (techniques, réglementaires, budgétaires ...) auxquelles il est soumis, voir Tableau II.2.

#### V. Conclusion

L'objectif de ce chapitre est de proposer une approche permettant de rechercher la fonction principale du produit, les fonctions interne entre les composants et les fonctions externes concernant la relation du produit avec son environnement ainsi que les utilisateurs dans une perspective combinée. Cette méthodologie a été très utile pour trouver les solutions permettant d'éviter ou d'éliminer les effets néfastes afin d'améliorer la conception du produit.

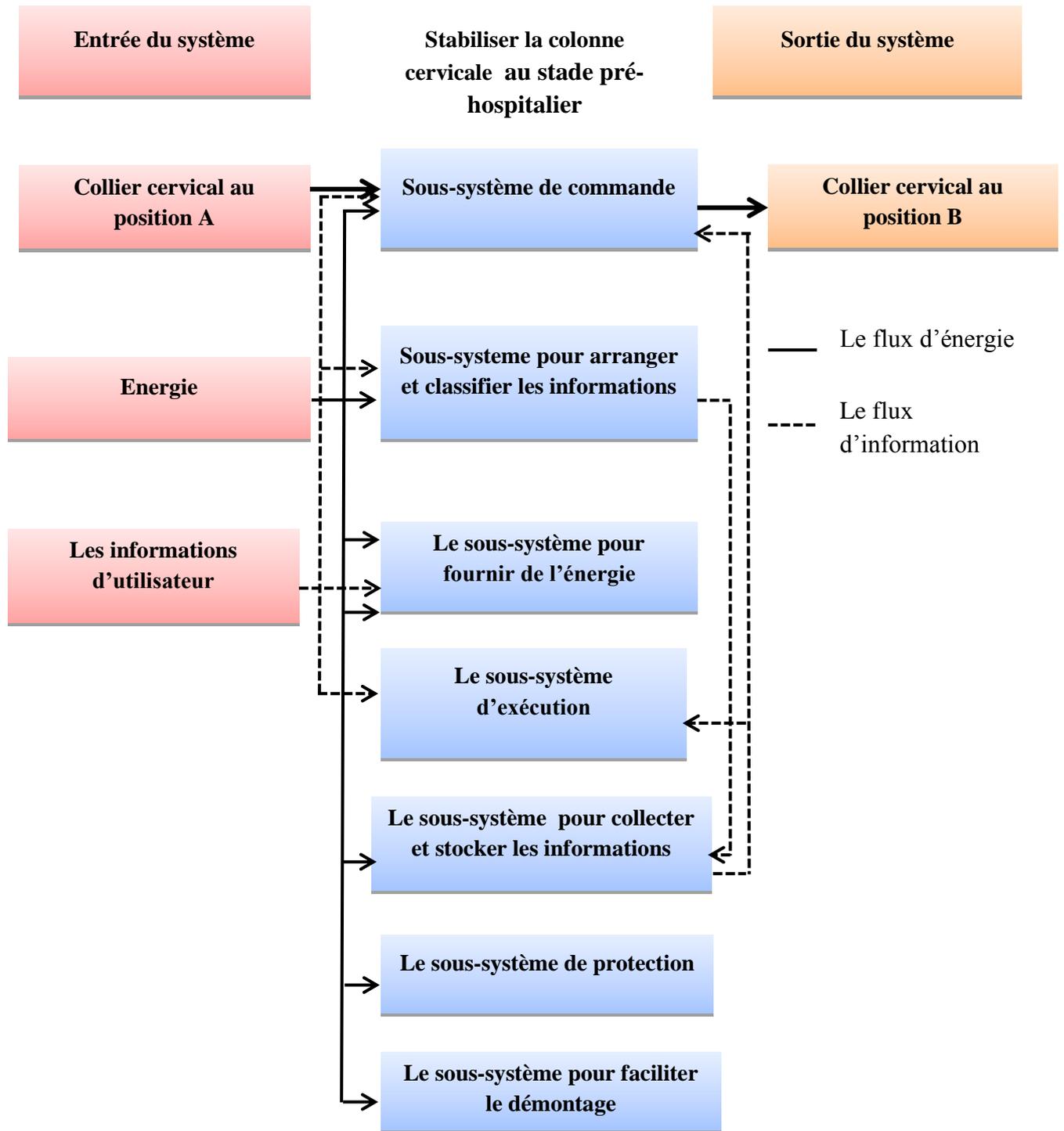


Figure II.5: Structure fonctionnelle du système

**Tableau II.2.** Cahier des charges fonctionnel

	<b>Fonction</b>	<b>Critère d'appréciation</b>	<b>Niveau</b>
FP1	Stabiliser la colonne cervicale avec précision	Espace de travail	Le cou
		Precision	niveau Haut
		Le mode de stabilization	Rigid, semi rigid, douce
		La moelle épinière	Ne pas touché la moelle
		Les mouvements de colonne cervicale	Minimizer flexion ou extension ou rotation
		Comportment musculaire	Prévenir toute force supplémentaire
FC1	Utiliser l'énergie	Le type de generator	Energie électrique, hydraulique
		Le type de technologies	Toute technologie pour fournir de l'énergie
FC2	Doit être esthetic	La forme	Dimension compatible
		La couleur	Doit être attractive
		Le poids	Poids léger
		La forme de cou	Cou court, long ou normal Cou d'adulte ou d'enfant
FC3	Être commercialisé à un prix raisonnable	Prix total du collier cervical	
FC4	Respecter les normes De sécurité pour les utilisateurs	Les norms de sécurité	ISO,AFNOR
FC5	Assurer la sécurité de collier cervical	La sécurité de colonne cervicale	Aucune empreinte sur le cou
FC6	Respect de l'environnement	recyclable	Utiliser les matériaux recyclables



## *Chapitre II : Etude conceptuel du projet*

FC8	Respecter le temps de conception	Etude et conception	5 mois
FC9	résister aux différentes situations de l'environnement.	Des chocs	Léger
		Temperature	temperature de corps
		Corrosion	Matériaux non corrosif
FC10	Assurer le confort de patient	Ventilé	Avoir des trous ou du matériel spécial
		Impermeable	Protéger le cou de tout liquide
		Hygiénique	Été approuvé par le ministère de la santé
FC11	Facile à démonter	Emplacement des pieces	Manual/ automatic
		Maintenance	Facile à monter et à démonter
FC12	Commander le système	Control centralisé	Des commandes simples
FC13	Prévenir l'atrophie musculaire	Espace de travail	Les muscles
		Le pression	

## Chapitre III : Anatomie et physiologie de la colonne cervicale

Ce chapitre décrit l'anatomie de la colonne cervicale, ses différentes sections et ses composants. Les principaux éléments de la colonne vertébrale, notamment les vertèbres, les disques intervertébraux, les ligaments et les muscles, ainsi que leurs composants constitutifs.

### I. La colonne vertébrale

La fonction la plus importante de la colonne vertébrale est de protéger la moelle épinière, qui constitue la source nerveuse de tout le corps. Outre cette fonction majeure, d'autres incluent le soutien de la masse corporelle, la résistance aux forces extérieures, la mobilité et la flexibilité tout en dissipant l'énergie et en protégeant des chocs. Les courbes vertébrales fonctionnent comme un ressort en spirale pour absorber les chocs, maintenir l'équilibre et permettre à la moelle épinière de se mouvoir. La colonne vertébrale est une structure formée de muscles, de tissus, de vertèbres, de disques intervertébraux et de ligaments. Elle est composée de 33 à 34 vertèbres osseuses individuelles empilées les unes sur les autres. Sur la base de l'anatomie des os, de leurs propriétés physiques et biomécaniques différentes, on peut dire que ces os peuvent être regroupés en cinq sections différentes: la région cervicale qui contient 7 vertèbres (C1-C7), la région thoracique qui contient 12 vertèbres (T1 - T12), la section lombaire comportant 5 vertèbres (L1 - L5), la zone sacrée contenant également cinq vertèbres (S1 - S5) et la zone coccygienne comportant 3 à 4 vertèbres fusionnées en fonction de l'anatomie de l'individu, voir figure III.1.

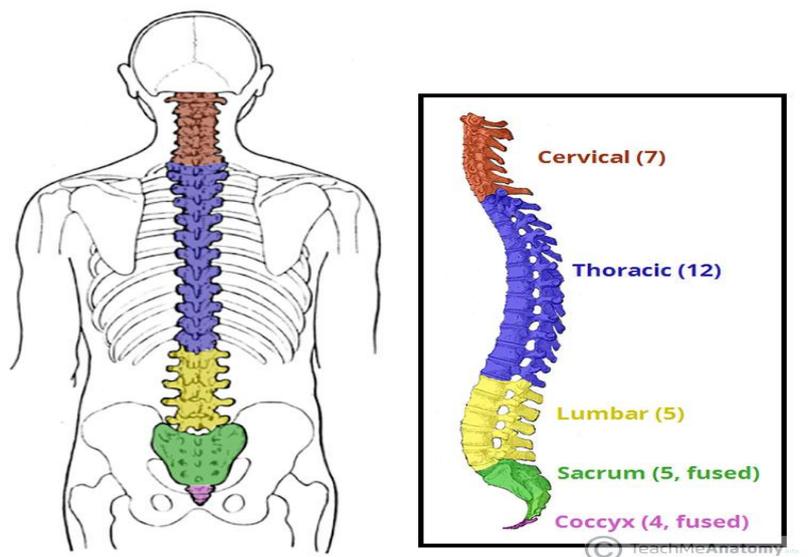


Figure III.1: Colonne vertébrale

<sup>1</sup> <https://www.google.com/search?q=colonne+vertebrale+image>.

## **II. La colonne cervicale**

La fonction principale de la colonne cervicale est de supporter le poids de la tête. La colonne cervicale comprend les sept premières vertèbres de la colonne vertébrale. Ils sont situés entre le crâne et l'épine thoracique.

### **II.1. Anatomie et physiologie de la colonne cervicale**

*Définition* : L'anatomie fait référence à la structure de la colonne cervicale alors que la physiologie fait référence à la fonction des composants de l'anatomie de la colonne cervicale. La fonction n'est pas indépendante de l'anatomie.

La section suivante décrit l'anatomie de la colonne cervicale et comment les structures anatomiques contribuent à la fonction globale de la colonne cervicale.

Pour la description des caractéristiques du corps, les termes anatomiques sont définis en divisant le corps humain en trois plans ; frontal, sagittal et transversal, voir Figure III.2.

- a) Plan frontal : il divise le corps en sections antérieure et postérieure.
- b) Plan sagittal : il sépare les côtés gauche et droit du corps et, pour décrire les caractéristiques de ce plan, les termes médial (vers la ligne médiane) et latéral (loin de la ligne médiane) sont utilisés.
- c) plan transversal : il divise le corps en sections supérieure et inférieure. Lors de la description des caractéristiques dans le plan transversal, les termes supérieur (vers la tête) et inférieur (à l'écart de la tête) sont utilisés.

Outre les descripteurs relatifs aux plans, d'autres termes sont utilisés pour décrire l'anatomie. Les termes superficiels (surface), intermédiaire (entre les deux) et profond (sous la surface) sont des descripteurs de blessures courants.

### **II.2. Mouvements normaux de la tête et la colonne cervicale**

Les termes anatomiques spécifiques liés aux mouvements de la tête et de la colonne cervicale sont la flexion, l'extension, la rotation axiale et la flexion latérale.

- a) La flexion et l'extension sont des mouvements opposés décrivant la rotation du cou autour de l'axe latéral dans le plan sagittal. La flexion peut être considérée comme «regardant vers le bas», tandis que l'extension peut être perçue comme «regardant vers le haut».

### Chapitre III : Anatomie et physiologie de la colonne cervicale

- b) La rotation axiale décrit le mouvement du cou lorsqu'il tourne autour de l'axe supérieur-inférieur dans le plan transversal et peut être visualisée en réfléchissant d'une personne regardant par-dessus son épaule gauche puis faisant pivoter sa tête pour regarder par-dessus son épaule droite.
- c) La flexion latérale fait référence au mouvement du cou lorsqu'il tourne autour de l'axe antéro-postérieur dans le plan transversal, ou à l'action de rapprocher l'oreille de son côté.

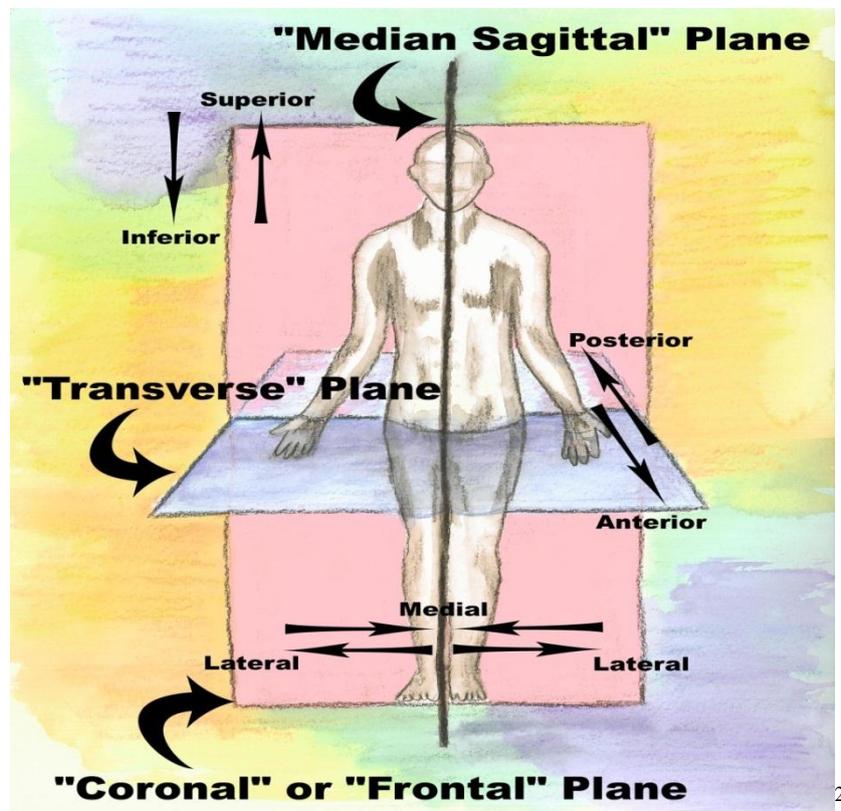
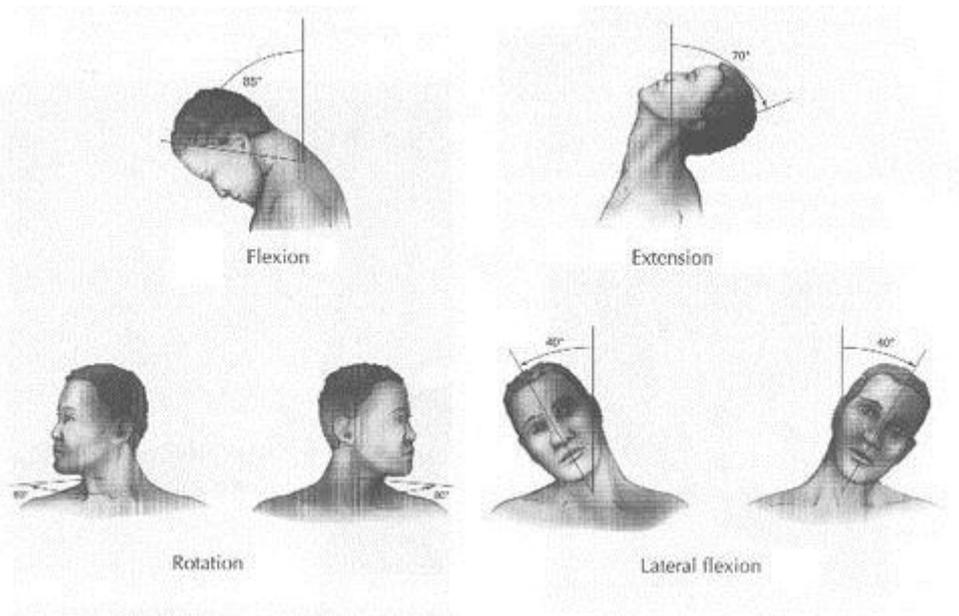


Figure III.2: Plans du corps humain.

Les valeurs normales du mouvement de la colonne cervicale sont de 40 à 60 degrés en flexion, de 45 à 70 degrés en extension, de 60 à 80 degrés en rotation axiale et d'environ 45 degrés en flexion latérale, Figure III.3.

<sup>2</sup> <https://www.google.com/search?q=plans+du+corps+com+human>

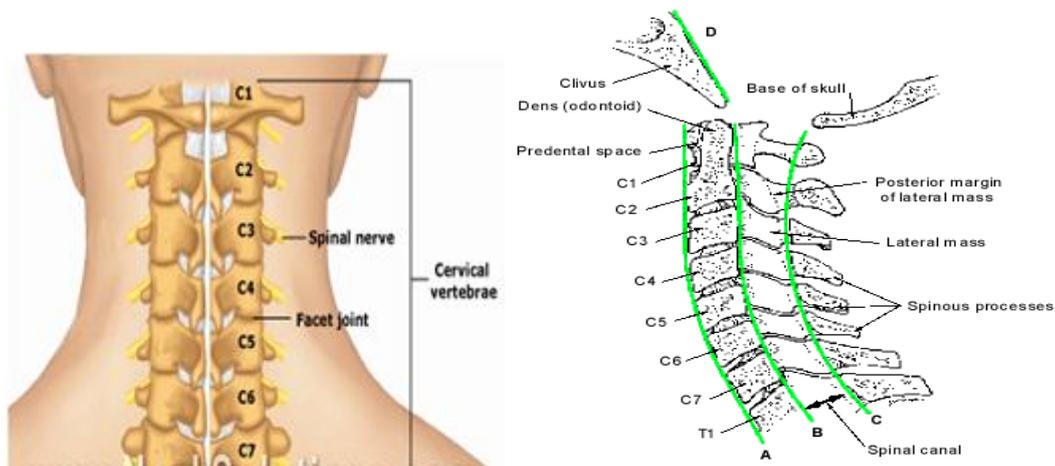


3

Figure III.3: Mouvements normaux de la tête et la colonne cervicale

### II.3. Eléments de la colonne cervicale

La colonne cervicale (Figure III.4) est composée de plusieurs parties, pour en comprendre le comportement mécanique; il faut nécessairement comprendre l'importance de chaque composant et le rôle qu'il joue.



4

Figure III.4: Colonne cervicale

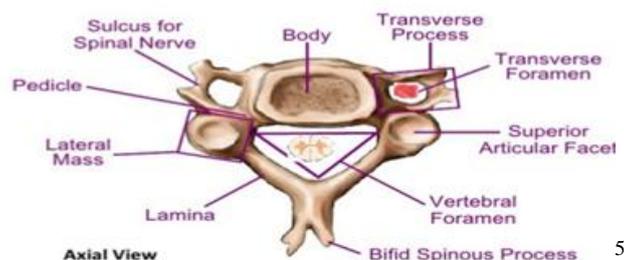
<sup>3</sup><https://www.google.com/search?q=mouvement+normaux+de+la+tete>

<sup>4</sup><https://www.google.com/search?q=colonne+cervical>

#### **II.4. Vertèbres cervicales**

La colonne cervicale a 7 vertèbres (Figure III.5) numérotées de (C1) à (C7). Elles sont divisées en 2 groupes distincts à la fois anatomiquement et fonctionnellement, la paire supérieure [(C1) et (C2) l'Atlas et l'Axe] et les cinq inférieurs (la colonne cervicale inférieure) [(C3) à (C7)].

Le premier vertébral (C1) est l'atlas annulaire qui se connecte directement au crâne, le deuxième vertébral (C2) est l'axe en forme de piquet qui présente une saillie appelée odontoïde autour de laquelle l'atlas pivote. L'anatomie des vertèbres de C3-C7 est très similaire et peut être considérée comme ayant un aspect antérieur et un aspect postérieur. La face antérieure, ou corps vertébral, constitue la partie antérieure en forme de disque de la vertèbre et constitue la principale structure porteuse. Les surfaces supérieures et inférieures ou les plateaux osseux du corps servent de points d'attache pour les disques intervertébraux. L'aspect postérieur, ou arc vertébral, est constitué de la lame, des pédicules et de sept processus. Les pédicules s'étendent postérieurement à partir du corps vertébral et s'unissent à la lame pour former l'arc vertébral. Le foramen vertébral est créé avec la surface postérieure du corps vertébral. Le foramen vertébral de chaque vertèbre constitue le canal par lequel passe la moelle épinière. Les sept processus qui s'étendent de l'arc vertébral consistent en quatre processus articulaires, deux processus transverses et un processus épineux. Les quatre processus articulaires forment des articulations avec les vertèbres adjacentes. Les deux processus articulaires inférieurs de la vertèbre supérieure s'articulent avec les deux processus articulaires supérieurs de la vertèbre inférieure. Ces articulations sont appelées facettes ou articulations à facettes. Les deux apophyses transverses s'étendent latéralement à partir de l'intersection du pédicule et de la lamina de part et d'autre de la vertèbre, tandis que l'apophyse épineuse s'étend en arrière de la jonction des deux lamines.

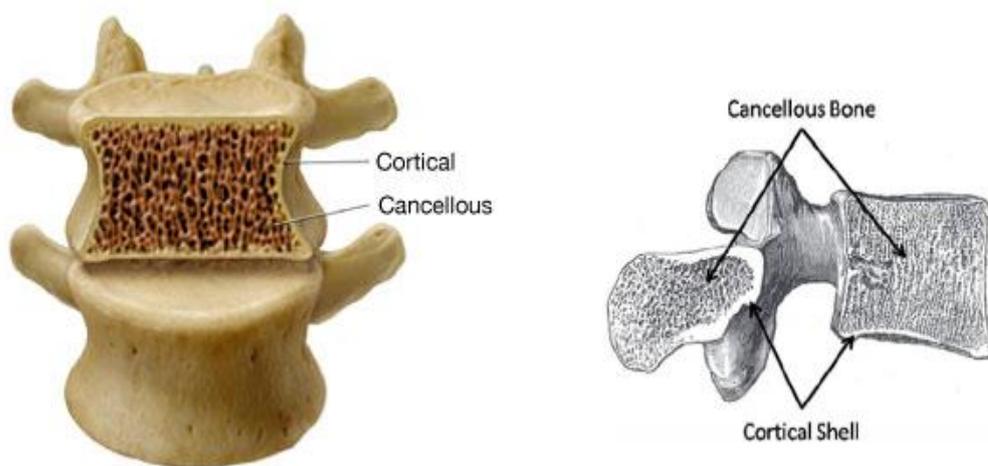


**Figure III.5:** Vertèbres cervicales.

<sup>5</sup> <https://google.com/search?q=vertebre+cervicale>

### Chapitre III : Anatomie et physiologie de la colonne cervicale

Les structures osseuses de la vertèbre sont constituées d'une fine coque d'os cortical entourant l'intérieur d'un os trabéculaire ou spongieux poreux. Par rapport aux autres os du corps humain, les vertèbres sont assez petites. L'os trabéculaire (Figure III.6) contenu dans la coque corticale a une structure poreuse constituée de tiges verticales et de colonnes soutenues par un trabécule horizontal plus mince lui donnant un aspect d'aspect éponge. Cette architecture permet une résistance dans la direction de chargement primaire (compression) avec une masse osseuse minimale. L'espace poreux de l'os trabéculaire est rempli de liquide interstitiel, de vaisseaux sanguins, de sang, de moelle osseuse, de tissu nerveux et de cellules diverses (kapperdahl and keavency 1998).



6

**Figure III.6:** La structure osseuse du corps vertébral

#### II.5. La paire supérieure

##### A- Atlas : Vertèbre(C1)

L'Atlas (Figure III.7) est le premier point de contact osseux entre le crâne et la colonne vertébrale et la plus grande vertèbre de toutes les vertèbres cervicales. Il ne présente pas de processus épineux, mais plutôt un tubercule postérieur où le ligament nuchal est attaché. Les premiers nerfs sortent par le tubercule postérieur, sous la membrane atlantoccipitale postérieure (Gray 1918).

---

<sup>6</sup> <https://google.com/search?q=la+structure+osseuse+du+corps+vertebral>

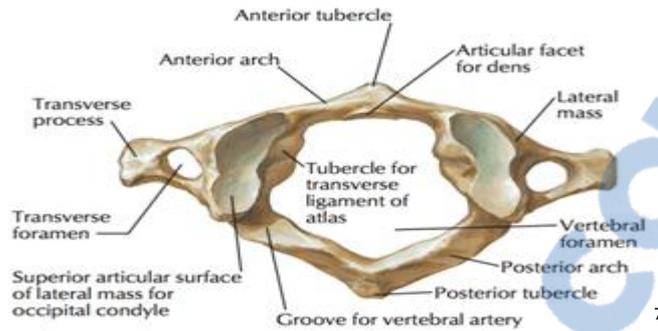


Figure III.7: Vertèbre Atlas.

Les condyles de l'occiput de la tête sont «bercés» par la facette articulaire supérieure de l'Atlas formant l'articulation atlanto occipitale.

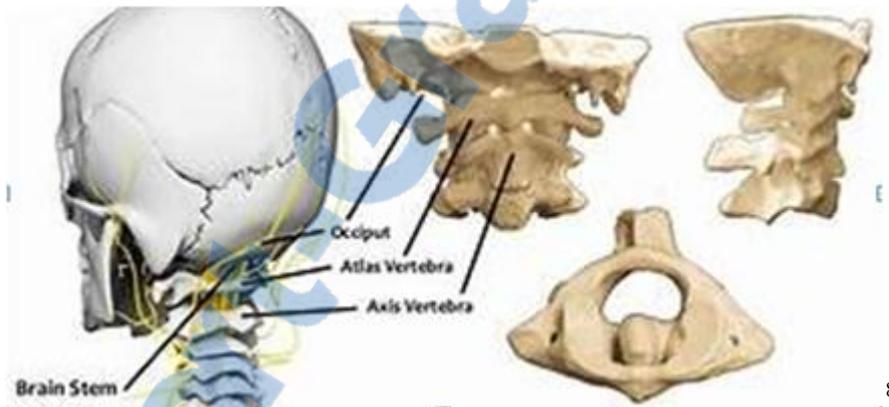
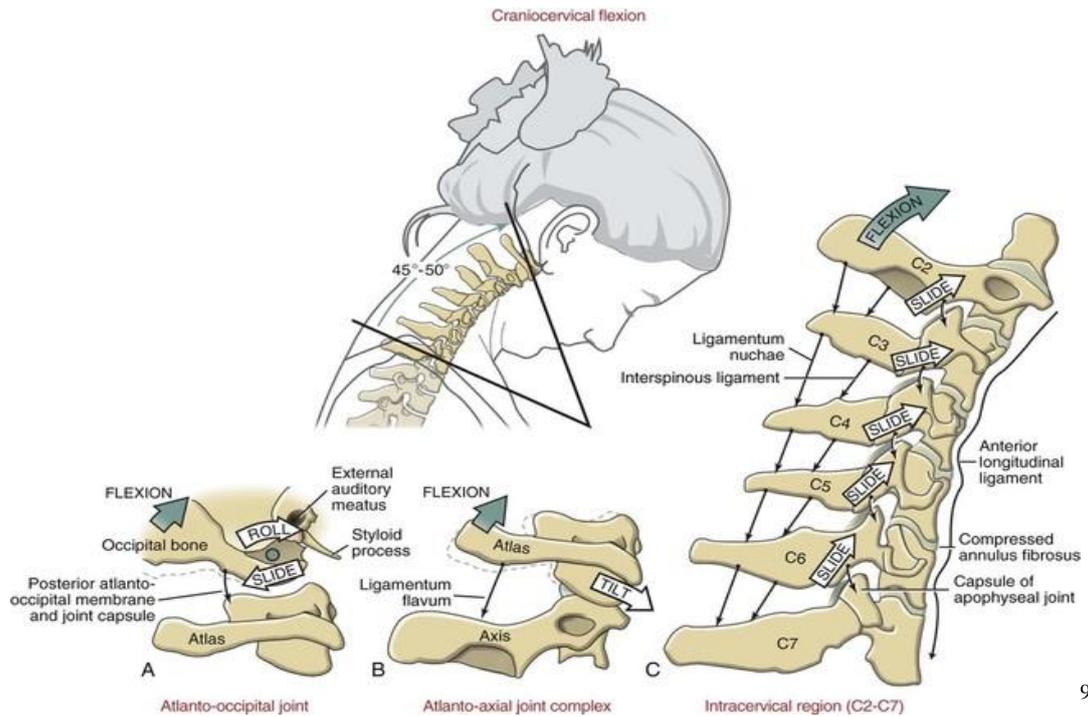


Figure III.8: Paire supérieure de la colonne cervicale

La géométrie de l'Atlas concave et de l'occiput convexe permet la flexion et, dans une plus grande mesure, l'extension, voir Figures III.9 et III.10.

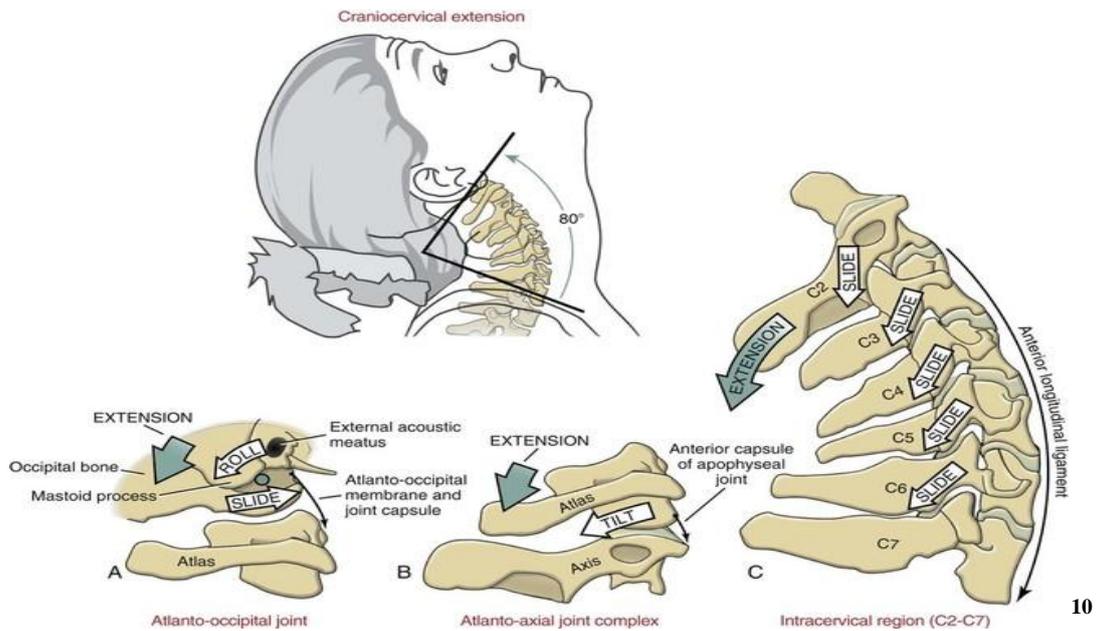
<sup>7</sup> <https://google.com/search?q=vertebre+atlas>

<sup>8</sup> <https://google.com/search?q=paire+superieure+delacolonne+cervicale>



9

Figure III.9: Flexion craniocervicale.



10

Figure III.10: Extension craniocervicale

### B- Axe : Vertèbre (C2)

L'axe (C2) (Figure III.11) réside sous l'Atlas pour former l'articulation atlantoaxiale qui est sécurisée par le ligament transverse, le processus odontoïde de l'Axe est le point

<sup>9</sup> <https://google.com/search?q=flexion+craniocervicale>

<sup>10</sup> <https://google.com/search?q=extension+craniocervicale>

### Chapitre III : Anatomie et physiologie de la colonne cervicale

d'articulation de l'Atlas situé au-dessus de celui-ci. En plus de supporter le poids de la tête, l'articulation atlantoaxiale permet une large plage de rotation axiale. Les sections latérales de l'Atlas et de l'Axe ainsi que de l'arcade antérieure interagissent pour permettre un degré élevé de rotation axiale cervicale volontaire (Gray 1918).

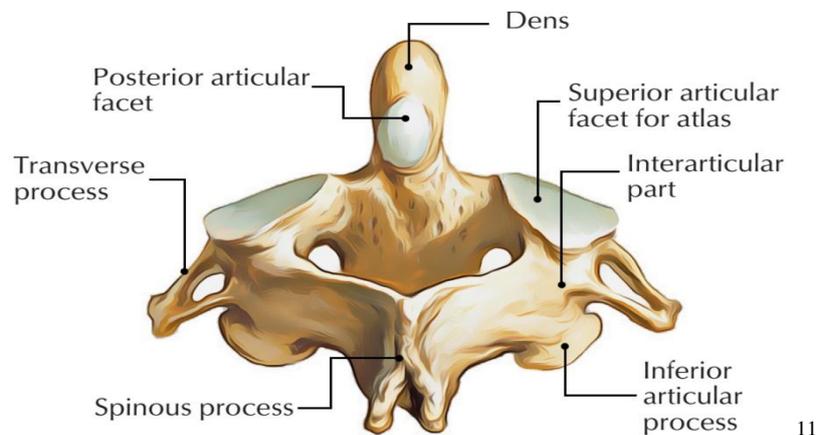


Figure III.11: Vertèbre Axe

#### C- Mouvement relatif entre l'axe (C2) et l'atlas (C1):

Les facettes articulaires entre l'axe et l'atlas sont toutes deux convexes, ce qui permet naturellement un mouvement plan libre entre les surfaces. Avec le processus odontoïde fixé à l'arc antérieur de l'atlas via le ligament transverse, le C1 est autorisé à tourner autour du processus odontoïde relativement sans entrave. La plage de rotation entre C1 et C2 est presque de 180 ° et représente environ 55% de la rotation totale de la colonne cervicale (Figure III.12).

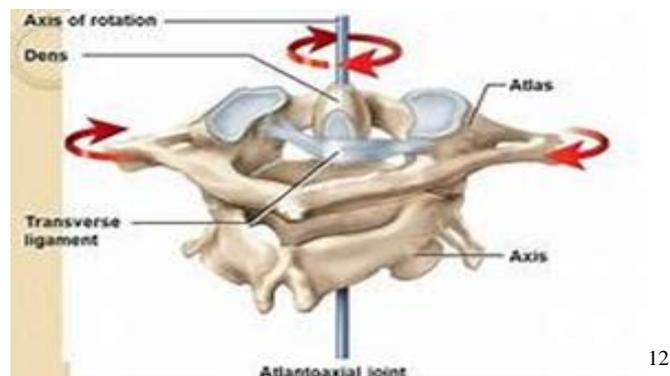


Figure III.12: Mouvement de rotation relatif entre l'atlas et l'axe.

<sup>11</sup> <https://google.com/search?q=vertèbre+axe>

<sup>12</sup> <https://google.com/search?q=mouvement+derotation+relatif+entre+l'atlas+et+l'axe>

II.6. Bas cervical:

La colonne cervicale inférieure est composée de la troisième à la septième vertèbre, qui sont toutes très similaires, comme il a été dit auparavant. Chaque corps vertébral est assez petit. Sa hauteur est plus grande postérieurement qu'avant. Il est concave sur le dessus et convexe sur le bas. Le processus transversal comporte également un foramen transversal pour l'artère et la veine vertébrales. Ce n'est pas le cas en C7, où le foramen ne comprend que la veine vertébrale accessoire. Les apophyses épineuses de C6 et C7 sont plus longues et s'effilent progressivement vers les extrémités. C7 a un processus épineux important.

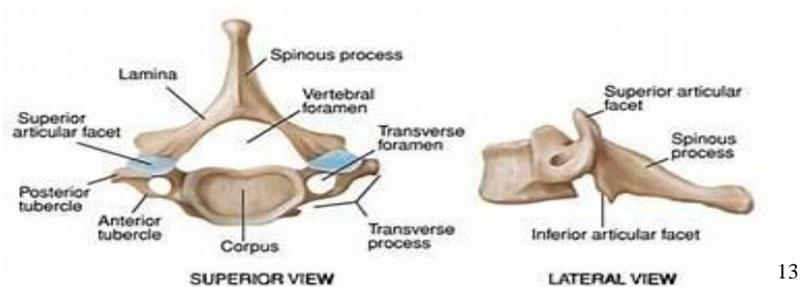


Figure III.13: Le C7 vertébral.

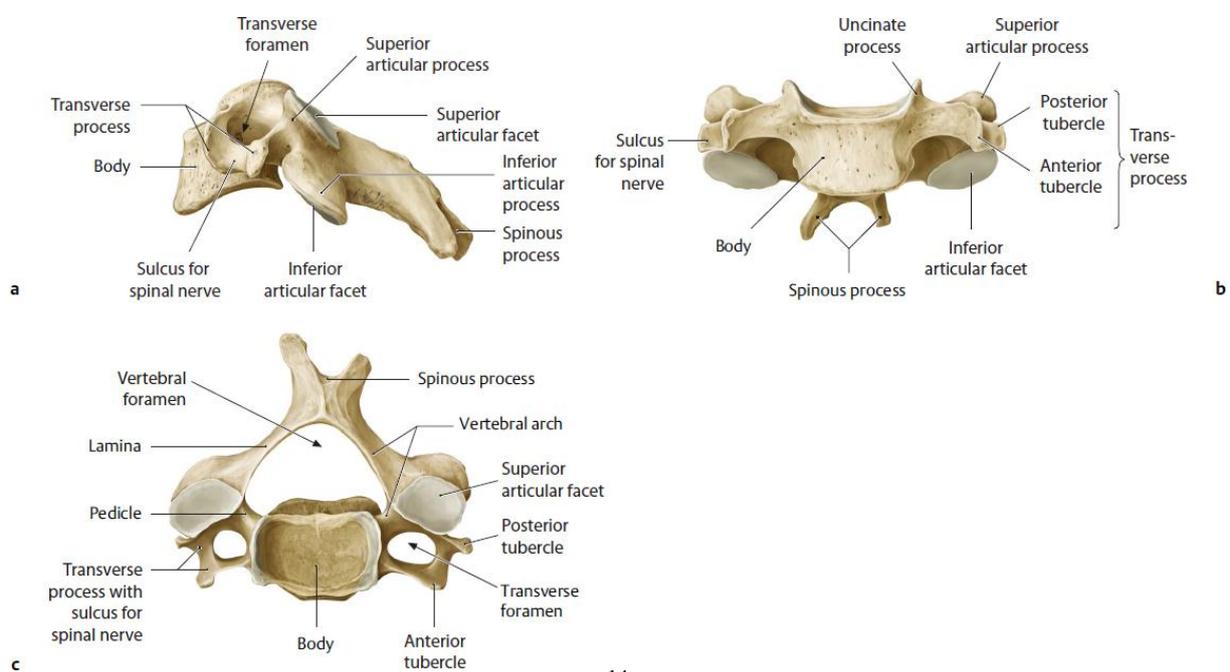


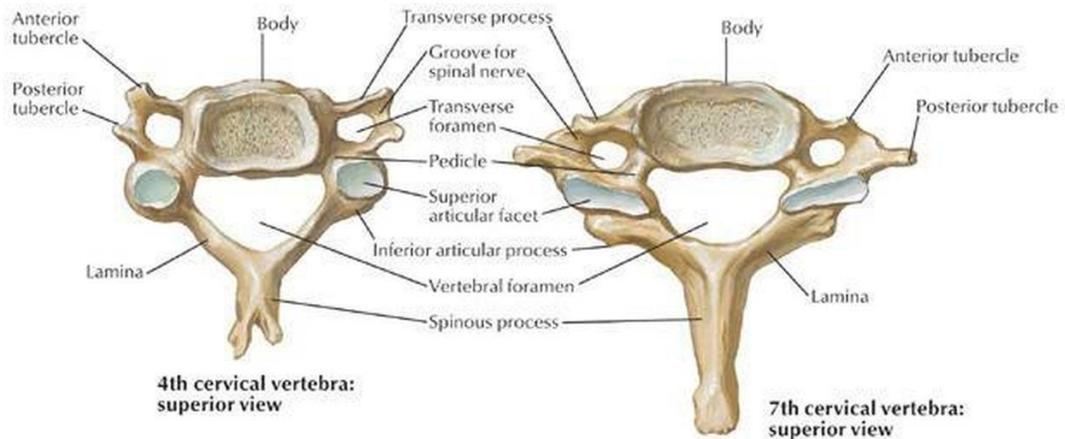
Figure III.14: Le vertèbre C4

<sup>13</sup> <https://google.com/search?q=le+c7+vertebral>

<sup>14</sup> <https://google.com/search?q=le+vertebre+c4>

### Chapitre III : Anatomie et physiologie de la colonne cervicale

Nous pouvons conclure à une comparaison entre le C4 vertébral typique et le C7 vertébral atypique dans la figure III.15 et les tableaux III.2 et III.3 suivants:

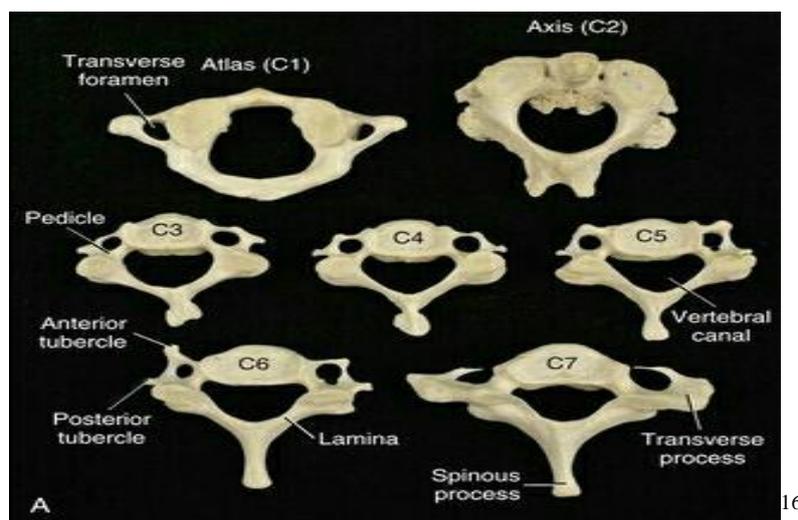


15

**Figure III.15:** Points communs entre le C4 (vertébral typique) et le C7 (vertébral atypique).

**Tableau III.1:** Comparaison entre le C4 (vertébral typique) et le C7 (vertébral atypique).

vertébre Typique C4	vertébre Atypique C7
<ul style="list-style-type: none"> <li>-Processus épineux court</li> <li>-Processus épineux bifide</li> <li>-Artère vertébrale passe à travers un foramen transverse</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Processus épineux long</li> <li>-Processus épineux émoussé</li> <li>-La veine vertébrale passe à travers un foramen transversal</li> </ul>



16

**Figure III.16:** Vertèbres de la colonne cervicale.

<sup>15</sup> <https://google.com/search?q=points+communs+entre+c4+et+c7>

<sup>16</sup> <https://google.com/search?q=vertebre+de+la+colonne+cervicale>

**Tableau III.2:** Comparaison entre les 7 vertèbres de la colonne cervicale.

Caractéristiques	C3-C6	C1	C2	C7
Corps	Oui	Non	Oui	Oui
Arc antérieur	Non	Oui	Non	Non
Arc postérieur	Oui	Oui	Oui	Oui
Apophyse épineuse	Bifide	Non	Bifide	Unique
Facette articulaire supérieure	Forme de haricot	Forme de haricot	Ovale	Forme de haricot

## **II.7. Disque cervical**

Chaque vertèbre de la colonne vertébrale est séparée par des disques intervertébraux (Figure III.17), chacun portant le nom des deux vertèbres entre lesquelles ils sont assis (par exemple, C6/C7). Les disques représentent environ 20-30% de la longueur totale de la colonne vertébrale. La colonne cervicale est constituée de six disques intervertébraux (C2/C3 jusqu'à C7/T1), avec l'absence du disque entre l'atlas (C1) et l'axe (C2). La section de ces disques est plus petite que celle de tous les autres disques de la colonne vertébrale (White and Panjabi 1990).

*Fonction :* Ils permettent le mouvement des vertèbres individuelles et le passage des nutriments et des liquides vers la colonne vertébrale et la moelle épinière.

*Composition :* Chaque disque intervertébral est une structure complexe composée de trois composants principaux,

- un anneau externe épais de cartilage fibreux appelé annulus fibrosus,
- un noyau plus gélatineux appelé noyau pulpeux et
- les plateaux vertébraux du cartilage.

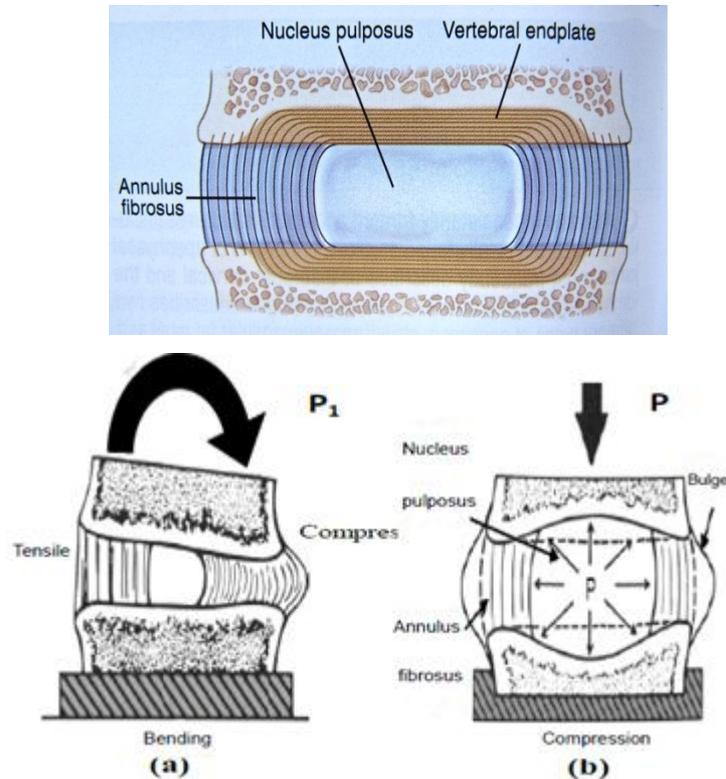
Tous ensemble, ils apportent une intégrité structurelle et mécanique à l'organe. Ces composants se combinent pour conférer les propriétés structurelles et mécaniques nécessaires aux disques intervertébraux dans leur ensemble.

*Comportement mécanique :*

- La colonne cervicale a un plan de symétrie mi-sagittal, de sorte que les comportements matériels sont les mêmes pour les côtés gauche et droit, tels que le cisaillement latéral, la flexion latérale et les moments de torsion.

### Chapitre III : Anatomie et physiologie de la colonne cervicale

- Les disques intervertébraux peuvent supporter des charges et des moments dans différentes directions telles que la tension, la compression, le cisaillement axial, la flexion latérale, le cisaillement antérieur et postérieur.



17

**Figure III.17:** Comportement du disque intervertébral en flexion (a) et en compression (b)

- la moitié de la charge est supportée par les ligaments et le reste par le disque en extension et en flexion.
- En flexion (Figure III.19), la section postérieure du disque sera soumise à une tension qui entraînera la contraction de l'anneau vers le centre du disque. La section antérieure du disque va se gonfler du disque en raison du chargement en compression. Cela provoquera un léger décalage du noyau vers l'arrière du disque. Le contraire est vrai pour l'extension (Figure III.18).

<sup>17</sup> <https://google.com/search?q=comportement+du+disque+intervertebral+en+flexion+extension>

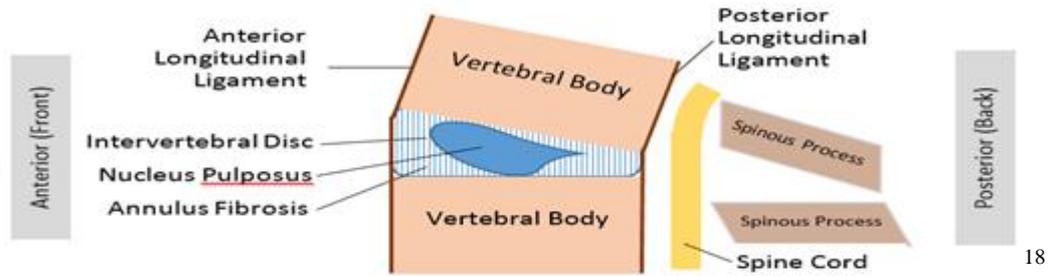


Figure III.18: Vue latérale de la colonne vertébrale pendant l'extension (flexion en arrière)

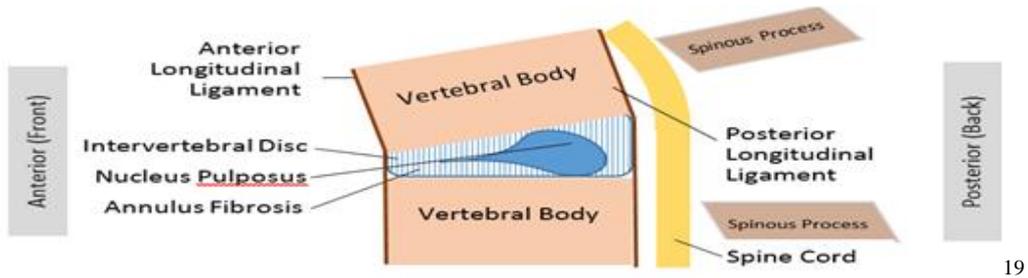


Figure III.19: Vue latérale de la colonne vertébrale en flexion (flexion avant)

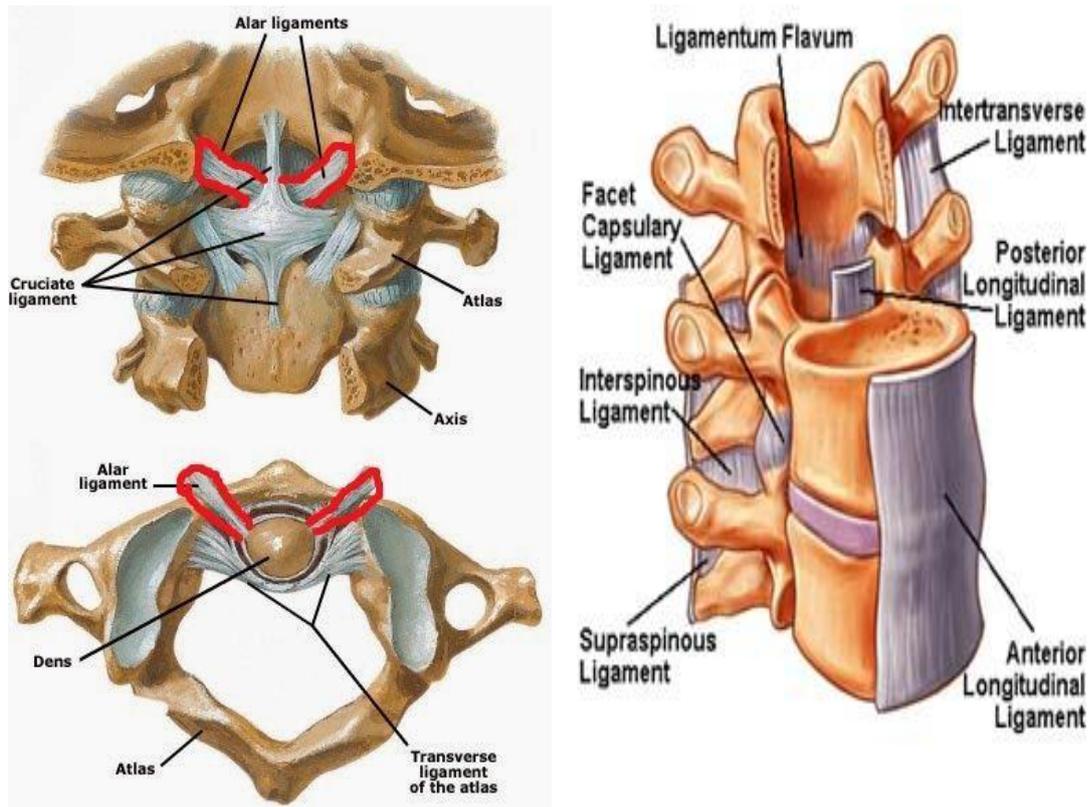
## II.8. Ligaments

Les ligaments sont de fortes bandes fibreuses qui maintiennent les vertèbres ensemble, stabilisent la colonne vertébrale et protègent les disques.

*Composition* : Ce sont des tissus fibreux en forme de ruban qui relient les structures osseuses pour former des articulations. La colonne cervicale a un système ligamentaire complexe qui maintient des relations osseuses normales.

<sup>18</sup> <https://google.com/search?q=vue+laterale+de+la+colonne+vertebrale+en+extension>

<sup>19</sup> <https://google.com/search?q=vue+laterale+de+la+colonne+vertebrale+en+flexion>



20

Figure III.20: Ligaments de la colonne cervicale

*Fonction* : Le rôle principal d'un ligament est de résister ou de restreindre le mouvement d'une articulation afin de stabiliser sa structure biologique.

*Comportement mécanique* : Dans la colonne cervicale, les ligaments se connectent aux corps vertébraux pour limiter la mobilité de l'articulation de la colonne vertébrale. En particulier, ces ligaments sont efficaces pour fournir une résistance et une stabilité contre les charges de traction externes. Ils absorbent également une partie de l'énergie pendant un traumatisme (Silver et Al ,2002).

<sup>20</sup> <https://google.com/search?q=ligament+de+la+colonne+cervicale>

### Chapitre III : Anatomie et physiologie de la colonne cervicale

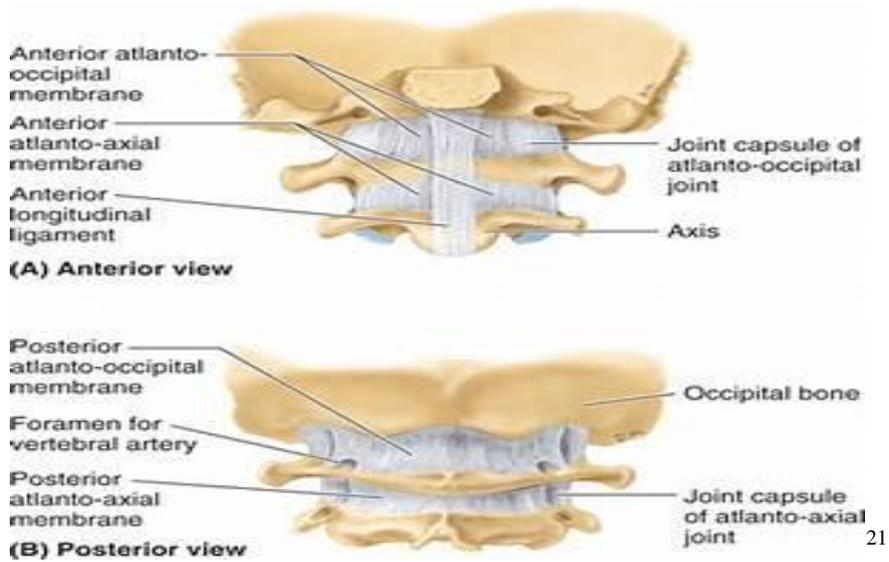
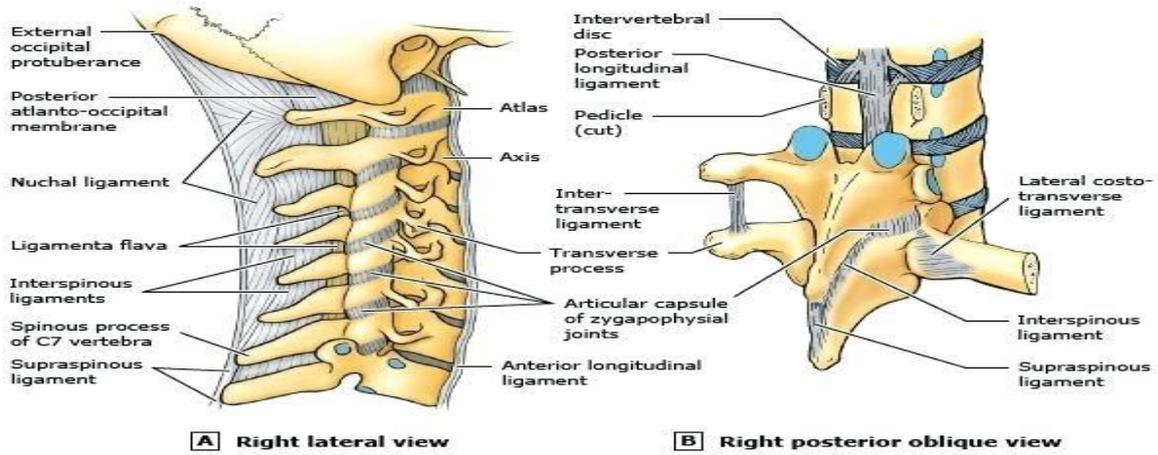


Figure III.21: Différentes vues des ligaments de la colonne cervicale

Tableau III.3: Mouvements que les ligaments de la colonne cervicale peuvent limiter(Matthew Brian Panzer,2006)

Les Ligaments	région de la colonne vertébrale	Mouvement à limiter
Anterior Longitudinal Ligament	C2/T1	Extension
Posterior Longitudinal Ligament	C2/T1	Flexion
Ligament Flava	C2/T1	Flexion
Capsular Ligament	C0/T1	Flexion et Rotation
Interspinous Ligament	C1/T1	Flexion
Nuchal Ligament	C0/C7	Flexion
Anterior Atlanto Axial Membrane	C1/C2	Extension et Rotation

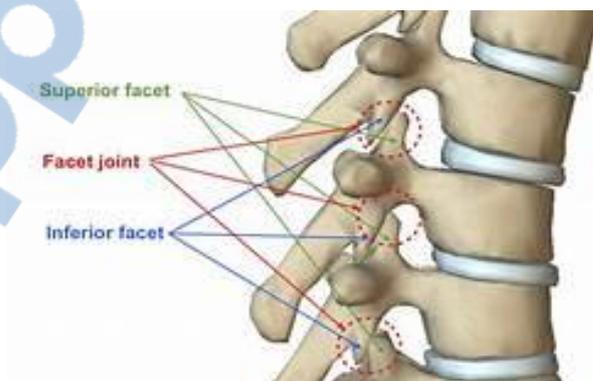
<sup>21</sup> <https://google.com/search?q=différentes+vues+des+ligaments+de+la+colonne+cervicale>

Posterior Atlanto Axial Membrane	C1/C2	Flexion et Rotation
Anterior Atlanto–Occipital Membrane	C0/C1	Extension
Posterior Atlanto–Occipital Membrane	C0/C1	Flexion
Alar Ligament	C0/C2	Rotation
Transverse Ligament	C1/C2	Flexion et Translation
Tectorial Ligament	C0/C2	Flexion et Rotation
Apical Ligament	C0/C2	Flexion
Inferior and Superior Crux	C0/C2	Flexion
Tectorial Membrane	C2/C0	Flexion
Vertical Cruciate Ligament	C0/C2	Flexion
Super Spinous Ligament	En dessous du niveau C7	Extension
Capsular Joint	C0/C1 et C1/C2	Flexion

### II.9. Joints à facettes

*Fonction* : La colonne cervicale est plus mobile que la thoracique ou la lombaire. Sa structure permet des mouvements dans toutes les directions. Les facettes articulaires de la colonne vertébrale permettent un mouvement de retour.

*Composition* : Ces articulations sont formées entre des surfaces articulaires de vertèbres adjacentes et constituent une structure complexe de tissus fluides, durs et mous. Chaque vertèbre a quatre articulations de facettes, une paire qui se connecte à la vertèbre supérieure (facettes supérieures) et une paire qui se connecte à la vertèbre inférieure (facette inférieure).



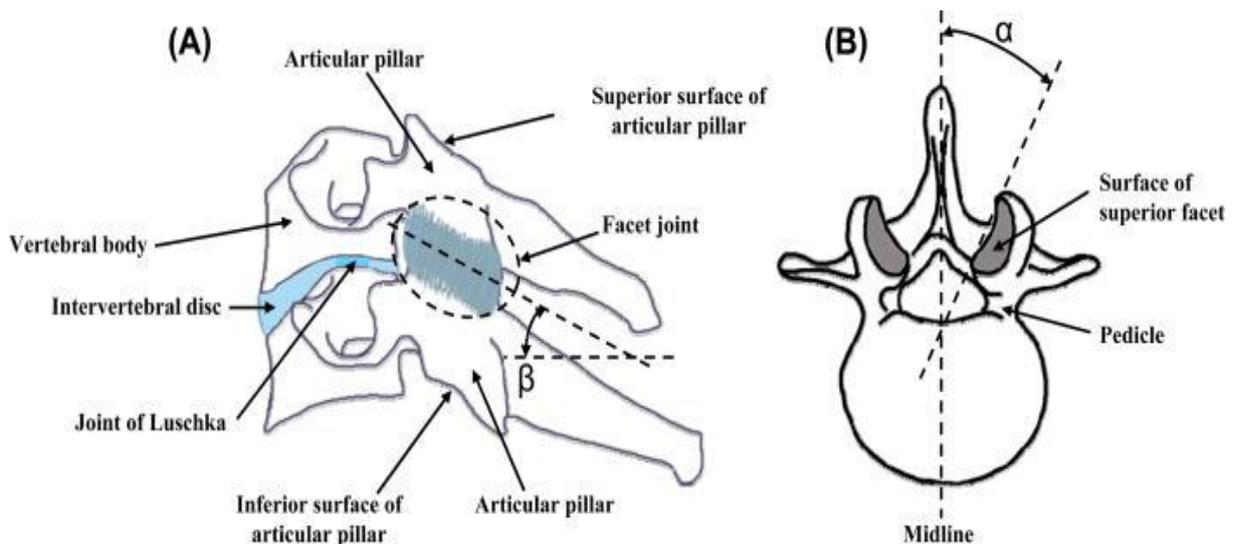
22

**Figure III.22:** Les facettes articulaires

<sup>22</sup> <https://google.com/search?q=les+facettes+articulaires>

*Comportement mécanique :*

- Ils empêchent la colonne vertébrale de se déplacer en flexion excessive, en extension ou en rotation.
- Les articulations à facettes sont des articulations synoviales; articulations qui permettent le mouvement entre deux os, glissant dans ce cas. Les articulations synoviales contiennent deux surfaces articulaires recouvertes de cartilage articulaire pour permettre le contact et le mouvement.
- Les articulations sont entourées d'un ligament capsulaire, qui maintient les surfaces pour la mettre sous tension. Le ligament capsulaire agit également pour contenir du liquide synovial (Figure III.24) dans la capsule afin de jouer le rôle de lubrifiant. Lorsque les segments vertébraux bougent en extension ou en rotation, le cartilage articulaire est en contact et les surfaces glissent les unes sur les autres, limitant doucement le mouvement (White and Panjabi ,1990).



23

**Figure III.23:** Vues latérale (A) et supérieure (B) de la facette articulaire.

<sup>23</sup> <https://google.com/search?q=vues+laterales+de+lafacettes+articulaire+du+colonne+cervical>

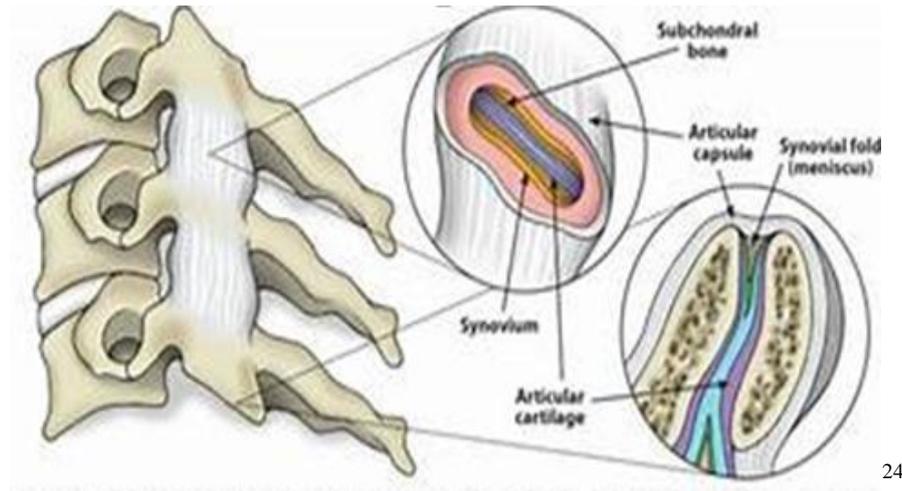


Figure III.24: Liquide synovial dans les facettes articulaires

## II.10. Muscles

L'action musculaire au niveau de la colonne cervicale dépend de la combinaison d'activités d'un grand nombre de muscles et du fait qu'ils se contractent ou non de manière bilatérale ou unilatérale. Il existe trois types de muscles dans le corps humain: squelettiques, cardiaques et lisses. Les muscles squelettiques, responsables de la production de force et de mouvement, constituent la majorité des muscles du corps (Gray 1918).

*Fonction :* Dans le cou humain, le groupe complexe de muscles squelettiques est essentiel pour :

- assurer la stabilité dans une posture donnée : Une colonne vertébrale sans le soutien des muscles n'est pas une structure stable et ne peut même pas supporter le poids du tronc. La nécessité de maintenir la stabilité devient encore plus critique lorsque la colonne vertébrale est nécessaire pour supporter une charge externe ou effectuer certaines tâches,
- produire un mouvement pendant l'activité physiologique,
- protéger la colonne vertébrale lors d'un traumatisme.

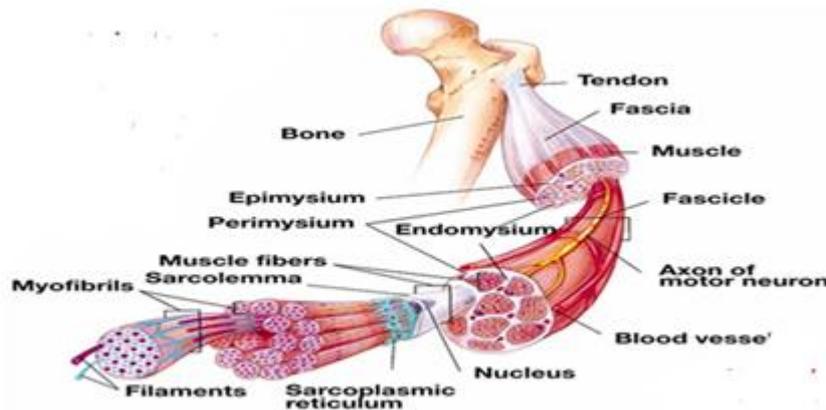
Il convient de noter que la fonction de nombreux muscles est multiple et dépend du mode d'action utilisé.

*Composition :* Le muscle squelettique (Figure III.25) est un tissu mou avec une microstructure complexe à plusieurs niveaux. Un seul muscle est constitué d'une collection de fascicules

<sup>24</sup> <https://google.com/search?q=liquide+synovial+dans+les+facettes+articulaires>

### Chapitre III : Anatomie et physiologie de la colonne cervicale

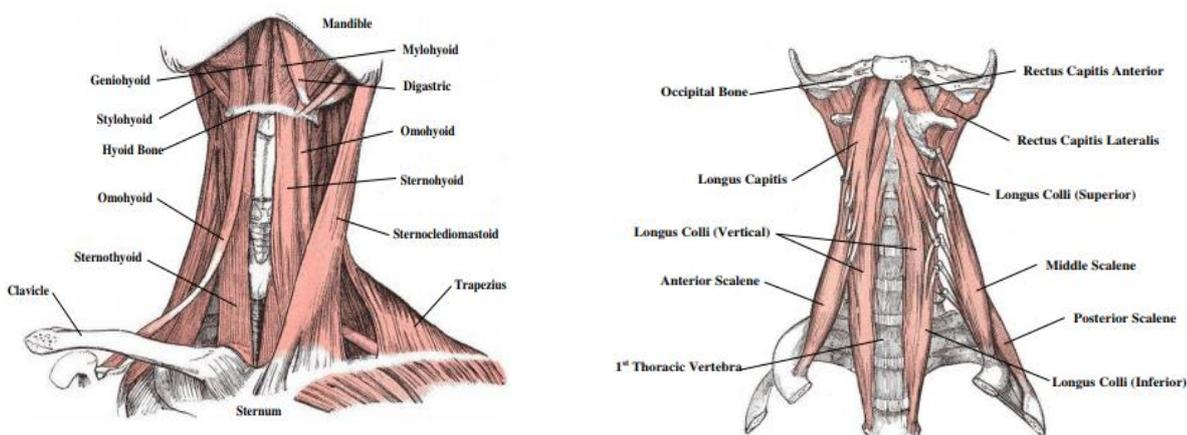
entourés d'une forte gaine conjonctive appelée l'épimysium. Chaque fascicule est constitué d'un ensemble de fibres musculaires (ou cellules musculaires), qui sont également entourées d'une gaine appelée périmysium. Une fibre musculaire est considérée comme l'unité de base du tissu musculaire.



25

**Figure III.25:** Composition du muscle.

Les muscles squelettiques sont divisés en six groupes: les muscles hyoïdes, les muscles antérieurs, les muscles latéraux, les muscles sous-occipitaux, les muscles du dos et les muscles de la colonne vertébrale. Dans le tableau suivant, nous allons définir ces groupes (Gray 1918):



26

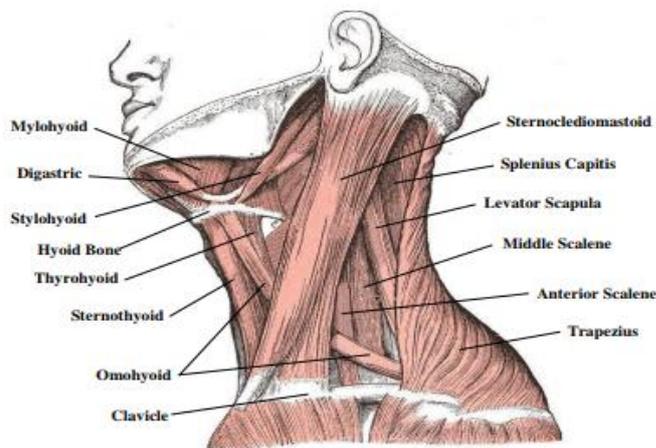
**Figure III.26:** Vue antérieure des muscles superficiels et profonds du cou.

<sup>25</sup> <https://google.com/search?q=composition+du+muscles>

<sup>26</sup> <https://google.com/search?q=vue+anterieure+des+muscles+superficiels+et+profonds+du+cou>

**Tableau III.4:** Groupes musculaires (Matthew Brian Panzer, 2006)

<b>Groupes</b>	<b>Définitions</b>
Groupe musculaire hyoïde	C'est une collection de muscles minces attachés à l'os hyoïde associés à la déglutition d'aliments
Groupe musculaire antérieur	Il s'agit d'un ensemble de muscles profonds adjacents au côté antérieur de la colonne vertébrale
Groupe musculaire latéral	fournissent une grande partie de la force requise pour la flexion latérale.
Groupe musculaire sous-occipital	Ces muscles sont principalement utilisés pour contrôler le mouvement de la tête par rapport à la colonne cervicale.
Groupe musculaire du dos	C'est un ensemble de muscles qui relient les extrémités supérieures à la colonne vertébrale
Muscle de la colonne vertébrale	Ces muscles sont principalement utilisés pour déplacer la colonne cervicale en extension.



27

**Figure III.27:** Vue latérale des muscles du cou.

<sup>27</sup> <https://google.com/search?q=vue+laterale+des+muscles+du+cou>

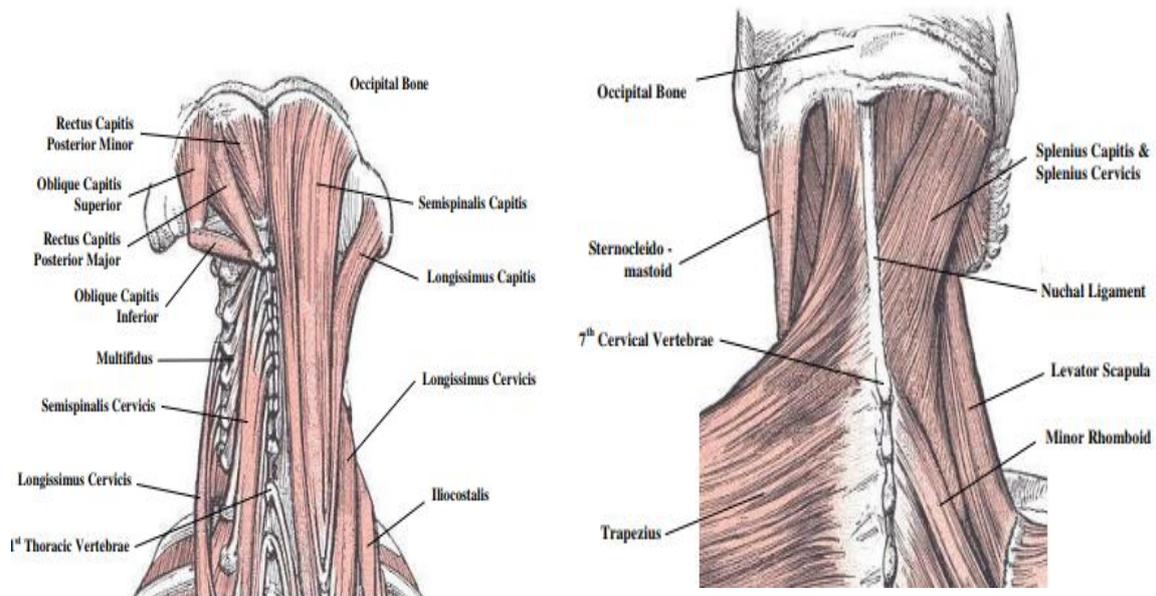


Figure III.28: Vue postérieure des muscles du cou profonds et superficiels.

Un résumé des muscles de la colonne cervicale peut être trouvé dans le tableau suivant, inclus dans le résumé est l'origine et le point d'insertion, l'action unilatérale et bilatérale (Gray 1918), (Knaub and Myers 1998).

Tableau III.5: Mouvements dans lesquels les muscles de la colonne cervicale peuvent interférer (Matthew Brian Panzer, 2006)

Muscle	Groupe	L'action primaire (unilateral/bilateral)	Origine	Insertion
Oblique capitis inferior	Sous-occipital	Rotation	C2(SP)	C1 (TP)
Oblique capitis superior	Sous-occipital	Flexion latérale /extension	C1 (TP)	Os occipital
Rectus capitis posterior major	Sous-occipital	Rotation/extension	C2 (SP)	Os occipital
Rectus capitis posterior minor	Sous-occipital	Extension	C1(post arc)	Os occipital
Longus capitis	Antérieur	Flexion	C3-C6 (TP)	Os occipital
Longus colli(superior portion)	Antérieur	Rotation /flexion	C3-C5 (TP)	C1 (ant arch)
Longus colli(inferior portion)	Antérieur	Rotation/flexion	T1-T2(ant corps)	C5-C6 (TP)
Longus colli(vertical portion)	Antérieur	Rotation/flexion	C5-T3(ant corps)	C2-C4 ant body
Rectus capitis	Antérieur	Flexion	C1 (last mass)	Os occipital

<sup>28</sup> <https://google.com/search?q=vue+posterieur+des+muscles+du+cou+profond+et+superficiels>

### Chapitre III : Anatomie et physiologie de la colonne cervicale

anterior				
Rectus capitis lateralis	Antérieur	Flexion latérale	C1 (TP)	Os occipital
Anterior scalene	Latérale	Flexion latérale /flexion	C3-C6 (TP)	1 <sup>st</sup> rib
Middle scalene	Latérale	Flexion latérale /flexion	C2-C7 (TP)	1 <sup>st</sup> rib
Posterior scalene	Latérale	Flexion latérale /flexion	C5-C7 (TP)	2 <sup>nd</sup> rib
Sternocleidomastoid	Latérale	Flexion latérale /rotation/flexion	Sternum / Clavicule	Temporal
Digastric	Suprahyoïde	Déglutition	Os temporal	OS hyoïde
Geniohyoid	Suprahyoïde	Déglutition	Mandibule	OS hyoïde
Mylohyoid	Suprahyoïde	Déglutition	Mandibule	OS hyoïde
Stylohyoid	Suprahyoïde	Déglutition	Os temporal	OS hyoïde
Omohyoid	Infrahyoïdien	Déglutition	Omoplate	OS hyoïde
Sternohyoid	Infrahyoïdien	Déglutition	Stemum	OS hyoïde
Sternothyroid	Infrahyoïdien	Déglutition	Stemum	Le cartilage thyroïdien
Thyrohyoid	Infrahyoïdien	Déglutition	Le cartilage thyroïdien	OS hyoïde
Iliocostalis	Dos	Flexion latérale /extension	3 <sup>rd</sup> -6 <sup>th</sup> nervure	C3-C6 (AP)
Longissimis capitis	Dos	Flexion latérale /extension	C5-T5 (TP)	Os occipital
Longissimis cervicis	Dos	Flexion latérale /extension	T1-T5 (TP)	C2-C6 (AP)
Multifidus	Dos	Rotation/stabilization	C4-T1 (AP)	C2-C6 (SP)
Semispinalis capitis	Dos	Rotation/extension	C4-T6 (TP)	Os occipital
Semispinalis cervicis	Dos	Rotation/extension	T1-T6 (TP)	C2-C5 (TP)
Splenius capitis	Dos	Rotation/extension	C7-T4 (SP)	Os occipital
Splenius cervicis	Dos	Rotation/extension	C7-T4 (SP)	C1-C3 (TP)
Levator scapula	Colonne vertébrale	Flexion latérale	C1 C4 (TP)	Omoplate
Minor rhomboid	Colonne vertébrale	Flexion latérale	C7-T1 (SP)	Omoplate
Trapezius	Colonne vertébrale	Extension	C0-T2 (SP)	Omoplate

## II.11. Structure nerveuse

### II.11.1. Moelle épinière

*Fonction* : Le cerveau est entouré par le crâne, tandis que la moelle épinière est entourée de vertèbres. La moelle épinière mesure environ 18 pouces de long et 1 pouce d'épaisseur. Il passe dans le canal rachidien protecteur du tronc cérébral à la première vertèbre lombaire. La moelle épinière sert de transmetteur d'informations entre le cerveau et le corps. Le cerveau envoie des messages moteurs aux membres et au corps à travers la moelle épinière, permettant

### Chapitre III : Anatomie et physiologie de la colonne cervicale

ainsi le mouvement. Les membres et le corps envoient des messages sensoriels au cerveau par le biais de la moelle épinière au sujet de ce que nous ressentons et touchons.

*Composition :* Les cellules nerveuses qui composent la moelle épinière (Figure III.29) sont appelées motoneurons supérieurs. Les nerfs qui partent de la colonne vertébrale le long du dos et du cou sont appelés motoneurons inférieurs. Ces nerfs sortent entre chacune des vertèbres et vont à toutes les parties du corps.

*Risques de blessures :* Tout dommage à la moelle épinière peut entraîner une perte de la fonction sensorielle et motrice au-dessous du niveau de la blessure. Par exemple, une blessure à la région thoracique ou lombaire peut entraîner une perte motrice et sensorielle des jambes et du tronc (appelée paraplégie). Une blessure à la région cervicale (cou) peut entraîner une perte sensorielle et motrice des bras et des jambes (appelée tétraplégie, anciennement appelée tétraplégie).

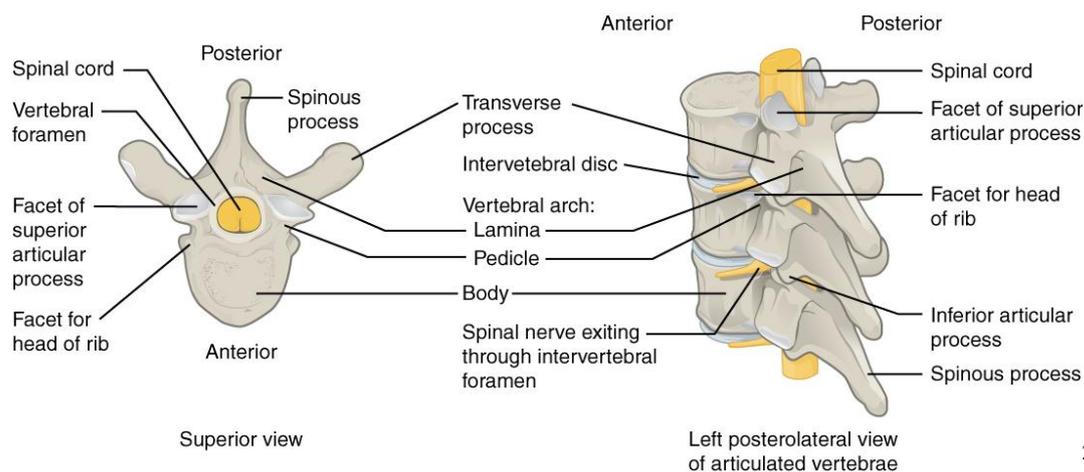


Figure III.29: Moelle épinière

#### II.11.2. Canal rachidien

Fonction : Le canal rachidien (Figure III.30) permet le passage de la moelle épinière. Dans la colonne cervicale, le contour du canal rachidien est ovale dans le plan transversal et le diamètre moyen antéro-postérieur est de 17 mm, bien que cela varie avec le mouvement: la flexion l'augmente et l'extension le diminue.

<sup>29</sup> <https://google.com/search?q=moelle+epiniere>

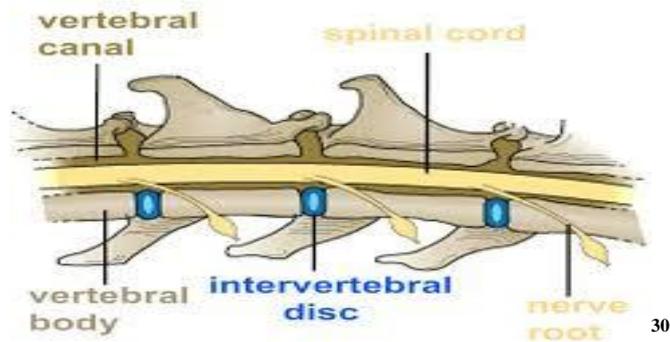


Figure III.30: Canal vertébral

### II.11.3. Nerfs spinaux

*Fonction* : Les nerfs spinaux (Figure III.31) agissent comme des «lignes téléphoniques», transportant des messages entre le corps et la moelle épinière pour contrôler la sensation et le mouvement. *Composition* : Chaque nerf spinal a deux racines. La racine ventrale (antérieure) transporte les impulsions motrices du cerveau et la racine dorsale (arrière) transmet les impulsions sensorielles au cerveau. Les racines ventrales et dorsales fusionnent pour former un nerf spinal qui se déplace dans le canal rachidien. La moelle épinière est recouverte de trois couches de méninges: pia, arachnoïde et dure-mère. Les nerfs rachidiens sortent du canal rachidien par le foramen intervertébral situé sous chaque pédicule. Les nerfs spinaux sont numérotés en fonction des vertèbres au-dessus desquelles ils sortent du canal rachidien. Les 8 nerfs rachidiens cervicaux vont de C1 à C8. Les nerfs spinaux innervent des zones spécifiques et forment un motif strié sur tout le corps appelé dermatomes. Les médecins utilisent ce schéma pour diagnostiquer l'emplacement d'un problème de la colonne vertébrale en fonction de la région de la douleur ou de la faiblesse musculaire.

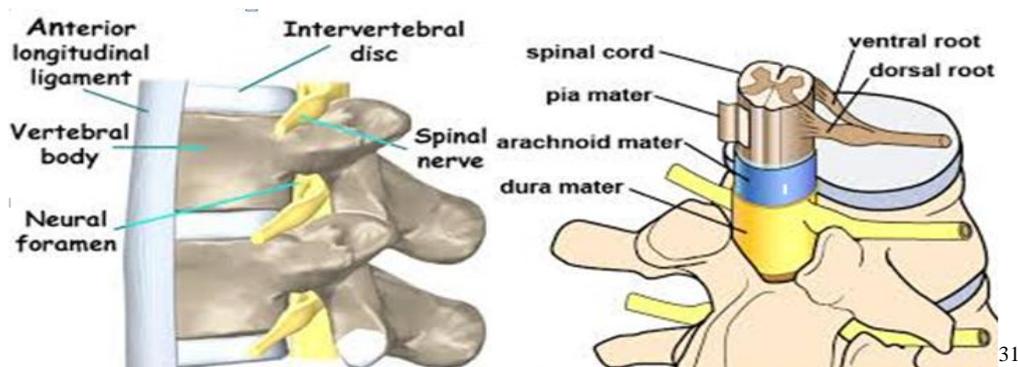


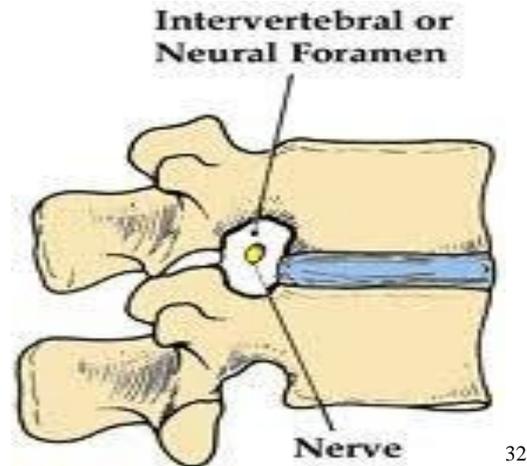
Figure III.31: Nerfs spinaux.

<sup>30</sup> <https://google.com/search?q=canal+vertebral>

<sup>31</sup> <https://google.com/search?q=nerfs+spinaux>

#### **II.11.4. Foramen Intervertébral**

Le foramen intervertébral (Figure III.32) se situe entre les pédicules adjacents et à travers lui, le nerf spinal émerge du canal rachidien. Le diamètre du foramen est réduit lors d'un mouvement combiné d'extension et de rotation ipsilatérale.



**Figure III.32:** Foramen intervertébral.

### **III. Conclusion**

Comprendre l'anatomie de la colonne cervicale équivaut fondamentalement à avoir le pouvoir et les connaissances nécessaires pour trouver la solution permettant de gérer correctement ce mécanisme fascinant. En essayant d'obtenir au moins une connaissance rudimentaire de ce domaine, nous avons compris que cela nous aidait beaucoup à comprendre le mécanisme des blessures pouvant affecter la colonne cervicale.

---

<sup>32</sup> <https://google.com/search?q=foramen+intervertebral>

*Ce chapitre concerne le traumatisme de la colonne cervicale ainsi que les méthodes de gestion associées.*

### **I. Introduction**

Les premiers signes connus de lésions traumatiques dans la moelle épinière se trouvent dans le papyrus d'Edwin Smith. Dans ce traité égyptien, six cas de lésion de la colonne cervicale ont été décrits. Cela a été suivi par des preuves de blessures à la colonne vertébrale chez l'homme préhistorique en Europe et dans les tombes des Indiens d'Amérique. De telles blessures étaient rares à l'époque médiévale. Elles sont devenues plus courantes après l'introduction de la poudre à canon et après la révolution industrielle, car elles résultaient en grande partie de blessures par balle, d'accidents dans les industries lourdes et, par la suite, de blessures causées par des automobiles. Au cours de la seconde moitié du dix-huitième siècle et du dix-neuvième siècle, (Matsy 1766), (Sir Charles Bell 1816), (Abercrombie 1828), (Sir Astley Cooper 1829), (Mayo 1836) et (Ollivier 1837) ont signalé des cas. Un certain nombre de blessures à la colonne vertébrale ont été décrites pendant la guerre civile américaine. Une commotion cérébrale a eu lieu dans des accidents de chemin de fer en Europe et aux États-Unis. Erickson (1875), un chirurgien britannique, a évoqué le syndrome clinique résultant de telles blessures. Theodor Kocher a été la première à étudier en profondeur les effets de la section totale du cordon soudaine, en 1896, sur la base des observations de 15 patients. Lors des deux guerres mondiales, de nombreuses blessures à la colonne vertébrale ont été causées par des balles pénétrantes et des fragments d'obus.

Jusqu'à la Première Guerre mondiale (1914-18), les lésions de la colonne vertébrale étaient généralement rares et sa gestion anecdotique, une maladie à ne pas traiter. Un nombre impressionnant de blessures à la colonne vertébrale pendant la guerre ont conduit à la mise en place d'installations spécialisées aux États-Unis, en Allemagne et en France. L'impuissance des traitements chirurgicaux et pharmacologiques a été remplacée par la reconnaissance du potentiel du travail d'équipe, des soins infirmiers et de la physiothérapie. La mortalité est restée élevée, les publications médicales sur la gestion des lésions de la colonne vertébrale ont commencé à augmenter.

La Seconde Guerre mondiale (1939-1944) a entraîné une augmentation du nombre de blessures à la colonne vertébrale et des centres spécialisés ont été créés de chaque côté de l'Atlantique.

### **II. Traumatisme médullaire**

#### **II.1. Considération anatomique**

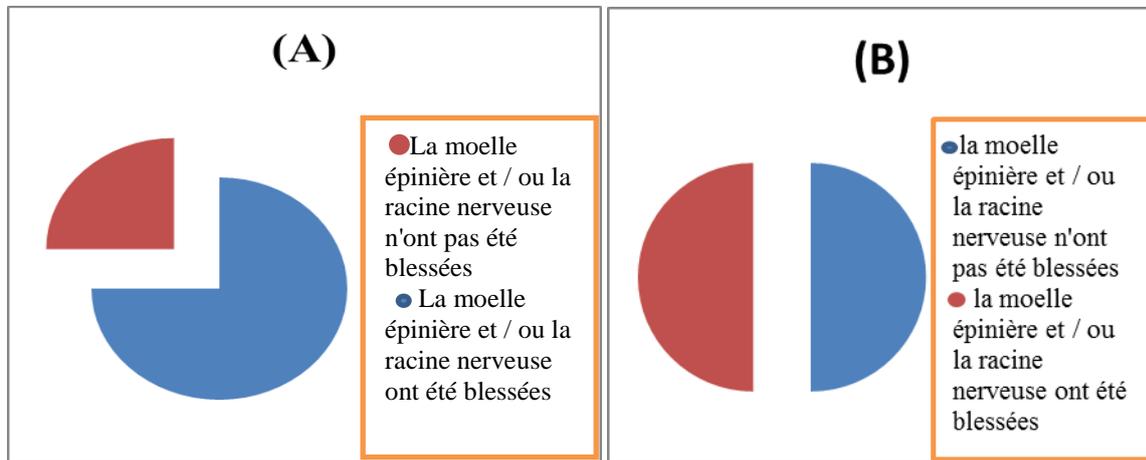
Les lésions de la moelle épinière dépendent en partie du fait que le traumatisme subi par la colonne vertébrale est direct ou indirect et d'autre partie du niveau auquel la colonne vertébrale a reçu le traumatisme. Les déformations osseuses résultantes sont déterminées par les variations de la structure de la colonne vertébrale à ses différents niveaux. Par exemple, la mobilité est la fonction principale de la colonne cervicale. Afin de faciliter la fonction, les vertèbres cervicales, en particulier C1 (atlas) et C2 (axe), sont plus petites et plus légères. Les vertèbres lombaires et la moelle épinière sous-jacente sont moins sensibles aux traumatismes indirects que la colonne cervicale. Cependant, la réponse au traumatisme direct est approximativement constante aux différents niveaux de la colonne vertébrale. Les sites les plus fréquents de lésion de la moelle épinière sont situés au niveau du haut du col utérin, du bas cervical, du bas thoracique et du haut des vertèbres lombaires. Dans une première étude réalisée par Wortis et Sharp (Wortis et Sharp 1941), les résultats qu'ils ont observés sont illustrés dans les figures suivantes. Il convient également de garder à l'esprit les dommages causés à la moelle épinière et aux racines nerveuses à la suite d'un traumatisme à la colonne vertébrale. La moelle épinière ou les racines nerveuses peuvent être lentement comprimées par la formation de cals exubérants dans le canal ou dans les foramens, par les modifications osseuses hypertrophiques de la spondylite secondaire se déformant ou par la hernie d'un disque intervertébral dans le canal.

#### **II.2. Physiopathologie des lésions médullaires**

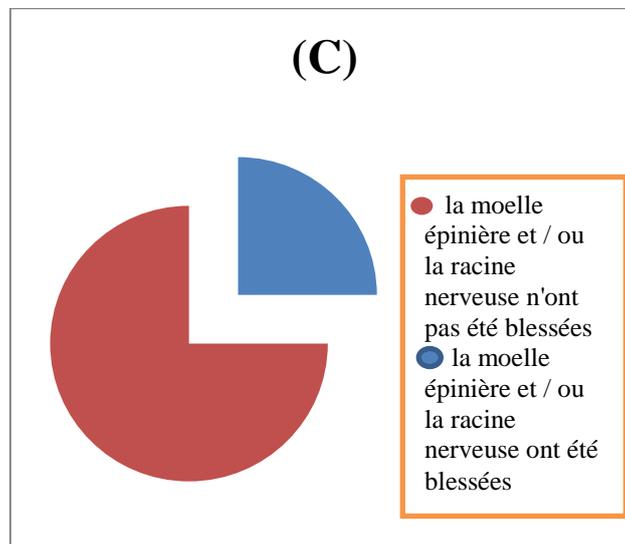
La physiopathologie des lésions de la moelle épinière comporte deux composantes: une composante primaire et une composante secondaire. Le composant principal concerne la lésion mécanique initiale au cours de laquelle une fracture et / ou une luxation de la colonne vertébrale due à des forces de flexion, d'extension, de luxation ou de distraction liées à la rotation entraîne l'application de forces sur la moelle épinière, entraînant une perturbation des axones, des vaisseaux sanguins et des vaisseaux lymphatiques et les membranes cellulaires. La composante secondaire, au cours de laquelle se produisent les changements sur le site de la

## Chapitre IV : Traumatisme de la colonne cervicale

blessure, ainsi que dessus et en dessous. Le composant secondaire se manifeste par un dysfonctionnement vasculaire, un œdème, une ischémie, une nécrose, une inflammation et une mort cellulaire apoptotique retardée.



**Figure IV.1:** Cas de fractures des vertèbres cervicales (A) et des fractures thoraciques (B).



**Figure IV.2:** Cas de fracture des vertèbres lombaires (C).

Une autre façon d'examiner la physiopathologie des lésions de la moelle épinière consiste en ce qu'elle se compose de plusieurs phases contiguës sur des périodes de temps différentes, que l'on peut classer par catégories: stades immédiat, aigu, intermédiaire et chronique de la lésion de la moelle épinière.

**TableIV.1:** Les différentes phases des blessures qui suivent le traumatisme.

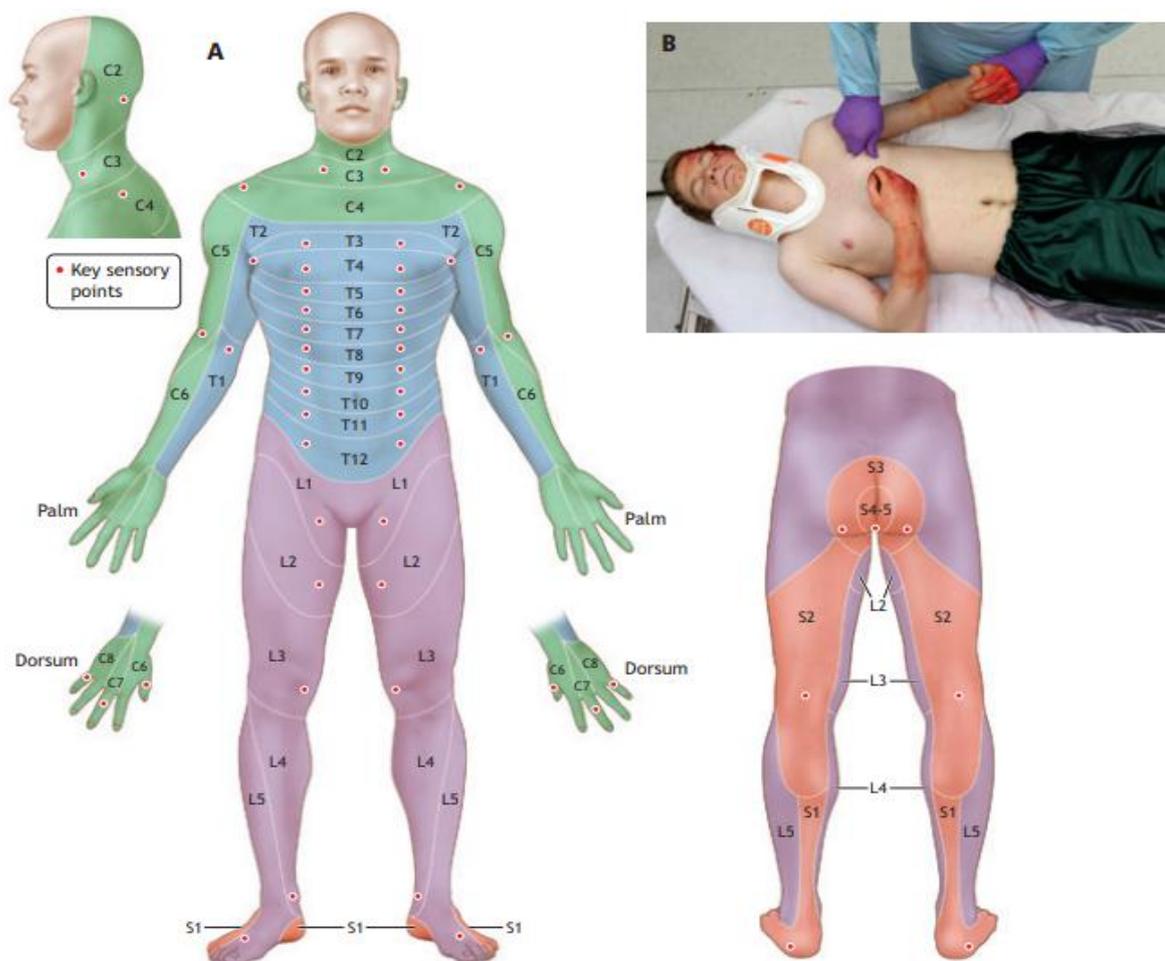
<b>Stades</b>	<b>Immédiat</b>	<b>Aigue</b>	<b>Intermédiaire</b>	<b>Chronique</b>
<b>Temps</b>	Cette phase commence au moment de la blessure et dure environ 2 heures.	Cette phase dure de 2-48 heures	Cette phase s'étend de 2 semaines à 6 mois	Cette phase débute aux 6 mois suivant la lésion traumatique de la moelle épinière

### **II.3. Examen sensoriel**

Le niveau sensoriel est une zone de la peau qui est innervée par les axones sensoriels au sein d'une racine nerveuse segmentaire particulière ayant une fonction sensorielle normale et qui peut souvent différer des deux côtés du corps. Pour des raisons pratiques, les zones cervicales supérieures (C1 à C4) ont une distribution cutanée quelque peu variable et ne sont pas couramment utilisées pour la localisation. Cependant, il convient de rappeler que les nerfs supraclaviculaires (C2 à C4) fournissent une innervation sensorielle à la région recouvrant le muscle pectoral (cape cervicale). La présence de sensations dans cette région peut confondre l'examineur lorsqu'il tente de déterminer le niveau sensoriel chez les patients présentant des lésions cervicales basses. Les points sensoriels clés sont décrits dans la figure IV.3.

### **III. Blessures à la colonne cervicale**

Des fractures de la colonne cervicale peuvent être présentes chez les patients polytraumatisés et doivent être suspectées chez les patients se plaignant de douleurs au cou. Ces fractures sont plus courantes chez les hommes âgés d'environ 30 ans et sont le plus souvent causées par des accidents de voiture. La colonne cervicale est divisée en la colonne cervicale supérieure (occiput-C2) et la colonne vertébrale cervicale inférieure (C3-C7), selon les différences anatomiques et comme a été mentionné précédemment. Les fractures de la colonne cervicale supérieure incluent des fractures du condyle occipital et de l'atlas, des dislocations atlanto-axiales, des fractures de l'odontoïde et des fractures du pendu dans le segment C2. Ces fractures sont caractérisées sur la base de classifications spécifiques. Dans la colonne cervicale inférieure, les fractures suivent le même schéma que dans les autres segments de la colonne vertébrale. Il est important de classer correctement la fracture pour assurer un traitement approprié. Lésions nerveuses ou médullaires, les infections sont les principales complications de la fracture de la colonne cervicale.



1

**Figure IV.3:** Dermatomes rachidiens. (A) Points sensoriels clés par les dermatomes de la colonne vertébrale. (B) Évaluation de la réponse sensorielle – mamelon, T4.

### III.1. Classification des lésions de la colonne cervicale

Dans la pratique, un diagnostic et une gestion précis et efficaces des CSI sont nécessaires pour éviter toute détérioration neurologique ultérieure. L'évaluation de la stabilité de la colonne vertébrale est essentielle car le choix du traitement dans chaque type de fracture dépend du fait que la blessure est considérée comme stable ou non, voir Tableau IV. 2. Depuis le système de classification des lésions cervicales de Böhler en 1951 (Hernigou 2016), de nombreux systèmes ont été développés pour classer les CSI, mais aucun d'entre eux n'a été accepté de manière uniforme par les chercheurs ou les cliniciens (Aebi, Nazarian 1987, Harris, Edeiken-Monroe et autres). 1986, Allen, Ferguson et al, 1982). Les CSI peuvent être classés en fonction du niveau de lésion (C0 – C7), du mécanisme du traumatisme (Allen, Ferguson et al. 1982, Harris, Edeiken-Monroe et al. 1986), de la morphologie (Bohlman

<sup>1</sup> <https://google.com/search?q=les+points+sensoriels+par+les+dermatomes+de+la+colonne+cervical>

## *Chapitre IV : Traumatisme de la colonne cervicale*

1979), de l'instabilité de la lésion (Vaccaro, Koerner et autres 2016, Vaccaro, Hulbert et autres 2007), ou statut neurologique (Vaccaro, Koerner et autres 2016, Vaccaro, Hulbert et autres 2007).

Les lésions de la colonne cervicale peuvent résulter d'un ou de plusieurs des mécanismes de blessure suivants:

- Charge axiale
- Flexion
- Extension
- Rotation
- Flexion latérale

Le mécanisme de blessure le plus fréquent est la flexion (46-79%), suivi des mécanismes d'extension (20-38%), de flexion-rotation (12%), de compression verticale (12%) et d'hyperextension / rotation latérale (4-6 %), respectivement.

La stabilité de la colonne vertébrale indique que les éléments osseux et ligamentaires de la colonne vertébrale resteront dans les mêmes positions relatives sans se déplacer ou se séparer les uns des autres dans le temps. L'instabilité rachidienne indique que, sans stabilisation, les éléments rachidiens peuvent se déplacer et en se déplaçant, induisent des lésions neurologiques, des tissus mous ou des lésions osseuses supplémentaires.

Un système de classification idéal serait simple, reproductible et mettrait en évidence les caractéristiques de la blessure pertinentes pour les soins du patient. Cependant, en raison du large spectre de lésions de la colonne cervicale, il est difficile de créer un système de classification complet qui ne soit pas encombrant.

### **III.2. Mécanisme de traumatologie**

Un traumatisme à la colonne vertébrale peut survenir en raison de charges aiguës telles que celles résultant de chutes, de plongées, d'activités sportives, d'accidents de la route ou de diverses autres activités. Ces mécanismes de telles blessures résultent généralement de forces indirectes générant flexion, extension, distraction, compression, cisaillement et rotation de la colonne vertébrale. Une relation directe a été observée entre l'ampleur des forces et l'ampleur et la gravité des blessures. L'élaboration d'un système de classification des traumatismes de la colonne vertébrale a commencé au début du siècle dernier. Les premiers travaux visaient à caractériser la gravité de la lésion et à élaborer des théories permettant d'élucider les

mécanismes de la lésion dans le but d'optimiser les stratégies de traitement. Ce travail nous a inspirés et nous avons décidé de suivre le même chemin dans l'étude des fractures instables afin de minimiser la zone de danger au stade pré-hospitalier.

### **III.2.1. Blessures instables**

#### **III.2.1.1: Fractures de la goutte en flexion**

Une fracture de flexion en forme de goutte est une fracture de la face antéro-inférieure d'un corps vertébral cervical. Cette fracture se poursuit dans le plan sagittal à travers le corps vertébral et elle est associée à une déformation du corps et à une subluxation ou une luxation des facettes articulaires au niveau de la lésion. Une fracture de flexion en forme de goutte est généralement accompagnée d'une lésion de la moelle épinière, souvent due au déplacement de la partie postérieure du corps vertébral dans le canal rachidien.

##### **a) Épidémiologie**

Les fractures de la goutte par flexion résultent généralement de la plongée dans l'eau profonde, de l'impact sur le tableau de bord lors d'un accident de la route ou d'une chute. Il s'agit d'une fracture instable qui s'est produite principalement au niveau C5 à 70% et moins fréquemment aux niveaux C4 et C6, mais elle n'a jamais été rencontrée au niveau C3 ou C7.

##### **b) Présentation clinique**

La lésion neurologique caractéristique accompagnant cette fracture est le syndrome du cordon antérieur. Ce syndrome consiste en une tétraplégie avec perte de douleur, de température et de sensations tactiles, et en préservant les sens de position, de mouvement et de vibrations de la colonne postérieure, qui est souvent la cause de la paraplégie.

##### **c) Physiopathologie**

Cette fracture résulte d'une combinaison de flexion forcée et de compression axiale de la colonne cervicale qui se produit lorsque le cou est fléchi et que la tête frappe un objet solide.

##### **d) La méthode de gestion**

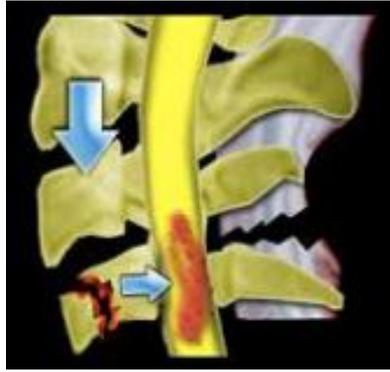
Le traitement optimal des fractures instables de la goutte en flexion cervicale est controversé. Au stade pré-hospitalier, la meilleure chose à faire pour le patient est de minimiser autant que possible la flexion avec une stabilisation rigide.

**Tableau IV.2:** Classification des lésions de la colonne cervicale stables et instables (Özkan ÖZSARLAK,. SPINAL VERTEBRAL TRAUMA).

Mécanisme	Blessures stables		Blessures instables	
	Type	Niveau	Type	Niveau
<b>Flexion</b>	Fracture en coin simple	Tout	Fracture de la goutte en flexion	Tout
	Subluxation antérieure	Tout	Luxation bilatérale de la facette	Tout
	Fracture du pelletier	Inférieur		
<b>Flexion-rotation</b>	Luxation faciale unilatérale	Tout	Luxation rotatoire d'atlanto-axial	C1-C2
<b>Extension</b>	Fracture du hangman	C2	Fracture d'hangman	C2
	Extension teardrop fracture	Tout	Fracture de la goutte en extension	Tout
	Fracture de l'arc ostérieur isolé	C1	Dislocation d'hyperextension	Tout
	Fracture d'avulsion de l'arc antérieur	C1		
<b>Hyperextension latérale rotation</b>	Fracture du pillier		pédicolaminaire separation type 4	Tout
	Pédicolaminaire separation type 1, 2, 3	Tout		

*Chapitre IV : Traumatisme de la colonne cervicale*

<b>compression Verticale</b>	Fracture C1 de Jefferson	C1		
	Fracture par éclatement du corps vertébral	Inférieur	Fracture par éclatement du corps vertébral	Inférieur
<b>Blessures craniocervicales</b>	Fracture d'atlas type 1, 2 and 4	C1	Fracture d'atlas type 5 (Jefferson's fracture)	C1
	Fracture d'atlas type 3	C1	Fracture d'atlas type 3	C1
	fracture types d'odontoïde type 1,3	C2	la subluxation-distraction d'atlanto axial	C1
	Fracture du condyle occipital 1,2	Occiput	La dislocation-distraction d'atlanto occipital	C1
			Fracture d'odontoïde de type 2	C2
			Fracture du condyle occipital type III	Occiput



**Figure IV.4:** Fracture de la goutte en flexion.

### **III.2.1.2: Fracture de goutte en extension**

Ces blessures impliquent une hyperextension de la colonne cervicale. Avec une force réduite, il ne peut y avoir qu'une entorse ligamenteuse. Au fur et à mesure que la force augmente, des dommages plus importants se produisent, entraînant une perturbation du ligament longitudinal antérieur et une luxation éventuelle.

#### **a) Épidémiologie**

Les lésions d'hyperextension de la colonne cervicale résultent généralement d'un traumatisme crânien à la tête ou d'un accident de la route impliquant un véhicule à moteur. Les patients plus âgés ont un risque accru d'hyperextension car les maladies dégénératives limitent l'étendue du mouvement de la colonne vertébrale libre. Lorsque ces blessures impliquent un coup frontal, des blessures au visage peuvent être associées. C'est une blessure instable.

#### **b) Présentation clinique**

La présentation clinique dépend du degré de force d'hyperextension supportée. Chez les patients âgés, la lésion d'hyperextension en forme de goutte nécessite moins de force, se produit généralement en C2 et n'entraîne généralement pas de lésion de la moelle épinière ou de la racine nerveuse. Les lésions de larmes d'hyperextension au niveau des vertèbres inférieures à C2 et les dislocations d'hyperextension sont généralement associées à des lésions neurologiques, en particulier le syndrome du cordon central, sensation de température sans perte de sensibilité au toucher et avec lésion progressive, perte de la fonction de la vessie et déficits des membres inférieurs.

---

<sup>2</sup> <https://google.com/search?q=fracture+de+la+goutte+en+flexion>

### c) Physiopathologie

À l'exception de la lésion d'hyperextension en forme de goutte chez les patients âgés, voir figure IV.5, ces forces d'hyperextension entraînent généralement des lésions de la colonne cervicale inférieure, généralement entre C5 et C6. À mesure qu'augmente la force d'hyperextension, le nombre de structures blessées augmente également. Initialement, il y a une lésion des tissus mous pré-vertébraux, puis une lésion du ligament longitudinal antérieur et des disques. Il peut y avoir une hernie discale, ou les disques peuvent être retirés de leurs plaques d'extrémité. Une force encore plus grande blesse les trois colonnes de la colonne vertébrale, provoquant une luxation d'hyperextension avec fractures simultanées et une possible blessure du cordon. Bien que des fractures laminaires puissent survenir lors de blessures dues à la flexion et à la compression, elles peuvent également être observées isolément ou associées à d'autres lésions d'hyperextension.

### d) La méthode de gestion

Le cou doit être protégé de toute force d'extension ou de flexion éventuelle à l'aide d'un collier garantissant une stabilisation rigide et une limitation de l'activité.

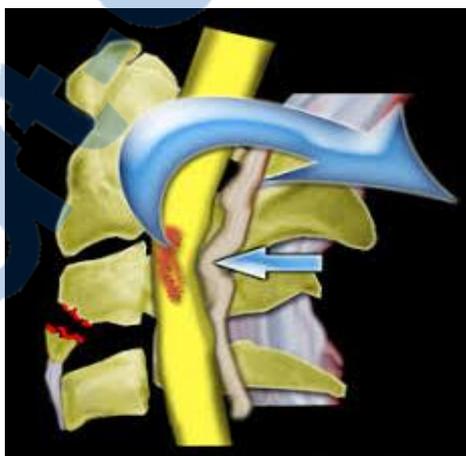


Figure IV.5: Fracture de goutte d'eau en extension.

### III.2.1.3: Luxation de l'hyperextension

La lésion pathologique de la luxation d'hyperextension consiste en une rupture du ligament longitudinal antérieur et soit en une avulsion de la vertèbre impliquée du disque sous-jacent, soit en une rupture horizontale du disque. L'excursion postérieure continue de la vertèbre impliquée retire le ligament longitudinal postérieur du corps vertébral sous-jacent, permettant ainsi à la vertèbre luxatrice d'empiéter sur la surface ventrale de la moelle épinière

<sup>3</sup> <https://google.com/search?q=fracture+de+la+goutte+en+extension>

**a) Épidémiologie:**

La luxation hyperextension (voir figure IV.6) de la colonne cervicale est généralement le résultat d'un accident de la route à décélération brutale à grande vitesse; bien que toute circonstance qui délivre une force majeure dirigée vers l'arrière vers le visage puisse provoquer la luxation. Cela peut se produire à n'importe quel niveau de la colonne cervicale et constituer une blessure instable.

**b) Présentation clinique**

Les symptômes de cette blessure se résument en des changements sensoriels inférieurs au niveau de dislocation et de déficience motrice qui sont disproportionnellement plus importants dans les membres supérieurs que dans les membres inférieurs et un dysfonctionnement de la vessie, entraînant une rétention urinaire, peut être présent. Selon le type et le degré de dommage au cordon central, la tétraplégie peut être permanente et la mort peut survenir. Parfois, la paralysie flasque des membres supérieurs existe seulement, mais tous les patients peuvent présenter des signes de traumatisme facial.

**c) Physiopathologie**

Le mécanisme est l'hyper extension du cou.

**d) La méthode de gestion**

L'utilisation d'un collier qui assure une stabilisation rigide et limite l'activité du cou est le moyen le plus approprié de gérer ce type de fracture.



**Figure IV.6:** Fracture par luxation d'hyperextension.

**III.2.1.4: Luxation bilatérale de la facette**

La luxation bilatérale de la facette se produit lorsque la facette inférieure d'une vertèbre se déplace antérieurement sur la facette supérieure de la vertèbre inférieure, en se verrouillant

---

<sup>4</sup> <https://google.com/search?q=fracture+par+luxation+d'hyperextension>

dans les foramens intervertébraux, ce qui crée une fracture très instable. Les reconstructions sagittales identifient le mieux les facettes verrouillées et luxées; les vues axiales peuvent démontrer un «signe de pain de hamburger inversé». Alors que les lésions de luxation des facettes sont rares, représentant moins de 10% des lésions de la colonne C, la morbidité neurologique est tragiquement élevée. Les mécanismes habituels de cette blessure incluent les collisions de véhicules à moteur (61%) et les accidents de plongée (15%), où se produisent une flexion extrême et une charge axiale.

### **a) Épidémiologie**

Le mode commun de cette blessure inclut les collisions de véhicules à moteur (61%) et les accidents de plongée (15%). Il représente moins de 10% des blessures à la colonne vertébrale. C'est certainement une fracture instable, elle apparaît surtout aux C5-C6 et C6-C7.

### **b) Présentation clinique**

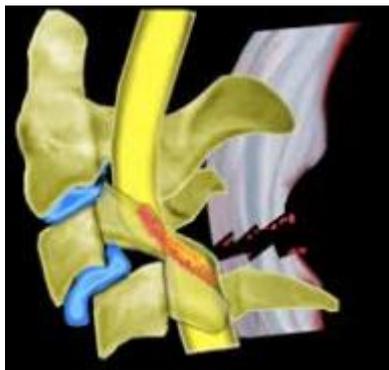
Elle est associée à des lésions importantes des tissus mous et à un déficit neurologique de l'ordre de 90%. Les signes cliniques de lésion de la moelle épinière aux membres supérieurs peuvent inclure une perte de sensation, une faiblesse motrice, une diminution des réflexes tendineux profonds du tendon et / ou la présence d'un réflexe pathologique (par exemple, clonus et Hoffman). Aux membres inférieurs, on peut également observer les signes d'une lésion du motoneurone supérieur. La démarche peut également être anormale, en particulier lors de la marche «talon orteil». Dans des cas plus extrêmes, une perte de fonctions vitales, une paralysie ou la mort peuvent survenir. Le niveau vertébral de la luxation peut avoir un impact direct sur la localisation et le type de symptômes.

### **c) Physiopathologie**

Cela peut être dû à une flexion externe (voir figure IV.7), à une charge axiale et à des lésions de distraction de flexion.

### **d) La méthode de gestion**

Le patient doit être stabilisé et transporté en toute sécurité au service des urgences pour une prise en charge orthopédique et / ou neurologique. La zone endommagée doit être protégée de toute flexion ou charge axiale par une stabilisation semi-rigide.



**FigureIV.7:** Fracture par luxation de la facette bilatérale.

### **III.2.1.5: Fracture du condyle occipital type 3**

Les fractures occipitales (voir figure IV.8) sont rares en raison de leur position anatomique. Les lésions temporopariétales sont plus courantes dans ce contexte. Cependant, les fractures du condyle occipital (FCO) demeurent graves. Certaines structures assurent la stabilité de cette région condylienne; ce sont la membrane tectoriaire et les ligaments alaires, qui fixent le crâne aux vertèbres C2 et C3. OCF pourrait s'associer à des manifestations cliniques sévères.

#### **a) Épidémiologie**

Il s'agit d'un événement rare pouvant être causé par un impact important. L'accident de véhicule automobile est principalement lié à un OCF instable. Cette fracture est due à un traumatisme avec une transmission d'énergie cinétique élevée. Elle se produit au niveau occipital.

#### **b) Présentation clinique**

La douleur au cou peut être le seul symptôme, bien que le déficit neurologique, y compris l'hémi-parésie (attribuable à la contusion de la moelle épinière adjacente ipsilatérale) soit reconnu, le déficit du nerf crânien inférieur est un signe classique mais ne survient que dans un tiers des cas. Il n'est pas associé à une atteinte neurologique.

#### **c) Physiopathologie**

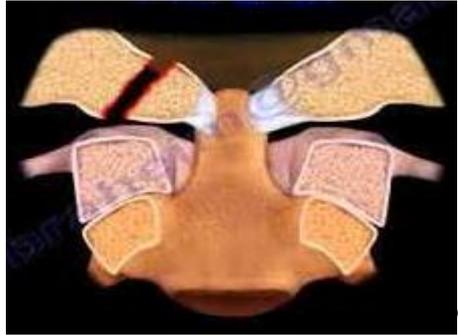
L'hyperextension du cou associée aux forces verticales situées au-dessus de la jonction craniocervicale peut être considérée comme une cause possible.

#### **d) La méthode de gestion**

La stabilisation doit être rigide et de conception variable pour les blessures potentiellement instables.

---

<sup>5</sup> <https://google.com/search?q=fracture+par+luxation+de+la+facette+bilaterale>



**Figure IV.8:** Fracture du condyle occipital de type 3.

### **III.2.1.6: Fracture par éclatement du corps vertébral**

Une fracture en rafale est un terme descriptif pour une blessure à la colonne vertébrale dans laquelle le corps vertébral est gravement comprimé. Avec beaucoup de force verticalement sur la colonne vertébrale, une vertèbre peut être écrasée. S'il est seulement écrasé à l'avant de l'épine dorsale, il prend la forme d'un coin et s'appelle fracture par compression. Cependant, si le corps vertébral est écrasé dans toutes les directions, on parle de fracture par éclatement. Le terme éclat signifie que les marges du corps vertébral sont réparties dans toutes les directions. C'est une blessure beaucoup plus grave qu'une fracture de compression pour deux raisons. Les marges osseuses s'étendant dans toutes les directions, la moelle épinière est susceptible de se blesser. Le fragment osseux qui se propage vers la moelle épinière peut faire une ecchymose à la moelle épinière, provoquant une paralysie ou une lésion neurologique partielle. De plus, en écrasant tout le bord du corps vertébral, la colonne vertébrale est beaucoup moins stable qu'une fracture par compression. Elle se produit au niveau C3-C7.

#### **a) Épidémiologie**

Cette fracture survient généralement à la suite d'un traumatisme grave, tel qu'un accident de la route ou une chute de hauteur.

#### **b) Présentation clinique**

Il peut provoquer une perte de force ou du contrôle de la vessie, des sensations ou des réflexes inférieurs au niveau de la blessure. Cependant, des douleurs peuvent également être présentes dans les jambes après la distribution des nerfs touchés. Sensation de type de choc électrique dans les jambes en cas de compression médullaire.

---

<sup>6</sup> <https://google.com/search?q=fracture+du+condyle+occipital+du+type3>

**c) Physiopathologie**

Le mode de traumatisme peut être conclu en compression verticale, blessure compressive à haute énergie (chargement axial), un peu comme la fracture de Jefferson avec beaucoup de force verticale sur la colonne vertébrale, (voir figure IV.9).

**d) La méthode de gestion**

La zone de blessure doit être protégée de toute charge axiale. la tête doit être stabilisée dans une position de confort avec une stabilisation douce.

**III.2.1.7: Fracture Atlas de type 3**

C'est une fracture combinée des arcades antérieure et postérieure de l'atlas, (voir figure IV.10).

**a) Épidémiologie**

Ils représentent 5% à 10% des fractures cervicales.

**b) Présentation clinique**

Fréquemment, il est représenté par une douleur dans le cou.



**Figure IV.9:** Fracture par éclatement du corps vertébral.

**c) Physiopathologie**

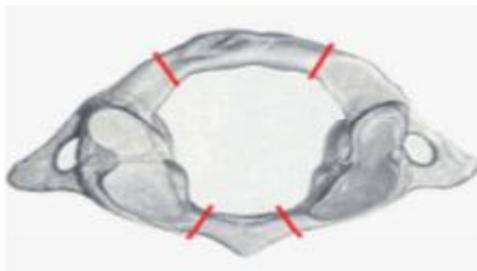
C'est une blessure crano-cervicale résultant d'une charge axiale.

---

<sup>7</sup> <https://google.com/search?q=fracture+par+eclatement+du+corps+vertebral>

**d) La méthode de gestion**

La prise en charge initiale de cette fracture consiste en une stabilisation rigide.



8

**Figure IV.10:** Fracture de l'atlas de type 3.

**III.2.1.8: Fractures de Jefferson**

Une fracture de Jefferson est une fracture osseuse des arcades antérieure et postérieure de la vertèbre C1, bien qu'elle puisse aussi apparaître comme une fracture en trois ou deux parties. Et il peut être accompagné d'une coupure dans d'autres parties de la colonne vertébrale.

**a) Épidémiologie**

Deux à 13% des fractures de la colonne cervicale impliquent C1. La fracture de Jefferson (voir figure IV.11) est certainement une fracture instable. Les types de blessures comprennent les accidents de la route, les chutes et la plongée. Les patients pédiatriques présentant des fractures C1 sont rares.

**b) Présentation clinique**

Les déficits neurologiques sont rares avec ces blessures, car les fragments se dispersent généralement. La douleur dans la partie supérieure du cou et les céphalées postérieures sont les symptômes les plus courants, mais aucun signe neurologique.

**c) Physiopathologie**

Parce que C1 est un anneau, deux lignes de fracture ou plus le traversent. Habituellement, le mécanisme de la blessure implique une compression verticale. La structure des fractures dépend de la position de la tête au moment de l'impact et du degré de force de rotation appliquée.

**d) La méthode de gestion**

La prise en charge initiale de cette fracture se fait par traction cervicale.

---

<sup>8</sup> <https://google.com/search?q=fracture+de+l'atlas+de+type3>

La traction cervicale est un traitement pour une hernie discale dans le cou qui soulage la douleur en réduisant la pression exercée sur les racines nerveuses comprimées présentes dans le canal rachidien.



9

**FigureIV.11:** Fracture de type 5 de l'atlas «Fracture de Jefferson».

### **III.2.1.9: Fracture d'odontoïde de type 2**

Une fracture odontoïde de type II est une rupture qui survient dans une partie spécifique de C2, le deuxième os du cou. Dans une fracture de type II, le type le plus courant, la cheville est cassée à sa base.

#### **a) Épidémiologie**

Les fractures C2 constituent environ 20% des fractures de la colonne cervicale. Greene et ses collaborateurs ont découvert que 59% des 340 patients fracturés de type C2 (axe) étaient atteints de fractures de densités. Parmi elles, les fractures de type II étaient les plus courantes (120 fractures sur 199, 60%). Seuls 2 patients avaient une fracture de type I23. Les patients âgés de plus de 50 ans avaient tendance à souffrir de lésions de type II qui présentaient certainement des fractures instables, alors que les patients plus jeunes avaient plus souvent des lésions de type III.

#### **b) Présentation clinique**

Les patients souffrant de fractures aiguës des tanières présentent généralement une douleur cervicale supérieure et une restriction des mouvements du cou. Ils peuvent avoir tendance à soutenir leur tête avec leurs mains tout en passant d'une position verticale à une position couchée. Une myélopathie cervicale peut survenir en cas de compression du cordon par les segments de fracture déplacés. 82% des patients ayant subi une fracture de type II ont présenté un état neurologique intact; 8% avaient des perturbations sensorielles minimales sur le cuir chevelu ou le membre; et 10% avaient des déficits neurologiques importants.

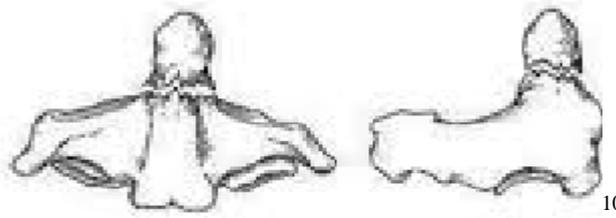
<sup>9</sup> <https://google.com/search?q=fracture+de+type5+de+latlas>

**c) Physiopathologie**

La cause la plus courante de cette fracture est l'hyper flexion du cou, la flexion et l'extension de la colonne cervicale.

**d) La méthode de gestion:**

Cette fracture doit être gérée en appliquant une traction avec stabilisation rigide uniquement si cela est nécessaire (en fonction du temps).



**FigureIV.12:** Fracture de Processus odontoïde de type 2.

**III.2.1.10: Subluxation / distraction d'atlanto-axiale**

La subluxation atlanto-axiale est une affection dans laquelle les vertèbres cervicales sont légèrement disloquées ou mal alignées. Atlantoaxial fait référence à l'articulation entre la première et la deuxième vertèbre du cou, appelées vertèbres C1 et C2. La subluxation est un terme utilisé pour décrire une légère luxation ou un mauvais alignement. Par conséquent, la subluxation atlanto-axiale signifie simplement une légère dislocation ou un mauvais alignement de l'articulation dans le cou formée par les vertèbres C1 et C2. La luxation de l'articulation atlanto-axiale peut exercer une pression supplémentaire sur la moelle épinière, entraînant des douleurs ou divers troubles musculaires, tels que la spasticité, une condition dans laquelle les muscles sont continuellement contractés.

**a) Épidémiologie**

Les traumatismes liés à la distraction atlantoaxiale post-traumatique résultent le plus souvent d'accidents de la route, de chutes et de sports. Globalement, les distractions atlanto-axiales post-traumatiques et les subluxations ne sont pas courants.

**b) Présentation clinique**

Les patients atteints de ce type de fractures présentent généralement des douleurs dans le cou, juste en dessous du crâne, où se trouvent les vertèbres C1 et C2, une faiblesse musculaire, une spasticité, un dysfonctionnement sensoriel, des picotements et un engourdissement des

<sup>10</sup> <https://google.com/search?q=fracture+de+processus+odontoid+type2>

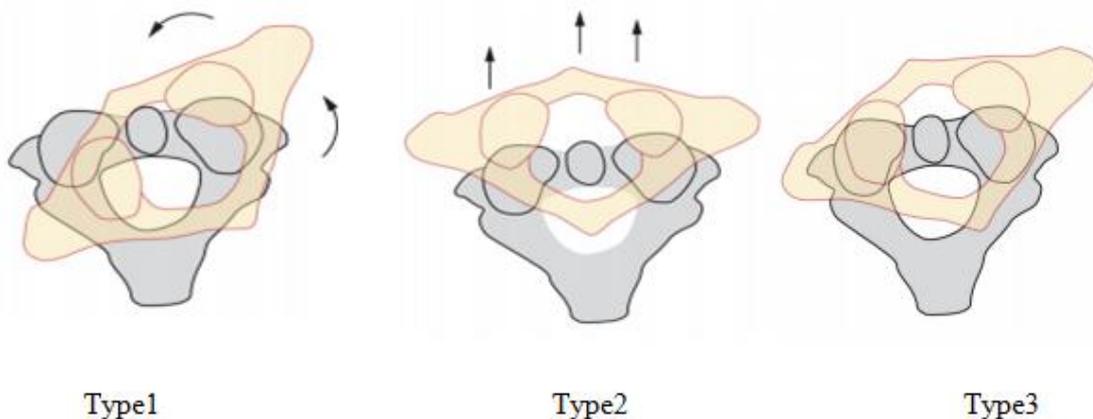
membres supérieurs, de la paroi thoracique et du cou, une faiblesse des membres supérieurs et inférieurs, tétraplégie, sensation de tête qui tombe en avant, dysfonctionnement respiratoire et changements de conscience.

**c) Physiopathologie**

Le mécanisme de la blessure implique généralement une distraction avec extension ou flexion. Le ligament transverse empêche normalement le déplacement antérieur de l'atlas, de sorte que le ligament transverse est souvent vu comme blessé dans ces cas. Les ligaments alaires aident à maintenir la stabilité, mais peuvent ne pas être en mesure de soutenir l'articulation C1-C2 lorsque le ligament transverse est blessé. Le ligament longitudinal antérieur, le ligament longitudinal postérieur, la membrane tectoriale et d'autres ligaments croisés constituent également un support pour l'articulation C1-C2. La rupture de ces ligaments peut entraîner une subluxation ou une luxation. Les fractures de type II du processus odontoïde peuvent également entraîner une subluxation ou une luxation de C1 sur C2. Les infections ou les néoplasmes affaiblissent ces ligaments et peuvent donc être perturbés par des blessures relativement bénignes.

**d) La méthode de gestion**

La meilleure procédure consiste à utiliser une stabilisation douce de la zone.



**Figure IV.13:** Fracture par subluxation / distraction d'atlanto-axiale.

**III.2.1.11: Luxation rotatoire atlanto-axiale**

La subluxation d'atlanto-axiale est un trouble de C1-C2 entraînant une altération de la rotation du cou. La facette antérieure de C1 est fixée sur la facette de C2. Il peut être associé à une luxation de la masse latérale de C1 sur C2.

<sup>11</sup> <https://google.com/search?q=fracture+par+subluxation+datlanto+axial>

### **a) Épidémiologie**

C'est certainement une fracture instable qui s'est produite au niveau C1-C2. L'articulation entre la première et la deuxième vertèbre cervicale chez l'enfant présente des caractéristiques anatomiques uniques, telles qu'une laxité ligamentaire inhérente pouvant conduire à un conflit entre les ménisques et des plis synoviaux au niveau des articulations atlanto-axiales latérales. Cela peut expliquer la prédominance des cas de fixation atlantoaxiale par subluxation rotative chez l'enfant. Peu d'études ont clairement défini l'épidémiologie des anomalies de rotation atlantoaxiales. Bien que peu communs, la plupart des cas dans la littérature, en particulier ceux attribués à une blessure, se sont produits chez des enfants. Un traumatisme mineur est un facteur de risque connu antérieur.

### **b) Présentation clinique**

Cette fracture peut être représentée soit par une rotation limitée du cou, soit, dans de rares cas, par une fixation et par une altération de la rotation du cou, intitulée tête, douleur au cou et mal de tête.

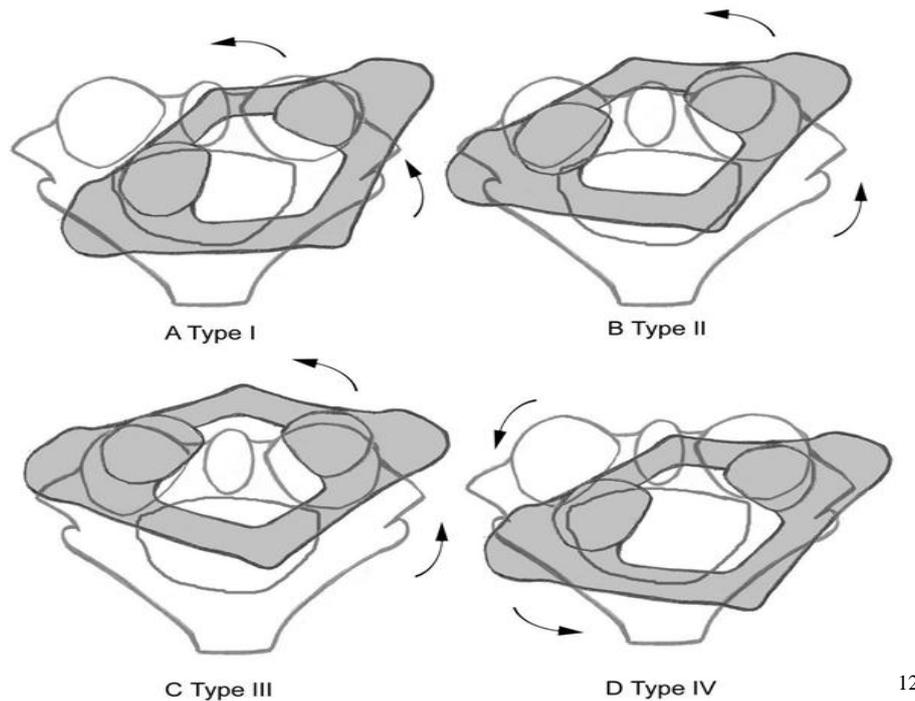
Le diagnostic de subluxation rotative C1-C2 doit être envisagé lorsque les symptômes et la présentation du patient ne correspondent pas à ceux du torticolis en raison d'une contrainte musculaire ou ligamentaire. La tête est souvent maintenue dans le cock robin classique [position avec la tête inclinée (fléchie latéralement)] sur un côté et elle tourne sur le côté opposé à la luxation de la facette. La tête subit souvent une rotation extrême. En l'absence de traumatisme grave, la plupart des patients subiront un examen neurologique normal, une douleur intense et une incapacité et / ou une réticence à bouger la tête seront régulièrement présents.

### **c) Physiopathologie**

Ce type de fracture a tendance à se produire en raison des mécanismes de flexion-rotation. Il n'y a pas besoin d'être traumatisé à haute énergie pour causer ce type de fracture.

### **d) La méthode de gestion**

Protégeant la tête contre toute flexion, les forces de rotation, la tête doit être sécurisée dans une position de confort avec une stabilisation douce.



12

**FigureIV.14:** Fracture par luxation d'atlanto axial en rotation.

### III.2.1.12: Fracture d'Hangman

La fracture d'hangman est une rupture dans une partie spécifique d'un os du cou. L'axe C2, comme tous les os de la colonne vertébrale, C2 est constitué de deux sections principales. L'un est une partie solide, solide et cylindrique appelée le corps. L'autre est un arc osseux appelé lamina, qui entoure le canal rachidien et protège la moelle épinière. Il existe une projection d'os reliant le corps à la lame, appelée pars interarticularis. Dans une fracture d'hangman, les parties de fractures C2 se cassent des deux côtés en même temps, le corps de C2 peut se déplacer par rapport à la vertèbre inférieure, C3. C'est le type de fracture prétendument créée par la pendaison judiciaire.

#### a) Épidémiologie

Les fractures d'hangman sont généralement causées par des accidents de route, des chutes et parfois des accidents de plongée ou d'athlétisme. Les chutes constituaient le principal mécanisme des fractures du hangman (typiques et atypiques), représentant 56% des blessures, tandis que les accidents de route comptaient pour 33%. Ce pourrait être une fracture instable.

<sup>12</sup> <https://google.com/search?q=fracture+par+luxation+atlanto+axial+en+rotation>

**b) Présentation clinique**

L'âge moyen des patients représentés avec cette fracture est (59 ans) supérieur à celui rapporté par d'autres auteurs et études (31,2 à 40 ans), ce qui pourrait expliquer la plus grande incidence des chutes en tant que mécanisme de lésion. Les fractures du pendu sont associées à des lésions cérébrales provoquées par une commotion cérébrale, à une blessure au visage, à une trachée ou à un larynx, à un traumatisme à la poitrine et à une dissection de l'artère vertébrale; une blessure au cordon est inhabituelle puisque la fracture est intrinsèquement décompressée.

**c) Physiopathologie**

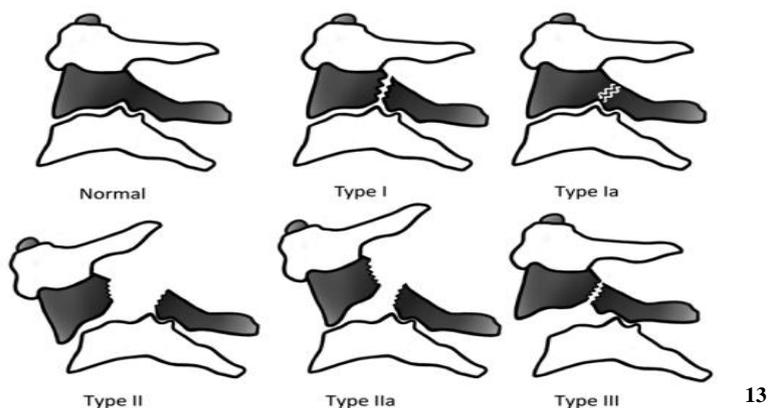
Le mécanisme peut être dans le coup sévère au visage qui conduit à l'hyperthyroïdie avec une charge axiale de la colonne cervicale

**d) La méthode de gestion**

Le mécanisme par lequel le type instable de fracture du hangman est produit nécessite une réduction par distraction et une légère hyperextension avec stabilisation postérieure rigide

**III.2.1.13: Luxation / distraction d'atlanto occipital**

Ce type de fracture est une luxation ou une subluxation de l'occiput de C1 (l'atlas). La direction de la dissociation varie avec la conjonction spécifique de la distraction verticale avec la force de cisaillement antérieure, postérieure ou latérale. Les dissociations d'atlanto occipitales peuvent être associées à des lésions ligamenteuses et osseuses de la jonction cranio-cervicale ou peuvent être purement ligamenteuses. Ces dissociations peuvent également être appelées dislocations ou subluxations.



FigureIV.15: Fracture du pendu.

<sup>13</sup> <https://google.com/search?q=fracture+du+pendu>

### **a) Épidémiologie**

La luxation occipitale à Atlanto est observée dans 8% à 35% des décès liés à des accidents de la route. Il est 3 fois plus fréquent chez l'enfant que chez l'adulte et il s'agit certainement d'une blessure instable. Le type de blessure peut être un traumatisme de haute énergie comprenant des MVA à grande vitesse ou des chutes de hauteur, un traumatisme impliquant des forces d'accélération et de décélération importantes.

### **b) Présentation clinique**

Les luxations d'Atlanto occipital sont généralement fatales. Une imagerie améliorée et une meilleure gestion initiale des urgences ont toutefois entraîné une augmentation du nombre de survivants. Ces patients se présentent généralement au service des urgences avec une lésion de la moelle épinière et d'autres lésions neurologiques, en particulier un dysfonctionnement du tronc cérébral et des paralysies des nerfs crâniens inférieurs.

- 1) *Pour les enfants*: douleur profonde dans les membres inférieurs, pas de mouvement spontané, pas de respiration spontanée, paralysie flasque et absence de réflexes tendineux profonds.
- 2) *Pour adulte*: 20% des patients peuvent avoir un examen neurologique normal lors de la présentation; une douleur cervicale grave peut être le seul symptôme chez ces patients, la majorité présente une perte de conscience et un arrêt respiratoire. Si la moelle épinière est lésée: déficit sensoriel et moteur, signe positif de Babinski et tonus sphincter anormal, le déficit neurologique peut être unilatéral ou bilatéral et inclure généralement tout le côté affecté de l'épaule au pied.

### **c) Physiopathologie**

Les dislocations résultent le plus souvent d'une distraction avec hyperflexion ou hyperextension.

### **d) La méthode de gestion**

La traction doit être évitée et une immobilisation cervicale prolongée n'est pas recommandée. L'instabilité hémodynamique et respiratoire doit être traitée sur le lieu de l'opération et la priorité absolue doit être donnée à la stabilisation en ligne du cou et des lésions de la colonne cervicale, y compris l'application appropriée d'une stabilisation rigide sur la scène du traumatisme.



**FigureIV.16:** Fracture par luxation / distraction d'Atlanto occipital.

#### **III.2.1.14. Fracture pédicolaminaire, type 4:**

Les séparations pédicolaminaires s'étendent à travers les pédicules et le limbe, séparant le pilier artriculaire du reste de la vertèbre. Les fractures pedicolaminaires sont des blessures instables pouvant également entraîner des lésions des ligaments longitudinaux antérieur et postérieur et du complexe ligamentaire postérieur.

##### **a) Épidémiologie:**

Cette fracture peut être causée par la force exercée vers le haut sur le front ou la face supérieure avec la tête en rotation ou par une force non centrale appliquée au front ou à la face supérieure.

##### **b) Physiopathologie:**

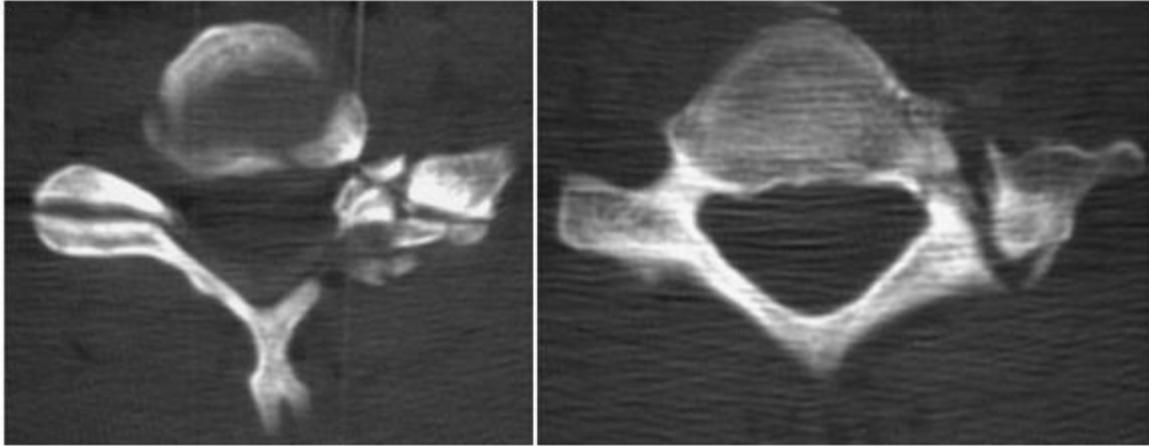
Le mécanisme est généralement une combinaison entre l'hyperextension et la rotation.

##### **c) Le mode de gestion:**

L'utilisation d'un collier qui assure une stabilisation rigide et limite l'activité du cou est le moyen le plus approprié de gérer ce type de fracture.

---

<sup>14</sup> <https://google.com/search?q=fracture+par+luxation+datlanto+occipital>



15

**FigureIV.17:** Fracture de séparation pédicolaminaire

#### **IV. Conclusion**

Dans ce chapitre, nous essayons de définir la relation entre le mécanisme de la blessure et le risque de fracture de la colonne cervicale. Les travaux de ce chapitre visaient à démontrer la relation entre des mécanismes spécifiques de blessure et les risques de fracture de la colonne cervicale. Une compréhension complète du mécanisme de blessure aiderait les prestataires de soins de santé d'urgence à évaluer le risque de traumatismes chez les patients.

---

<sup>15</sup> <https://google.com/search?q=fracture+de+separation+pedicolaminaire>

*Dans le contexte de la prise en charge précoce des lésions de la colonne vertébrale, ce chapitre décrira les principaux points d'évaluation de l'état du patient et des méthodologies utilisées dans la procédure.*

### **I.Introduction**

La gestion des blessures varie selon le traitement des patients présentant des lésions stables et instables, ce qui nécessite une étude approfondie pour permettre une évaluation idéale et prendre les bonnes décisions pour stabiliser ces fractures au cours de la phase pré-hospitalière.

### **II. Le diagnostic du patient**

#### **II.1. l'idée de base**

L'idée de base était de trouver le moyen idéal pour assurer la sécurité totale du patient au stade pré-hospitalier. Dans les centres de recherche avancés, de nombreuses théories ont été présentées concernant l'utilisation d'un collier cervical intelligent conçu spécifiquement pour s'adapter à la forme du cou, à l'état morphologique et au type de fracture subie par le patient.

Cette réalisation intéressante dans le domaine scientifique a été une source d'inspiration et de motivation pour cette recherche. Beaucoup de questions se sont posées sur la possibilité de concevoir un appareil similaire et avec les mêmes qualités, mais cet appareil sera dédié au stade pré-hospitalier

Avant de prendre la décision finale sur l'idée de la méthodologie de programmation, nous avons effectué de nombreuses recherches. Plus nous avons cherché, plus de théories et de suggestions ont été retirées de la liste, jusqu'à ce que nous trouvions que la meilleure solution consistait à concevoir un collier cervical intelligent pouvant être programmé en fonction des données d'accident, qui incluaient le type de choc, la cause et le mécanisme de l'accident, ce qui a aidé à prédire le type et l'emplacement de la fracture, ainsi que la meilleure façon de le gérer.

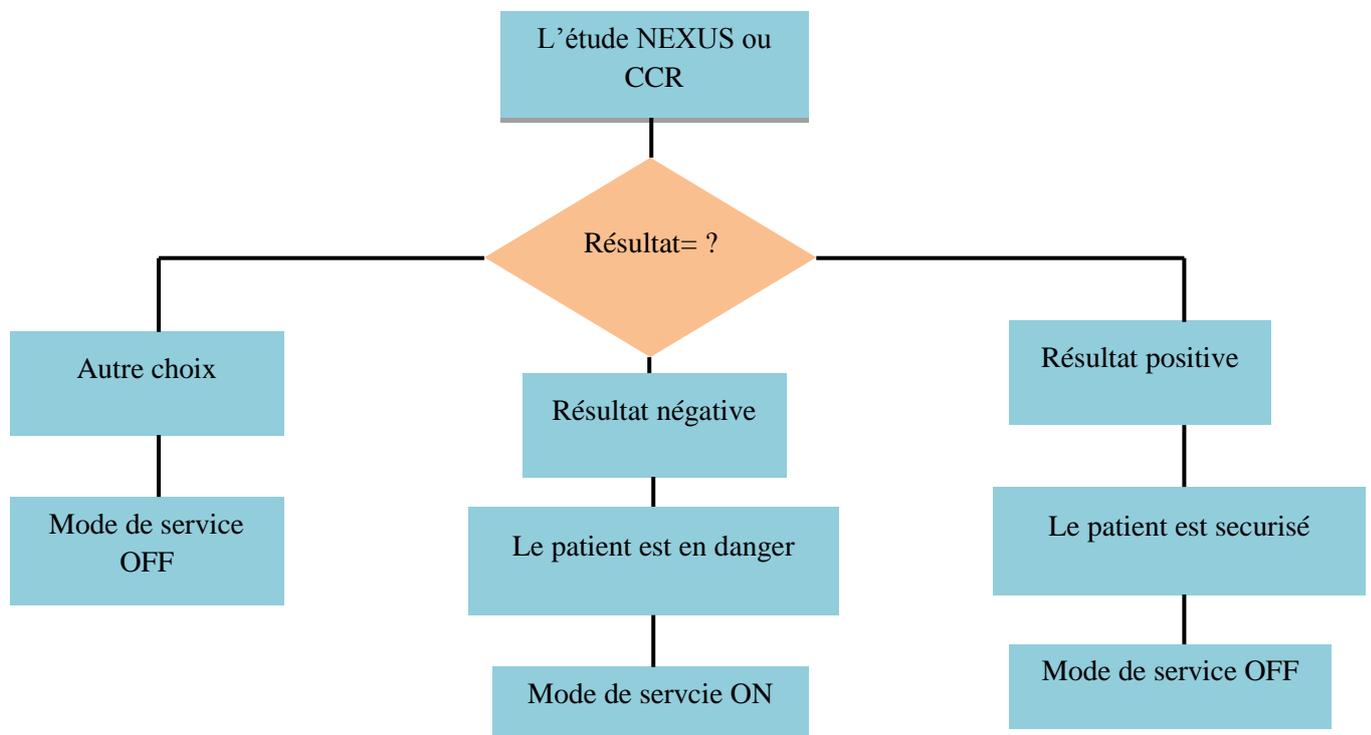
#### **II.2. Discussion de l'objectif du choix considéré**

Dans la recherche d'une solution technologique adaptée, de nombreuses possibilités et hypothèses ont été annulées en raison des obstacles qu'elles pourraient causer, qui affecteront le processus de conception d'un collier cervical intelligent possédant les qualités recherchées.

Cette décision visait à tirer parti des avantages de la programmation intelligente en s'appuyant sur des recherches menées par des scientifiques, des ingénieurs et des médecins afin de réduire le coût du produit, de le rendre accessible à tous et de faciliter son utilisation, quelles que soient les conditions disponibles.

### II.3. Organigramme

L'organigramme est un diagramme qui montre la structure d'une organisation, ainsi que les relations et les rangs relatifs de ses pièces et de ses positions.



**Figure V.1:** Résultat de l'application d'études CCR ou NEXUS pour activer ou non le programme.

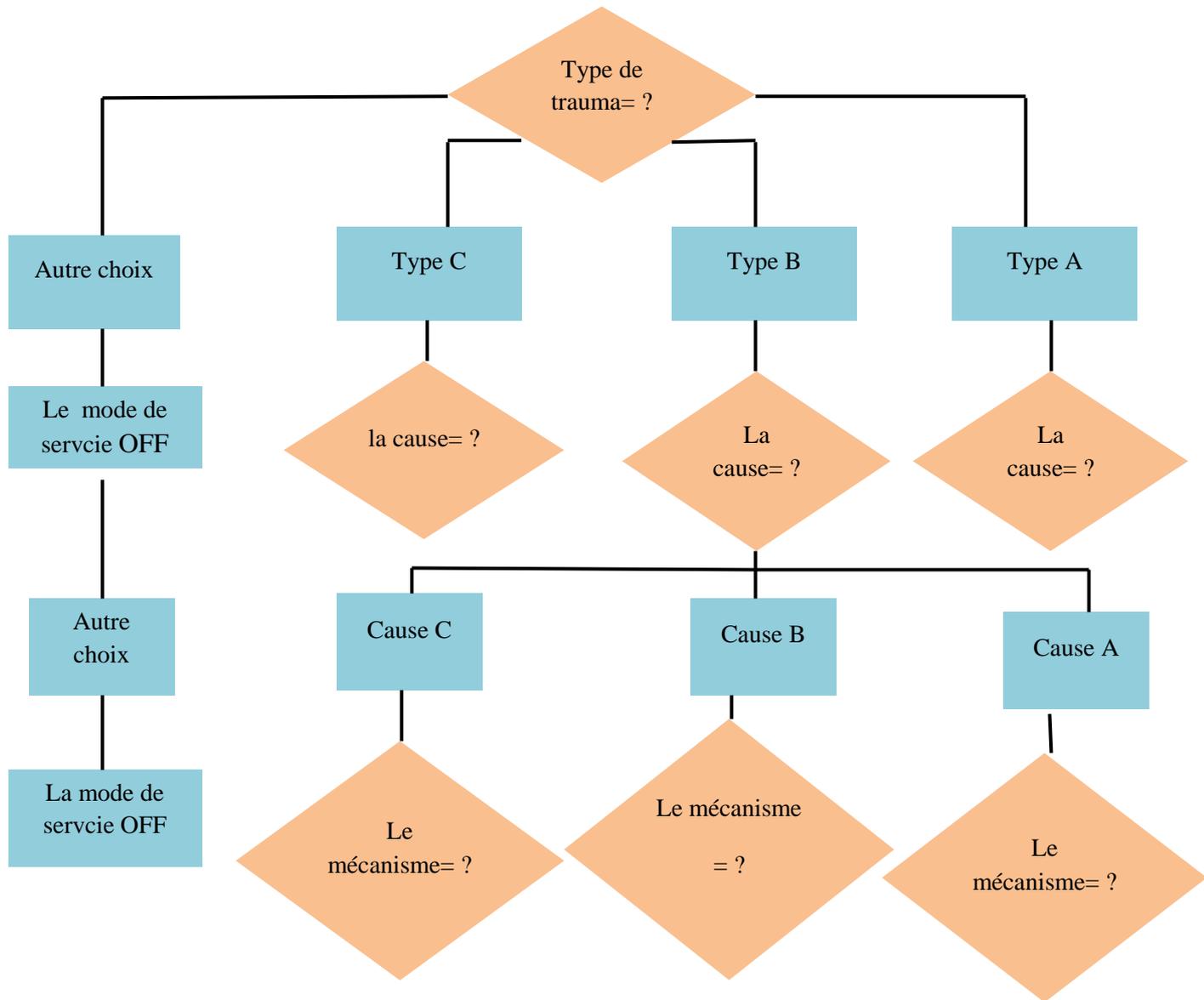
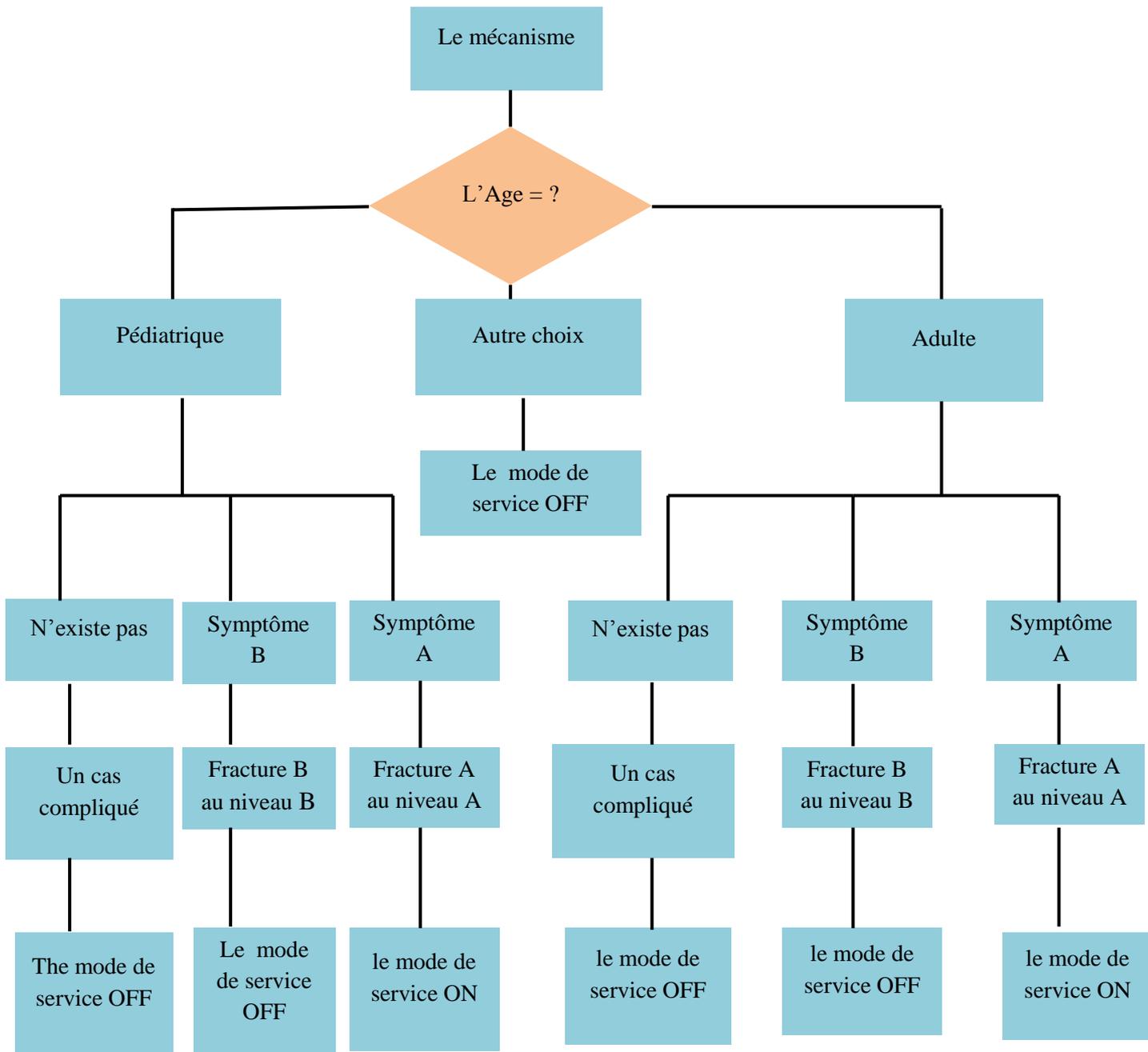


Figure V.2: Mécanismes des traumatismes causés par plusieurs types de traumatismes.



**Figure V.3:** La décision finale de service en fonction de l'âge du patient, des symptômes du cas et du niveau de la blessure.

#### II.4. Discussion des résultats

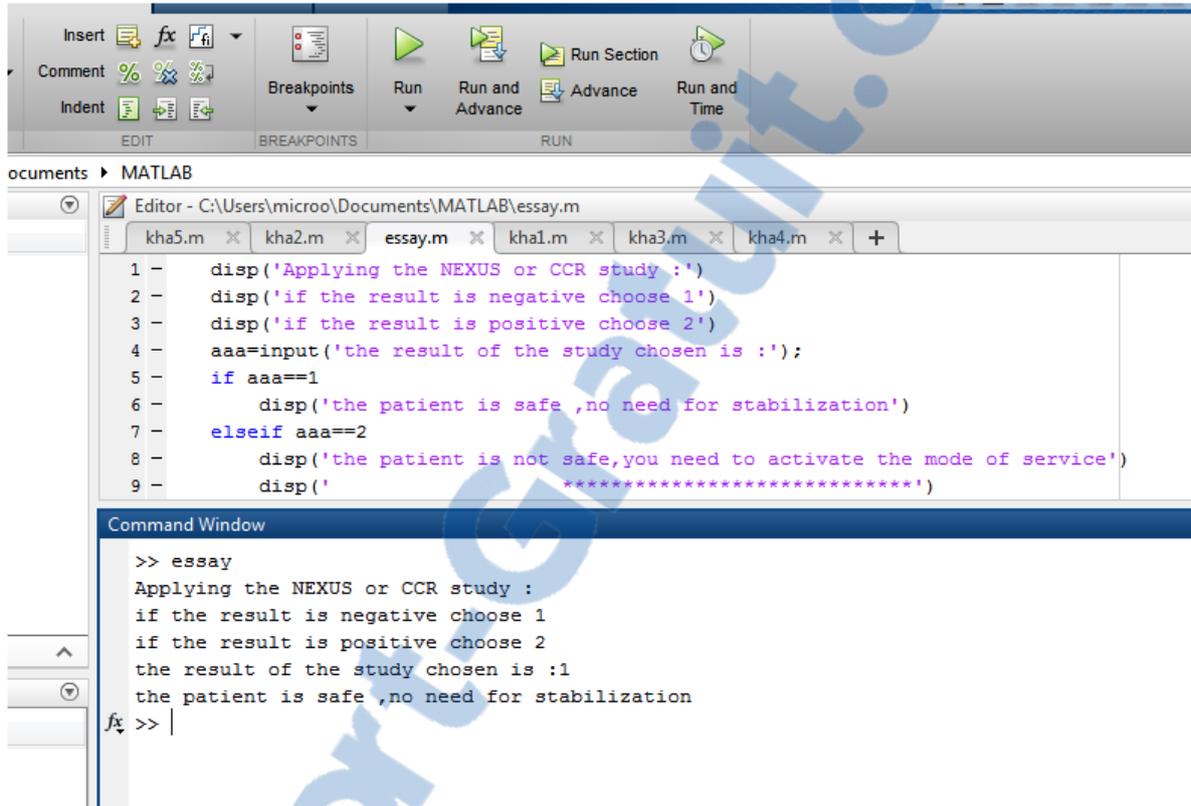
Nous avons essayé de nous assurer que ce programme sera validé en toutes circonstances.

On a utilisé le logiciel Matlab (Matrix Laboratory), c'est un langage de programmation de quatrième génération émulé par un environnement de développement du même nom.

Nous présenterons quelques-uns de ces cas qui peuvent survenir pendant la procédure de stabilisation du patient.

### II.4.1. Lorsque le patient est en sécurité

Si le patient est en sécurité, cela signifie qu'il n'a pas besoin de stabilisation (Figure V.4).



FigureV.4: Le cas où le patient est enregistré.

Les études NEXUS ou CCR doivent être affectées avant toute décision afin de ne pas mettre le patient sous une pression inutile ni pour le rendre mal à l'aise. Si le résultat de ces études est négatif, aucune stabilisation n'est nécessaire.

### II.4.2. Quand le patient est en danger

#### II.4.2.1. Lorsque nous traitons d'un cas ordinaire

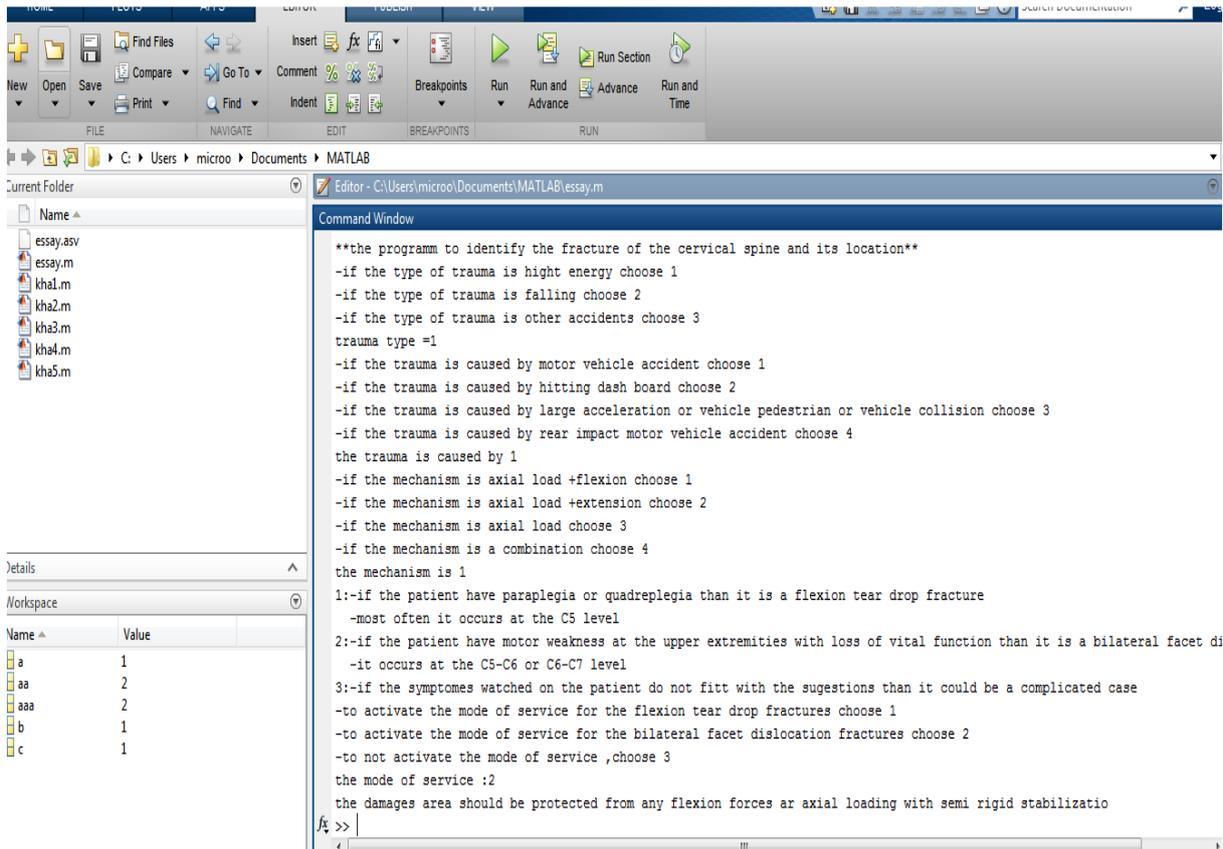


Figure V.5: Le cas où il s'agit d'une fracture ordinaire.

#### II.4.2.2. Lorsque le cas correspond à un adulte

Dans certains cas, le facteur d'âge peut influencer beaucoup sur le processus de stabilisation; la condition de création de catégories de cas d'adultes et de cas de pédiatrie a donc été ajoutée au programme car chaque catégorie a besoin d'un mode de gestion particulier (Figure V.6).

```
MATLAB
Editor - C:\Users\microo\Documents\MATLAB\essay.m
Command Window
trauma type =1
-if the trauma is caused by motor vehicle accident choose 1
-if the trauma is caused by hitting dash board choose 2
-if the trauma is caused by large acceleration or vehicle pedestrian or vehicle collision choose 3
-if the trauma is caused by rear impact motor vehicle accident choose 4
the trauma is caused by 1
-if the mechanism is axial load +flexion choose 1
-if the mechanism is axial load +extension choose 2
-if the mechanism is axial load choose 3
-if the mechanism is a combination choose 4
the mechanism is 2
-if the patient is adult choose 1
-if the patient is pediatric choose 2
the type of age is1
1:-if there is pain in the upper neck with no neurologic signs that means it is the atlas fracture type 5
  -it occurs at the C1 level
2:-if there is pain in the upper neck with no neurologic impairment that means it is the occipital condyle fractur
  -it occurs at the occiput
3:-if there is facial or trachial or laryngeal injuries with chest trauma that means it is a hangman fracture
  -it occurs at the C2
to activate the mode of service for the atlas fracture type 5 choose 1
to activate tho mode of service for the occipital condyle fractures choose 2
to activate the mode of service for the hangman fractures choose 3
to not activate the mode of service choose 4
the mode of service :1
the mode of service should ensure the cervical traction
```

Figure V.6: Le cas lorsque le patient est adulte.

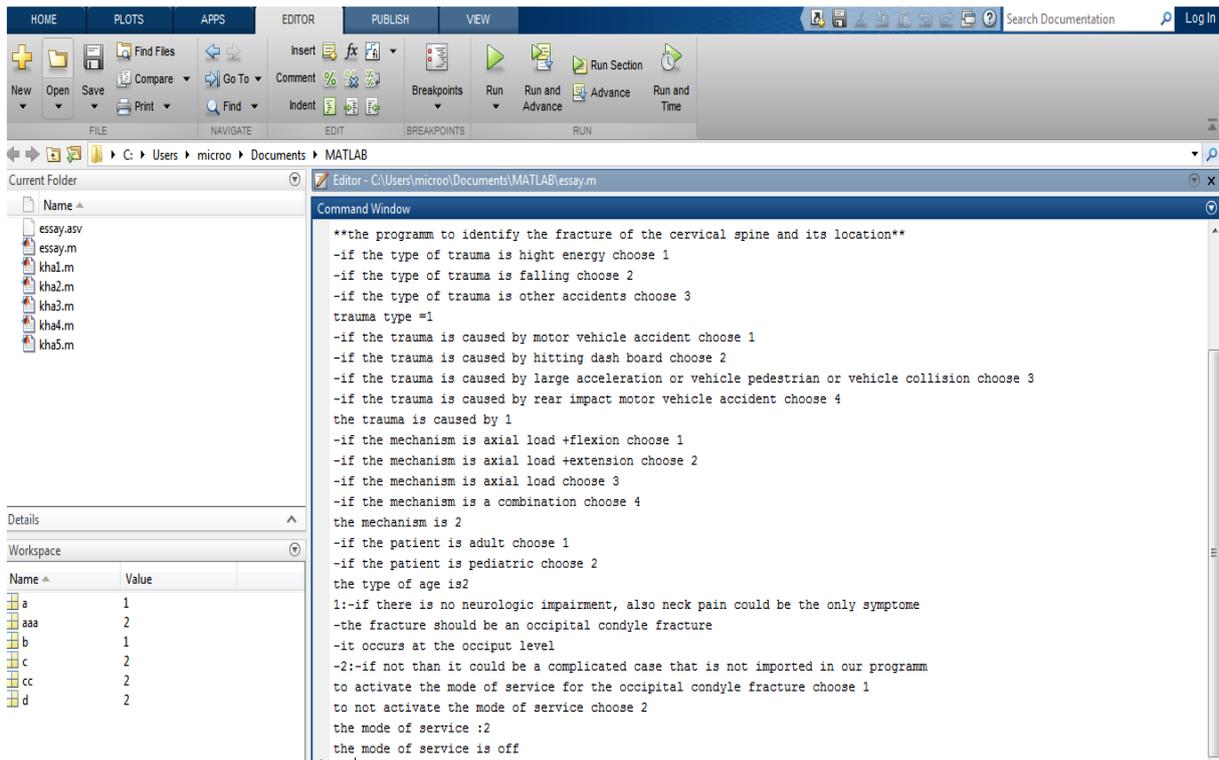
### II.4.2.3. Lorsque le cas est spécial en pédiatrie

```
MATLAB
Editor - C:\Users\microo\Documents\MATLAB\essay.m
Command Window
trauma type =1
-if the trauma is caused by motor vehicle accident choose 1
-if the trauma is caused by hitting dash board choose 2
-if the trauma is caused by large acceleration or vehicle pedestrian or vehicle collision choose 3
-if the trauma is caused by rear impact motor vehicle accident choose 4
the trauma is caused by 1
-if the mechanism is axial load +flexion choose 1
-if the mechanism is axial load +extension choose 2
-if the mechanism is axial load choose 3
-if the mechanism is a combination choose 4
the mechanism is 4
-if the patient is adult choose 1
-if the patient is pediatric choose 2
the type of age is2
1:-if there is an upper neck pain with breathing difficulties and spasticity
  -that means it is an atlanto axial subluxations and it occurs at the C1 level
2:-if there is neck pain with restriction of the neck movment
  -that means it is an odontoid process fracture type 2 and it occurs at the C2 level
3:-if there is a deep pain in the lower extremities with flaccid paralysis
  -that means it is atlanto occipital dislocation and it occurs at the C1 level
to activate the mode of service for the atlanto axial subluxation fracture choose 1
to activate the mode of service for the odontoid process fracture choose 2
to activate the mode of service for the atlanto occipital dislocation fracture choose 3
to not activate the mode of service choose 4
the mode of service :1
the mode of service should ensure a soft stabilization of the neck
>> |
```

Figure V.7: Le cas où le patient est un enfant.

Comme il a été mentionné précédemment, dans certains cas, le facteur d'âge peut influencer beaucoup sur le processus de stabilisation. La condition de création de catégories de cas d'adultes et de cas de pédiatrie a donc été ajoutée au programme car chaque catégorie nécessite une méthode particulière de gestion (Figure V.7).

#### **II.4.2.4. Lorsque les symptômes du cas ne correspondent pas aux données importées dans le programme**



**Figure V.8:** Le cas où les symptômes ne correspondent pas aux données importées dans le programme.

Ce programme a encore besoin de quelques développements. Ces développements ne peuvent être ajoutés que s'il existe un travail collaboratif entre ingénieurs et médecins spécialistes. Dans certains cas, les symptômes peuvent ne pas correspondre aux données importées dans le programme. La décision de stabilisation ne peut donc être prise et par conséquent, le service sera arrêté (Figure V.8).

### II.4.2.5. Lorsque le responsable fait une faute pendant la procédure de stabilisation

Il est très important de suivre les étapes une par une, toute faute affectée peut faire beaucoup de mal qui ne pourrait pas être accepté au stade pré-hospitalier, donc si le responsable échouait dans son choix, le mode de service serait automatiquement appliqué. OFF et il recevra une proposition de ce qu'il aimerait vérifier (Figure V.9).

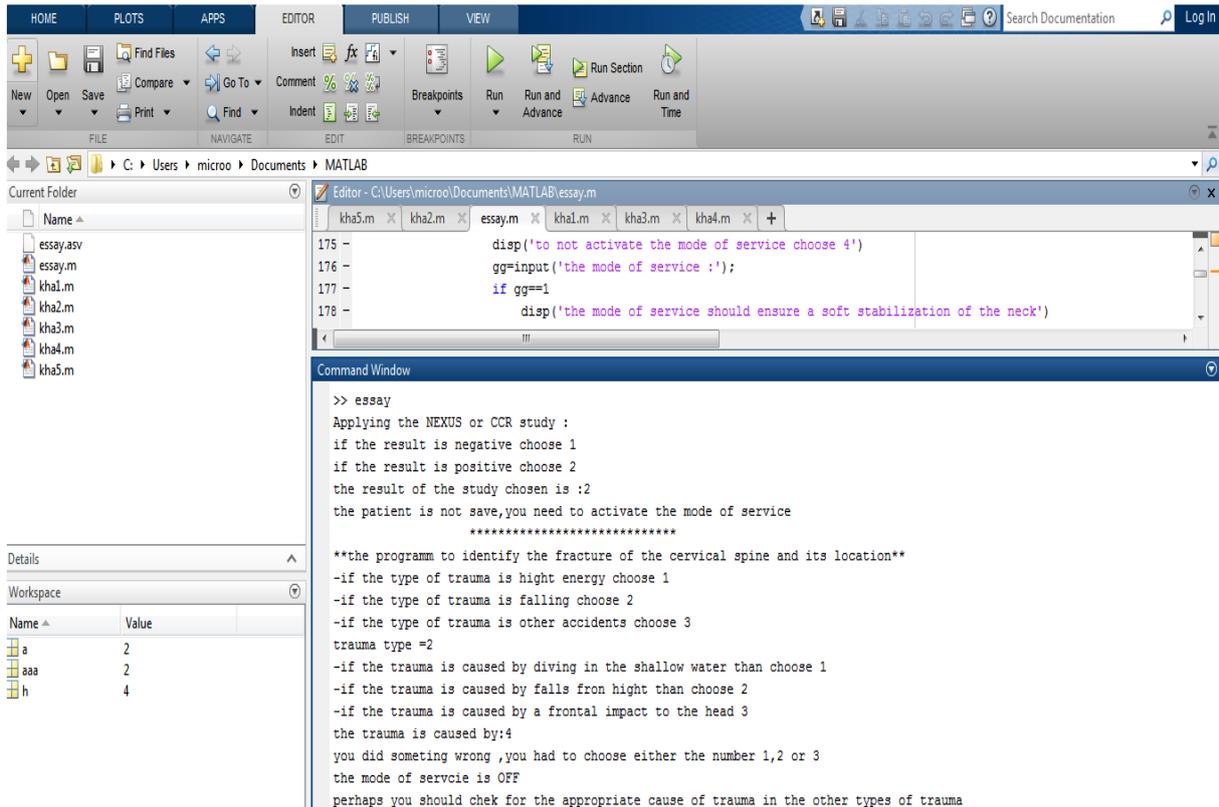
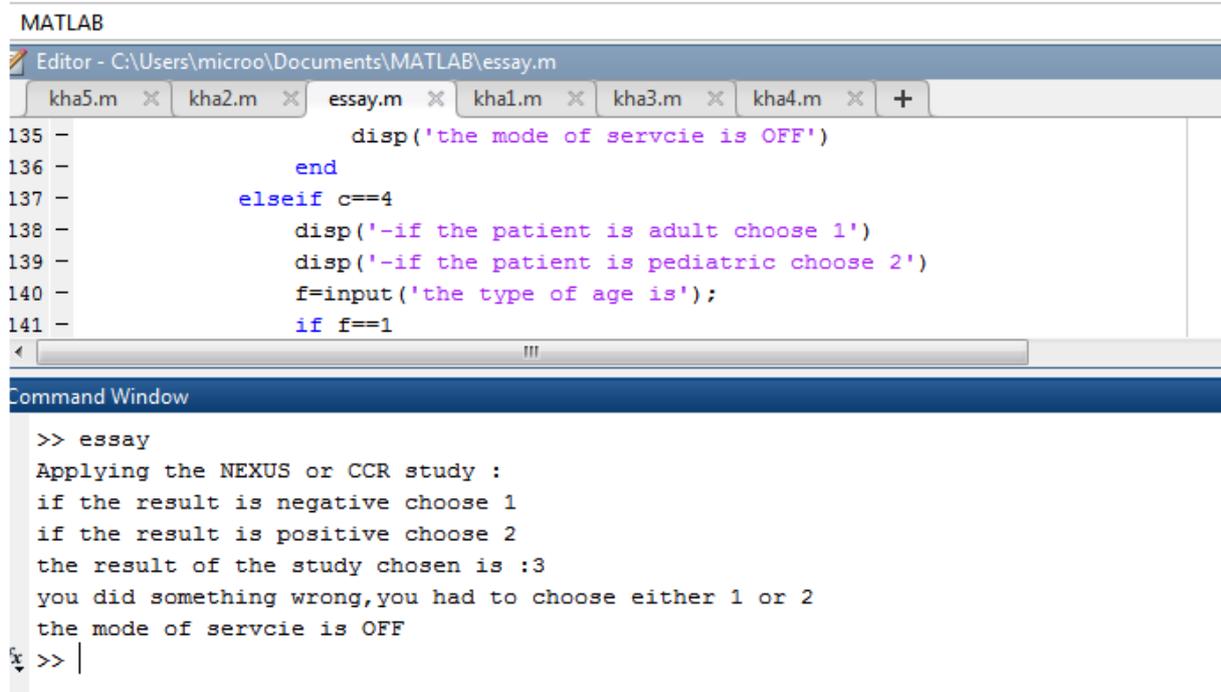


Figure V.9: Le cas où le gestionnaire fait une faute pendant la procédure

### II.4.2.6. Lorsque le responsable fait une erreur avant d'activer le programme

Si le gestionnaire échoue dans son choix avant d'activer le programme, le mode de service sera automatiquement désactivé (Figure V.10).



The screenshot shows the MATLAB environment. The Editor window displays a script with the following code:

```
135 -         disp('the mode of servcie is OFF')
136 -     end
137 -     elseif c==4
138 -         disp('-if the patient is adult choose 1')
139 -         disp('-if the patient is pediatric choose 2')
140 -         f=input('the type of age is');
141 -         if f==1
```

The Command Window shows the output of the script execution:

```
>> essay
Applying the NEXUS or CCR study :
if the result is negative choose 1
if the result is positive choose 2
the result of the study chosen is :3
you did something wrong,you had to choose either 1 or 2
the mode of servcie is OFF
>> |
```

Figure V.10: Le cas où le gestionnaire fait quelque chose de mal avant d'activer le programme.

### III. Conclusion

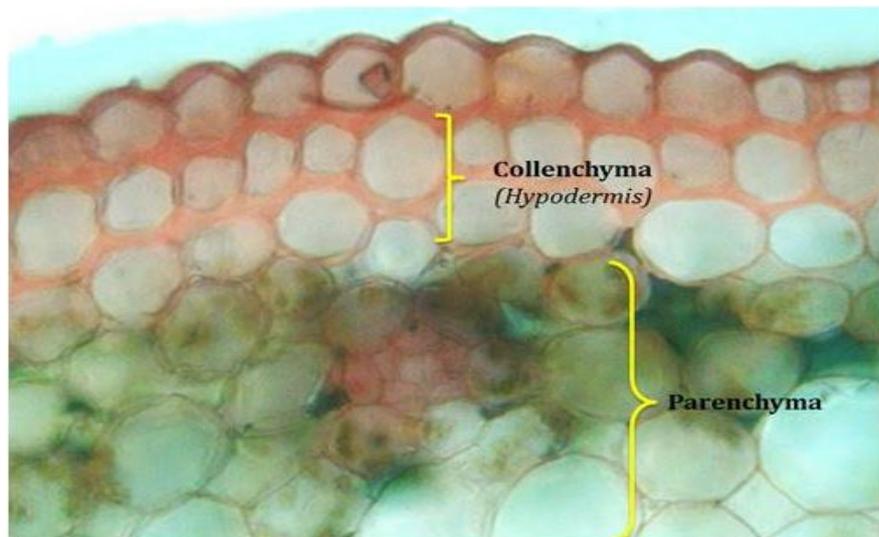
Par notre étude des différents types de fractures, y compris les fractures stables et instables, nous avons décidé d'effectuer un processus de classification basé sur le type de traumatisme, le mécanisme de l'accident, l'âge du patient et les symptômes. La méthode de programmation nous a permis de: minimiser de manière optimale l'intervention humaine, ce qui a été très utile pour prévoir le type de blessure et son niveau, ce qui peut nous permettre aussi de décider le type de stabilisation approprié dans le chapitre suivant.

## **Introduction**

Vers la fin du XIXe siècle, il devint évident que les plantes réagissaient à l'augmentation du nombre de souches en développant davantage de tissus mécaniques (pour une revue, voir Hibbard 1907). De nombreuses expériences ont été menées pour étudier l'impact du stress mécanique sur la croissance et le développement des plantes, et Jaffe (Jaffe 1973) a plus tard inventé le terme de «thigmomorphogenèse» pour décrire la réponse des plantes à la stimulation mécanique. L'étude de la physiologie de ces tissus a été une source d'inspiration pour réfléchir à une solution technologique qui protégera la colonne cervicale au stade pré-hospitalier.

## **II. Idée de base**

Le collenchyme est un tissu végétal spécialisé dont les parois des cellules primaires sont épaissies. Il combine une forte résistance en tension avec une capacité de croissance en longueur. Cette stratégie utilise moins de matière et permet une croissance rapide, mais des facteurs d'échelle la limite aux petites plantes. Le collenchyme est un tissu spécialisé dans ces plantes. On peut appeler cela un tissu mécanique, car il fournit un support mécanique aux organes dans lesquels il se trouve, puisqu'il est vivant, de sorte qu'il peut croître et s'étirer sans imposer de restrictions à la croissance d'autres cellules.

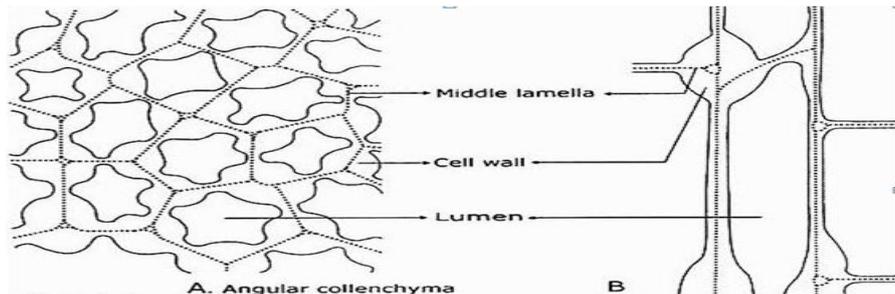


**Figure VI.1:** Cellules du collenchyme

---

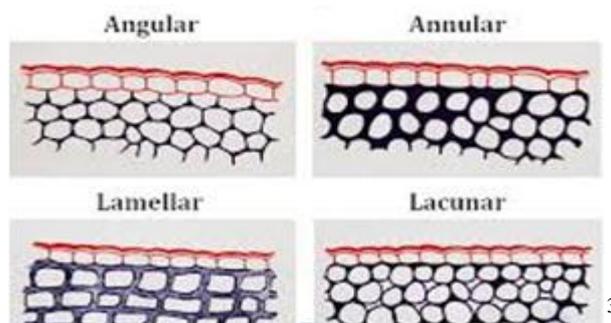
<sup>1</sup> <https://google.com/search?q=cellules+du+collenchyme>

Venning (Venning 1949) et Walker (Walker 1957) ont étudié l'effet du vent sur le collenchyme de céleri et ont constaté que, même si le nombre de faisceaux de collenchyme restait inchangé, de plus grandes zones de collenchyme avec des épaissements plus importants de la paroi cellulaire se développaient à un stade précoce. Walker (Walker 1960) a mesuré la longueur des cellules de collenchyme chez *Datura stramonium* (solanacées, eudicots) et a constaté que la stimulation mécanique diminuait leur taille et par conséquent inhibait leur allongement.



**Figure VI.2:** (A) diagramme en coupe transversale de cellules de collenchyme, (B) dessin de cellules de collenchyme angulaires en coupe longitudinale.

La flexibilité des tissus collenchymateux est un avantage pour toute partie de la plante soumise à des contraintes mécaniques qui pourraient endommager ses tissus. Par exemple, le tissu collenchymateux trouvé dans la zone de transition gaine – feuille de l'herbe *Panicum maximum* (Paiva et Machado, 2003) permet une plus grande flexibilité, réduisant ainsi le risque de rupture. De même, la position centrale du collenchyme dans certains pulvini (Moysset et Simon, 1991) facilite la flexion et évite les dommages au tissu vasculaire.



**Figure VI.3:** Types de collenchyme chez les plantes

<sup>2</sup> <https://google.com/search?q=coupe+transversale+et+longitudinale+du+cellules+de+colenchyme>

<sup>3</sup> <https://google.com/search?q=types+de+collenchyme+chez+les+plantes>

Notre idée est de concevoir un collier cervical ayant les mêmes propriétés structurelles que le collenchyme.

## **II.1. Problématique**

Après avoir ces tissus fascinants comme source d'inspiration, de nombreuses questions doivent être posées

- Comment les parois des cellules sont-elles remodelées pendant et après l'élongation des cellules?
- Quelles modifications architecturales sont associées au passage des propriétés élastiques aux propriétés plastiques?
- Comment l'architecture de la paroi cellulaire, la forme et la disposition des cellules dans le tissu pourraient-elles influencer le comportement mécanique?

Ces questions nous amènent à réfléchir à une nouvelle façon de concevoir le collier cervical intelligent voulu. Elles nous amènent également à définir la problématique appropriée afin de trouver la solution technologique idéale.

Et si nous pouvions concevoir un collier cervical qui puisse être remodelé pendant et après le traumatisme.

- Quelles modifications architecturales peuvent être associées à la transition d'une stabilisation douce à une stabilisation semi-rigide ou bien rigide?
- Comment pourrions-nous choisir le design parfait qui correspond au design du collenchyme et quels éléments choisir?
- Comment la forme et la disposition des éléments qui seront utilisés dans le collier cervical pourraient-elles influencer le comportement mécanique en flexion, extension...?

## **III. But**

Notre objectif est de concevoir un collier cervical pouvant s'adapter au cas du patient au stade pré-hospitalier. Ce collier cervical aura des qualités qui ne ressemblent pas à celles des autres colliers. Le facteur de différence pour les colliers cervicaux utilisés au stade pré-hospitalier est la taille du cou qui n'est pas suffisante pour assurer la sécurité recherchée, mais le facteur de différence pour les colliers cervicaux que nous sommes disposés à concevoir est le type de fracture, son emplacement, l'âge du patient et en plus la taille du cou.

Selon le chapitre précédent où nous avons expliqué la meilleure façon de gérer les fractures instables, nous pourrions classer ces méthodologies en 5 types. Chaque type de management sera responsable de plusieurs types de fractures. Nous choisissons cette option pour minimiser les efforts et l'énergie et optimiser le travail.

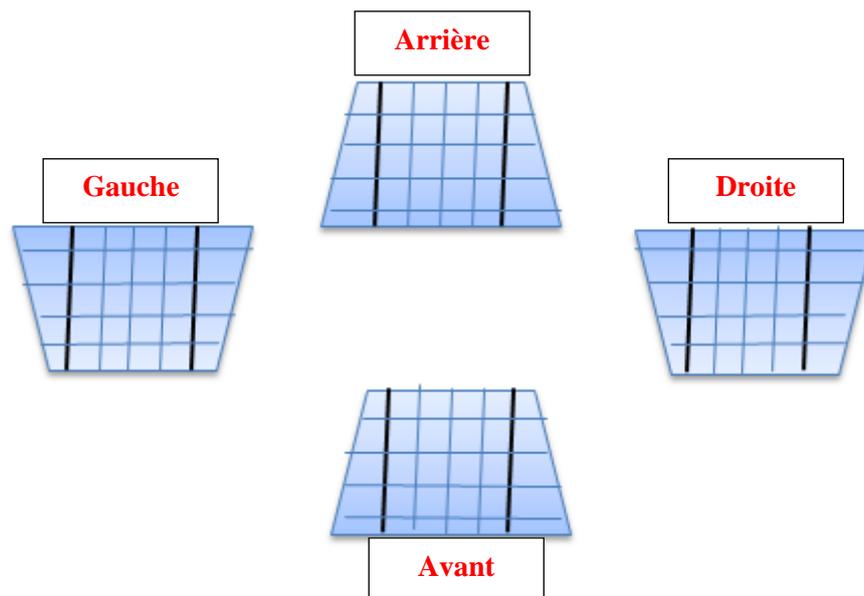
Notre objectif est de concevoir un collier cervical intelligent capable de respecter au moins ces 5 types de gestion. Maintenant, nous devrions poser la question comment faire ça?

- Est-ce que notre collier sera une pièce unie ou des pièces séparées?
- Quels sont les éléments que nous devrions penser à utiliser pour atteindre la structure recherchée?
- Comment contrôlons-nous l'ensemble de la structure?
- Et quelles sont les meilleures solutions technologiques pour assurer la stabilisation parfaite du patient au stade pré-hospitalier?

Tout cela sera discuté dans les parties suivantes.

#### **IV. Structure**

Le collier cervical sera divisé en 4 parties séparées, la partie arrière, la partie avant, la partie gauche et la partie droite. Chaque partie sera conçue de manière spéciale pour pouvoir s'adapter à la fracture, aux autres parties de la colonne cervicale et pour assurer la sécurité et le confort du patient.



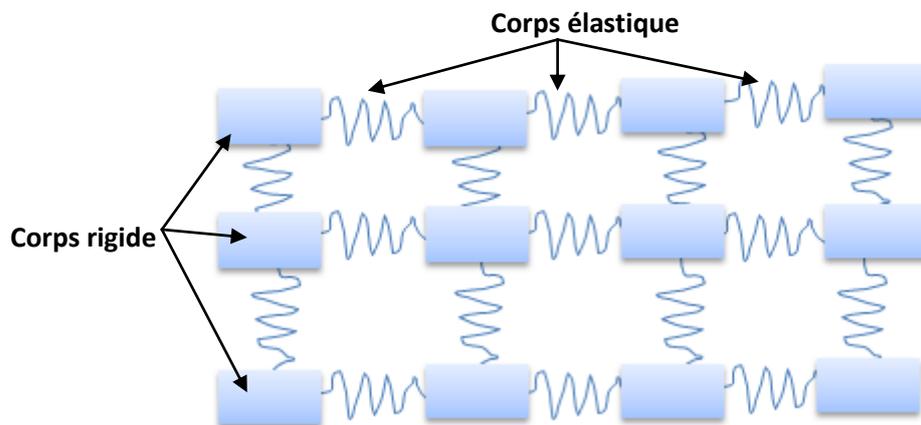
**FigureVI.4:** Les 4 parties du collier cervical

Tableau VI.1: Types de prise en charge appropriée du patient

Type de management	Minimiser flexion+extension Avec stabilisation rigide	Minimiser flexion+charge axials avec stabilisation semi-rigide	Traction cervical	Minimiser flexion+charge axial avec une stabilisation douce	Eviter la traction avec une stabilisation douce
fracture	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ fracture de la goutte en flexion</li> <li>➤ fracture de la goutte en extension</li> <li>➤ dislocation d'hyperextension</li> <li>➤ fracture du condyle occipital de type 3</li> <li>➤ fracture d'atlas de type 3</li> <li>➤ fracture d'hangman</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ luxation bilatérale de la facette</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ fracture d'atlas type 5(Jefferson fracture)</li> <li>➤ fracture de type processus odointoid 2</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ fracture par éclatement du corps vertébral</li> <li>➤ subluxation d'atlanto axial</li> <li>➤ luxation rotatoire d'atlanto axial</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ la luxation/distraction d'atlanto occipital</li> </ul>

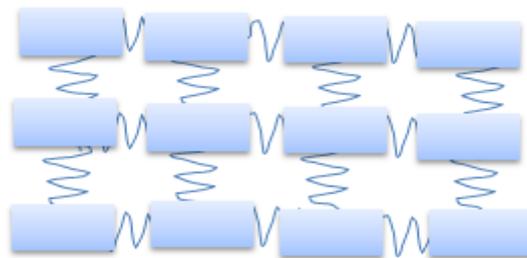
Pour le collenchyme, les parois des cellules peuvent être remodelées pendant et après l'allongement. C'est pourquoi nous avons décidé d'utiliser plusieurs éléments séparés qui seront reliés par des ressorts.

Du collenchyme, les modifications architecturales sont associées à la transition des propriétés plastiques aux propriétés élastiques. C'est pourquoi nous avons décidé de créer différents types d'architectures permettant au collier cervical de passer de la stabilisation rigide à la stabilisation semi-rigide et douce.



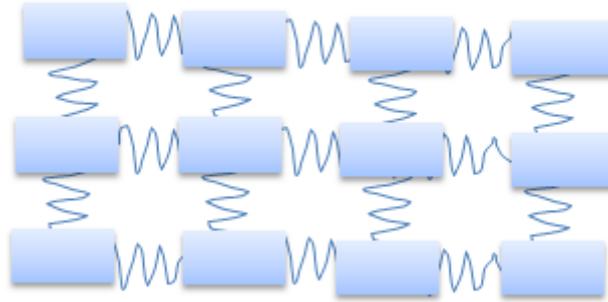
**Figure VI.5:** Eléments architecturaux du collier cervical

En stabilisation rigide, la distance entre les éléments sera très petite; ils seront comme une unité homogène.



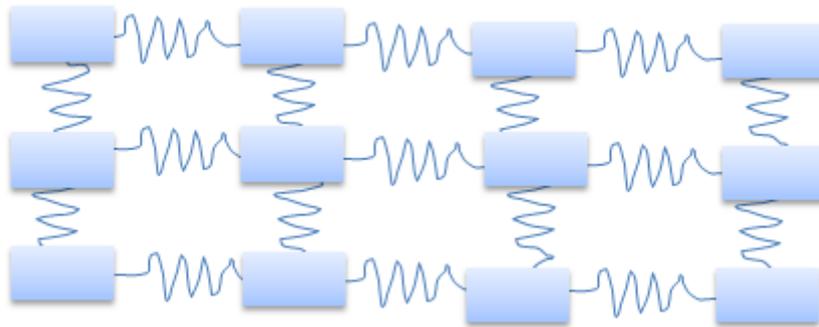
**Figure VI.6:** La structure d'une partie du collier cervical en stabilisation rigide

Lors de la stabilisation semi-rigide, la distance entre les éléments augmentera et la stabilisation ne sera pas aussi rigide que dans le premier cas.



**Figure VI.7:** la structure d'une partie du collier cervical en stabilisation semi-rigide

En stabilisation douce, la distance entre les éléments sera la plus grande possible, de sorte que la stabilisation sera douce et que le cou sera libre de bouger.

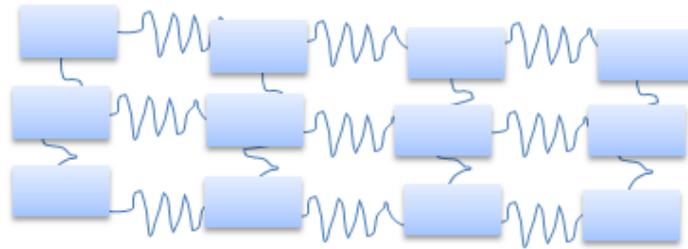


**Figure VI.8:** Structure d'une partie du collier cervical en stabilisation douce.

**Remarque:** la distance entre les éléments et la rigidité des éléments nécessitent une étude de caractérisation pour être spécifiées avec précision.

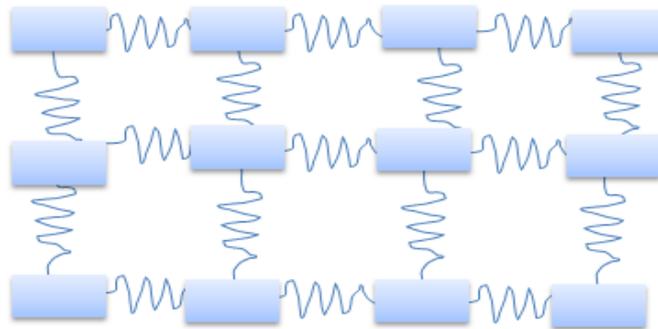
Grâce au collenchyme, nous savons que la forme et la disposition des cellules ont une influence sur le comportement mécanique. C'est pourquoi nous avons choisi de:

- Prendre la variation de la distance horizontale entre les éléments comme facteur principal pour spécifier le type de stabilisation, souple, semi-rigide ou rigide.
- Prendre le changement de la distance verticale entre les éléments comme facteur principal pour contrôler la flexion, la traction, l'extension du cou. Mais cela ne l'empêche pas d'interférer dans la détermination du type de stabilisation.
- Pour le cou court, la distance verticale entre les éléments sera la plus petite.



**Figure VI.9:** Structure d'une partie du collier cervical dans un cou court avec stabilisation douce

Pour le long cou, la distance verticale entre les éléments sera la plus grande.



**Figure VI.10:** La structure d'une partie du collier cervical dans un long cou avec une stabilisation douce

## **IV.1. Système de transformation d'énergie**

### **IV.1.1. Ressort**

Dispositif mécanique conçu pour stocker de l'énergie lorsqu'elle est déformée et pour en récupérer la même quantité lorsqu'elle est libérée. Plusieurs catégories de ressorts peuvent être distinguées en fonction du matériau utilisé pour sa fabrication: métal, élastomères, matériaux composites...



Figure VI.11: Ressorts

#### IV.1.2. Mécanisme piézoélectrique

Les frères Curie (Pierre et Jacques Curie) ont découvert l'effet piézoélectrique direct dans un quartz monocristallin en 1880. Sous pression, le quartz génère une charge / tension électrique à partir de quartz et d'autres matériaux. La racine du mot «piézo» signifie «pression» en grec; D'où le sens originel du mot piézoélectricité qui impliquait «électricité sous pression». Les matériaux illustrant ce phénomène ont également une contrainte géométrique proportionnelle à un champ électrique appliqué. C'est l'effet piézoélectrique inverse, découvert par Gabriel Lippmann en 1881.

L'effet piézoélectrique est généralement défini comme un phénomène de transformation d'énergie entre l'énergie électrique et l'énergie mécanique. Lorsque l'énergie mécanique est transformée en énergie électrique, cela signifie que nous avons appliqué une force. Le matériau piézoélectrique changera de forme et économisera de l'énergie électrique à l'intérieur. Lors de l'application de la tension, cela donnera une force pour changer de forme.

### V. Solutions technologiques pour chaque cas

#### V.1. Première proposition

Concevoir un collier cervical pour chaque type de traitement ou de fracture nécessite beaucoup de travail et de réflexion. Dans les exemples suivants, nous expliquerons nos idées sur ces colliers cervicaux.

Dans le système de transformation de mouvement, nous avons choisi d'utiliser un servomoteur. Nous pouvons ainsi connecter l'ensemble du système à une source d'énergie contrôlable (énergie électrique). La rotation du servomoteur provoquera la translation de la vis

---

<sup>4</sup> <https://google.com/search?q=les+différentes+ressorts>

qui poussera l'élément externe vers l'avant, ce qui entraînera une pression sur l'élément suivant qui le fera avancer également. C'est le choix idéal pour les mouvements linéaires de petite et moyenne taille.

En tant que système de transformation d'énergie, nous utiliserons le système à ressort car il peut se déformer tout en reprenant sa forme d'origine.

Nous avons choisi l'utilisation de ces deux systèmes car nous pouvons contrôler la force de poussée appliquée au ressort en contrôlant la progression et le recul du servomoteur. Nous pouvons ainsi gérer le processus de choix du type de stabilisation, Figure VI.16.

## **V.2. Deuxième proposition**

La conception d'un collier cervical pour chaque type de gestion ou de fracture nécessite beaucoup de travail et de réflexion. Dans les exemples suivants, nous expliquerons d'autres réflexions sur l'efficacité de cette conception.

L'utilisation de matériaux piézoélectriques mettra cette conception à un niveau supérieur, car profiter de la qualité de modification de la forme en fonction de la tension appliquée nous donnera un espace large pour contrôler précisément le processus de stabilisation du cou. Lorsque le matériau piézoélectrique change de forme, l'élément externe est poussé vers l'avant, ce qui entraîne une pression sur l'élément suivant et le fait avancer également.

Nous utiliserons également le système à ressort, car il a la capacité de se déformer tout en reprenant sa forme initiale de manière plus flexible.

Nous avons choisi l'utilisation de ces deux systèmes car nous pouvons contrôler la force de poussée appliquée au ressort en contrôlant le changement de forme du matériau piézoélectrique, Figure VI.17.

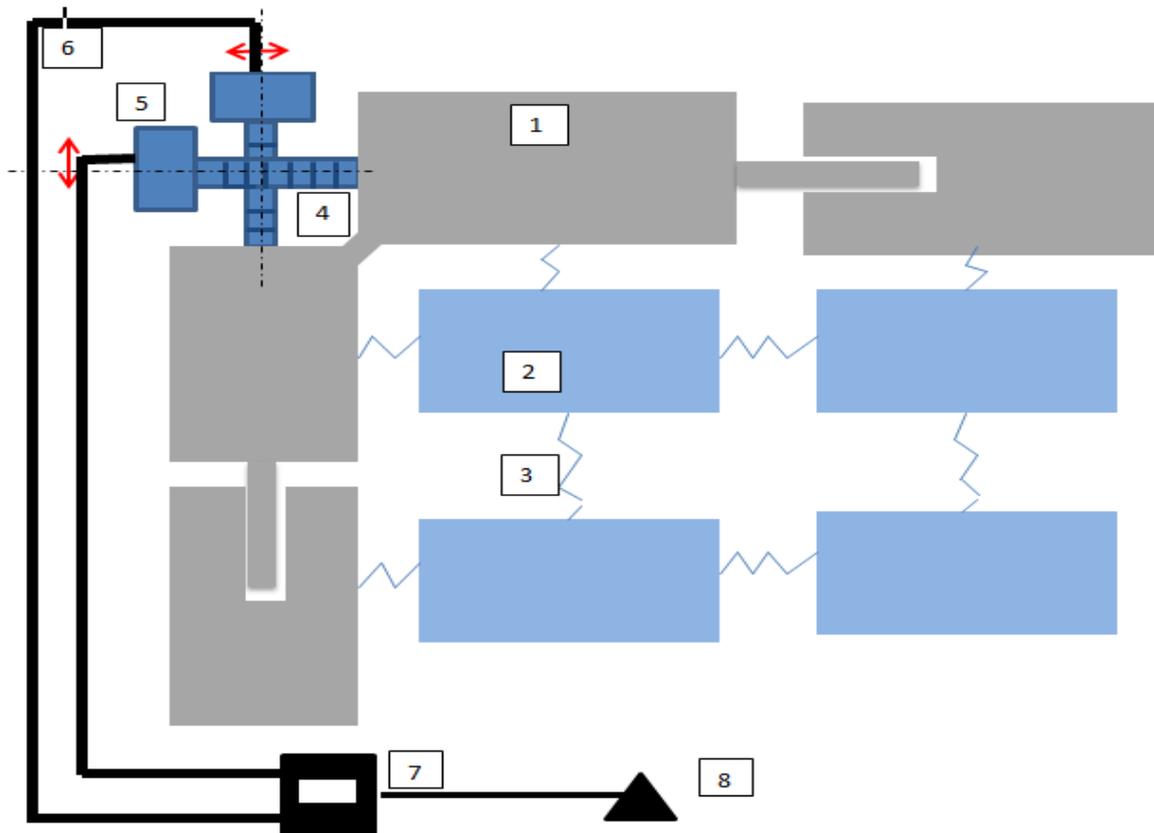


Figure VI.12: Structure de la première proposition

↕ Pour contrôler la flexion, extension possible au cou

↔ Pour contrôler la stabilisation rigide, semi rigide et douce

1: élément externe de contrôle de la forme, 2: élément interne, 3: ressort, 4: vis (l'élément translatif) 5: servomoteur (éléments tournant autour d'un centre fixe), 6: fils, 7: unité de contrôle, 8: source d'énergie.

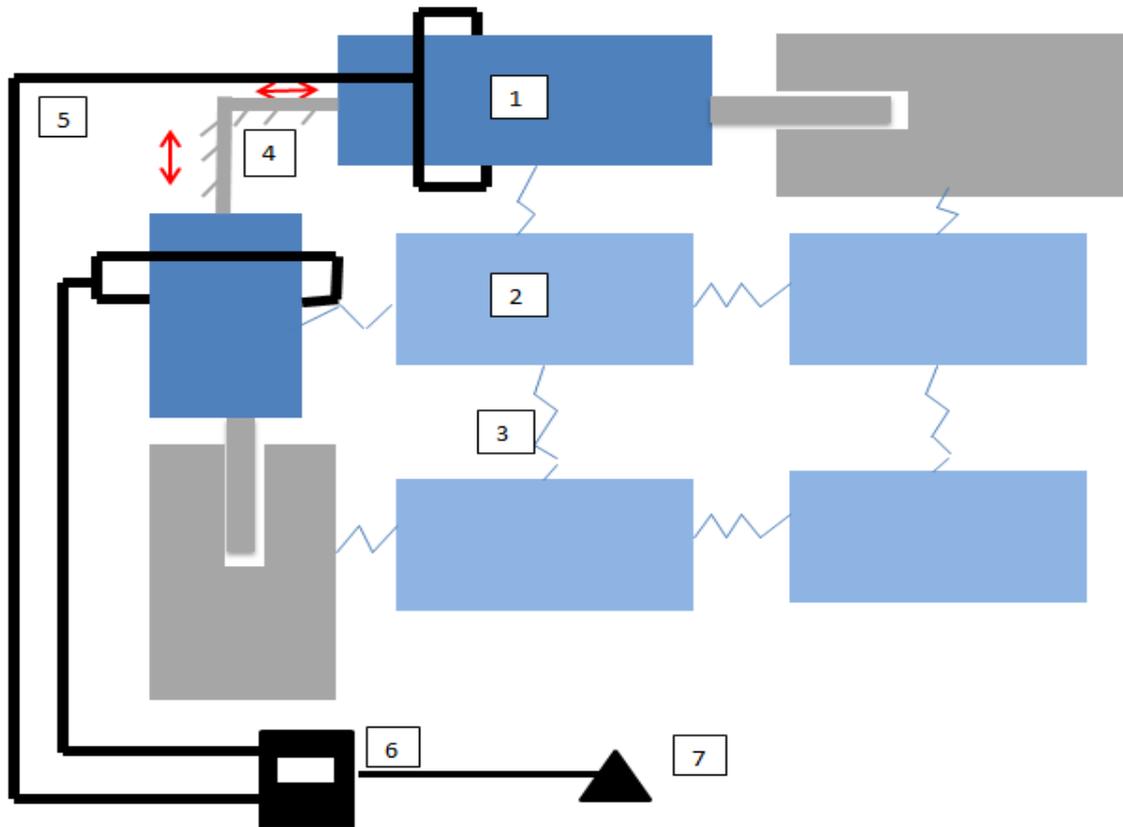


Figure VI.13: Structure de la deuxième proposition.

↕ Pour contrôler la flexion, extension possible au cou

↔ Pour contrôler la stabilisation rigide, semi rigide et douce

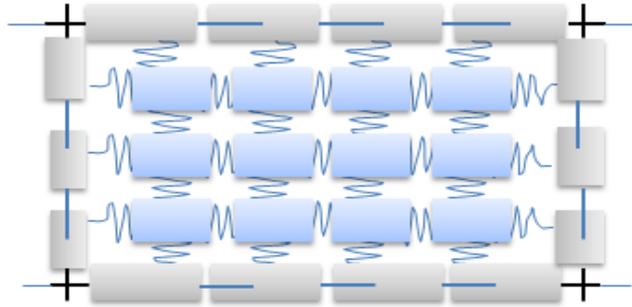
1: élément externe pour contrôler la forme (matériau piézoélectrique), 2: élément interne, 3: ressort, 4: le construit, 5: fils, 6: unité de contrôle, 7: source d'énergie.

## VI. Le comportement du collier cervical selon le type de prise en charge

### VI.1. Le premier type de gestion: minimiser la flexion, extension avec stabilisation rigide

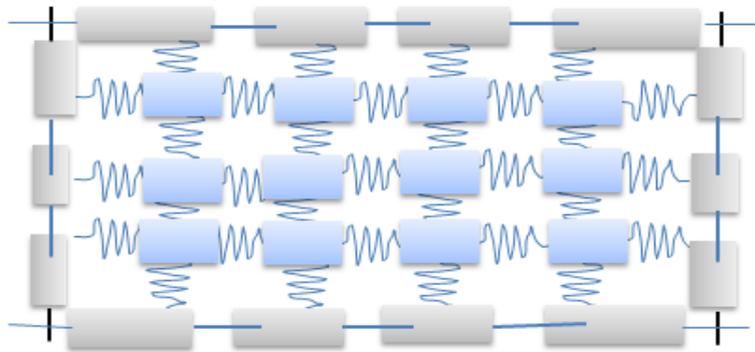
Pour minimiser correctement la flexion et l'extension, le collier cervical doit être ajusté correctement au cou du patient.

Les pièces avant et arrière: elles sont conçues pour minimiser la flexion et l'extension avec une stabilisation rigide.



**Figure VI.14: Structure des pièces avant et arrière du premier type de gestion.**

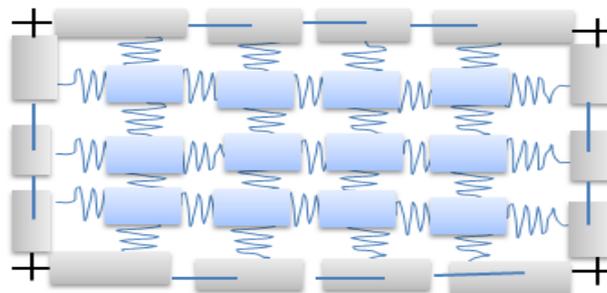
Les pièces gauche et droite sont conçues pour maintenir la tête en équilibre et pour s'adapter au cou et à d'autres pièces.



**Figure VI.15: Structure des pièces gauche et droite du premier type de gestion.**

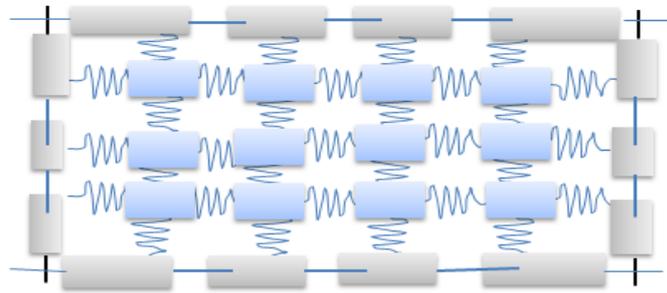
**VI.2. Le deuxième type de gestion:** minimiser la flexion, charges axiales avec stabilisation semi-rigide.

Les pièces avant, gauche et droite sont conçues pour minimiser la flexion, les charges axiales avec stabilisation semi-rigide.



**Figure VI.16: Structure des pièces avant gauche et droite du deuxième type de gestion.**

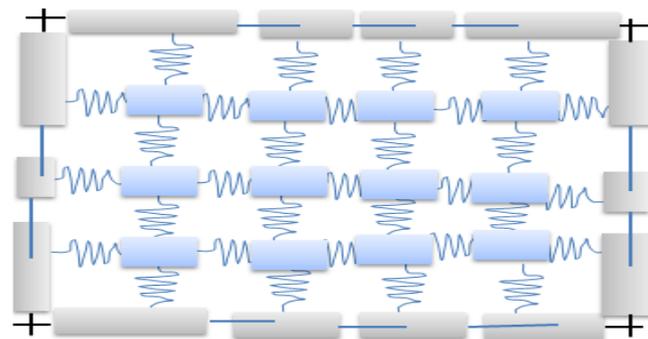
L'arrière est conçu pour maintenir la tête en équilibre et pour s'adapter au cou et à d'autres pièces



**Figure VI.17:** Structure de l'arrière du deuxième type de gestion

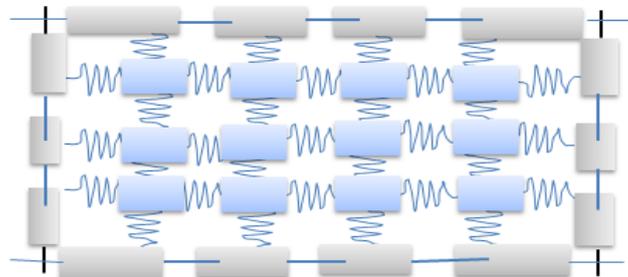
### **VI.3.Le troisième type de prise en charge:** traction cervicale

Le dos est conçu pour assurer la traction cervicale



**Figure VI.18:** Structure de l'arrière du troisième type de gestion.

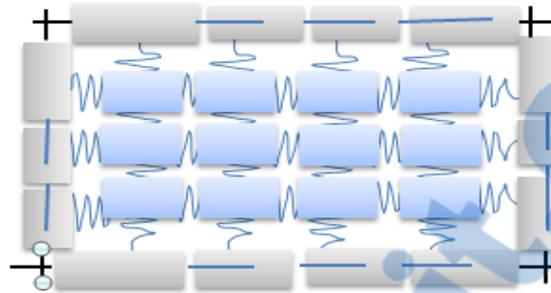
Les pièces avant, gauche et droite sont conçues pour maintenir la tête en équilibre et s'ajuster au cou et à d'autres pièces.



**Figure VI.19:** Structure des pièces avant gauche et droite du troisième type de gestion

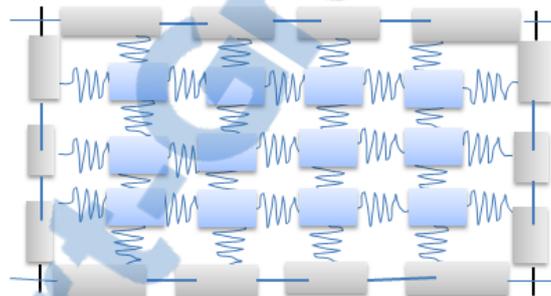
**VI.4. Le quatrième type de gestion:** éviter la traction avec stabilisation rigide:

La pièce dorsale est conçue pour éviter la traction du cou avec une stabilisation rigide.



**Figure VI.20:** Structure de l'arrière du quatrième type de gestion.

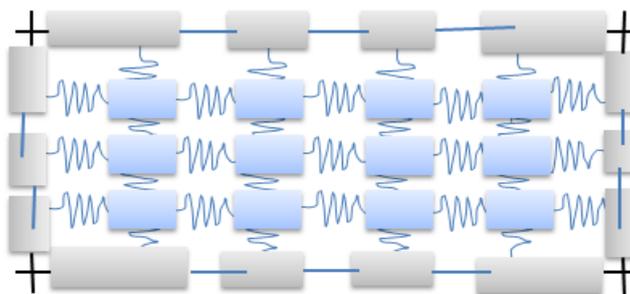
Les pièces avant, gauche et droite sont conçues pour maintenir la tête en équilibre et pour s'adapter au cou et à d'autres pièces.



**Figure VI.21:** Structure des pièces avant, gauche et droite du quatrième type de gestion

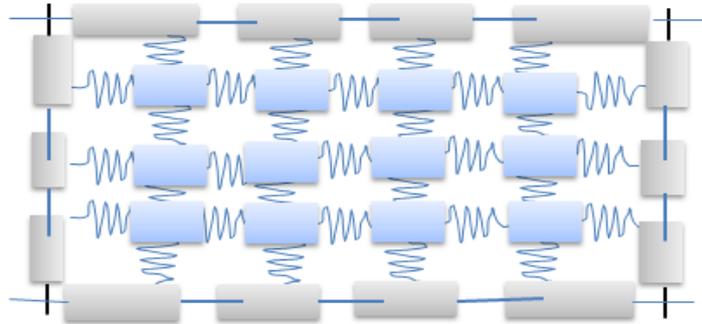
**VI.5. Le cinquième type de gestion:** minimiser la flexion avec des charges axiales avec stabilisation douce:

L'avant est conçu pour minimiser la flexion avec une stabilisation douce.



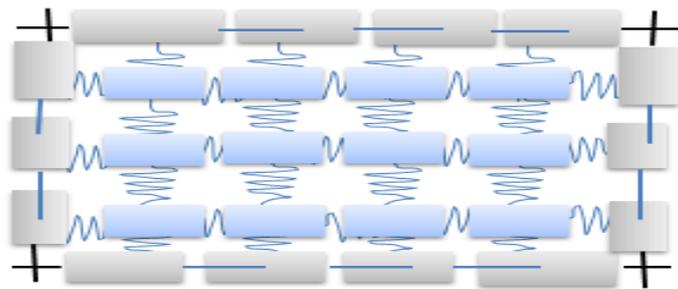
**Figure VI.22:** Structure de la partie arrière du cinquième type de gestion.

L'arrière est conçu pour maintenir la tête en équilibre et pour s'adapter au cou et à d'autres pièces.



**Figure VI.23:** Structure de l'avant du cinquième type de gestion.

Les pièces gauche et droite sont conçues pour minimiser les charges axiales avec une stabilisation douce.



**Figure VI.24:** Structure des pièces gauche et droite du cinquième type de gestion.

## **VII. Conclusion**

En résumé, dans ce travail, nous avons essayé de nous inspirer de la nature pour proposer une solution technologique qui offre à la fois la sécurité et le confort pour le patient au stade pré-hospitalier. Nous avons essayé d'expliquer et de clarifier l'idée autant que possible, et nous avons essayé de donner la proposition appropriée pour un tel travail; parce que tout le travail consistait à trouver la conception appropriée garantissant la sécurité du patient tout en respectant le cahier de charge.

## Conclusion et perspectives

Les lésions de la moelle épinière se produisent généralement après un traumatisme de la colonne cervicale, les collisions de véhicules et les activités de loisirs sont les causes les plus répandues des lésions cervicales. En effet, les blessures surviennent le plus souvent dans le cou au niveau des vertèbres cervicales, des accélérations et des décélérations soudaines de la tête et du corps provoquent des forces de flexion sur celles-ci entraînant par conséquent un transfert de charges vers la moelle épinière suite au décalage des vertèbres endommagées.

Les effets d'une lésion de la moelle épinière peuvent être fatals, ces blessures graves peuvent provoquer une tétraplégie permanente et aussi la mort. C'est la raison pour laquelle le traitement approprié de ces victimes par les sauveteurs est si crucial ; d'où la nécessité de faire preuve d'une grande prudence. Les premiers soins sont généralement axés sur l'objectif de ne causer aucun dommage par imprudence. Le collier cervical est couramment utilisé dans ce cas de figure pour stabiliser la colonne cervicale. Toutefois, les preuves existantes en faveur de cette pratique sont limitées: les études cliniques font largement défaut et les effets sur la mortalité, les lésions neurologiques et la stabilité de la colonne cervicale sont incertains.

C'est dans ce contexte que nous avons mené une étude de conception d'un nouveau collier cervical intelligent.

Pour cela, nous avons abordés les points suivants :

- L'étude préliminaire montrant les limites des colliers utilisés, le contexte du projet et l'énoncé du besoin et sa validité. Par la suite une analyse conceptuelle nous a permis de recenser, caractériser et ordonner les fonctions de service d'un nouveau collier cervical intelligent, sur cette base l'arbre fonctionnel et les sous-systèmes du projet ont été identifiés.
- Un bref rappel sur l'anatomie et la physiologie de la colonne cervicale et les traumatismes associés suite à une blessure. On y présente les mouvements relatifs, les différentes sollicitations liées à la colonne cervicale et les méthodes de gestion des lésions provoquées lors d'un traumatisme.
- En se basant sur les notions établies précédemment et dans le but de répondre à la problématique posée précédemment qui est la prise en charge précoce des lésions de la colonne vertébrale, un programme a été élaboré pour la gestion des blessures. Ce programme permet la classification des fractures en fonction du type de traumatisme.

## Conclusion et perspectives

Le but est de minimiser l'intervention humaine, et de sélectionner de façon optimale le type de stabilisation approprié.

- L'avant projet d'un collier cervical intelligent inspiré des propriétés structurelles du collenchyme. Ce collier sera capable de s'adapter aux cous des patients, immobiliser la colonne cervicale, minimiser le danger générer par les colliers actuellement utilisés.

Cet avant projet constitue un premier pas à franchir pour une nouvelle prise en charge des patients en utilisant une nouvelle technologie de colliers cervicaux intelligents. A ce point de notre recherche, on ne peut pas dire que le problème soit totalement résolu car beaucoup de points n'ont pas été pris en considération et le problème reste très complexe et multi disciplinaire. Néanmoins, nous croyons que les idées que nous avons proposées sont très projeteuses et peuvent constituer une plateforme pour la conception d'un nouveau type de colliers.

Il reste de poursuivre des développements dans plusieurs directions :

- La prise en charge précoce des lésions de la colonne vertébrale par une classification de toutes les fractures en fonction du type de traumatisme de façon détaillée et prouvées cliniquement.
- Le choix de matériaux intelligents.
- Commande intelligente du système en utilisant l'intelligence artificielle.

# Références

- [1] Adolfo Dannier, Gianluca Brando and Francesca Nikita Ruggiero . 21 February 2019 .The Piezoelectric Phenomenon in Energy Harvesting Scenarios: A Theoretical Study of Viable Applications in Unbalanced Rotor Systems .Department of Electrical Eng. and IT, DIETI, University of Naples, Federico II, 80125 Naples, Italy.
- [2] Dr Albert B du Toit, Dr Robert Dunn.spring 2008.Department of Orthopaedic Surgery, Stellenbosch University, UCT rotation,Head Orthopaedic Spinal Services, Acute Spinal Cord Injury Unit, University of Cape Town. Bifacet dislocations of cervical spine: acute management and outcome.
- [3] Brian M. Haus MD, Mitchel B. Harris MD. Non-operative Treatment of an Unstable Jefferson Fracture Using a Cervical Collar. Department of Orthopaedic Surgery, Brigham and Women's Hospital, 75 Francis Street, Boston,
- [4] Brody A. Frost , Sandra Camarero-Espinosa, and E. Johan Foster, (14 january 2019).Materials for the Spine: Anatomy, Problems, and Solutions . 1 Department of Materials Science and Engineering, Macromolecules Innovation Institute, Virginia Tech, Blacksburg, USA. Complex Tissue Regeneration Department , MERLN Institute for Technology-inspired Regenerative Medicine, Maastricht University.
- [5] Carolin Meyer, Peer Eysel, and Gregor Stein. Traumatic Atlantoaxial and Fracture-Related Dislocation Department of Orthopaedics and Trauma Surgery, University Hospital of Cologne, Cologne, Germany. 18 March 2019. Department of Orthopaedics, Spine and Trauma Surgery, Helios Klinikum Siegburg, Siegburg, Germany.
- [6] Chaitanya Chikhale, Mohammed Faizan and Sushil Mankar. 2017.Cervical Facet Fracture Dislocations-Management Algorithm and Tips for Reduction. NKP Salve Institute of Medical Sciences, India.
- [7] Djalma Felipe Menéndez, Wellingson Silva Paiva, Leonardo de Moura Sousa Júnior, Iuri Santana Neville, Almir Ferreira Andrade, Manoel Jacobsen Teixeira.2015. Non-operative management of occipital condyle fracture: report of three cases and literature review. Division of Neurosurgery , University of São Paulo Medical School, São Paulo SP, Brazil.

- [8] Frank Kandziora, MD, PhD1 , Matti Scholz, MD1 , Andreas Pingel, MD1 , Philipp Schleicher, MD1 , Ulas Yildiz, MD1 , Patrick Kluger, MD, PhD2 , Matthias Pumberger, MD3 , Andreas Korge, MD4 , Klaus John Schnake, MD5 , and the Spine Section of the German Society for Orthopaedics and Trauma. Treatment of Atlas Fractures .2018. Recommendations of the Spine Section of the German Society for Orthopaedics and Trauma (DGOU).
- [9] Graham C Hall, Michael J Kinsman, Ryan G Nazar, Rob T Hruska, Kevin J Mansfield, Maxwell Boakye, Ralph Rahme,2015. Atlanto-occipital dislocation. Department of Neurosurgery, University of Louisville, Louisville, KY 40241, United States.
- [10] Hojjat Fathollahi .multi body dynamic analysis of cervical spine helicopter pilotes . a thesis presented to Ryerson university In partial fulfillment of the Requirement for the degree of Master of Applied Science In the program of Aerospace Engineering Toronto, Ontario, Canada, 2012.
- [11] Jennifer Adrienne DeWit .Cervical Spine Segment Modeling at Traumatic Loading Levels for Injury Prediction .A thesis presented to the University of Waterloo in fulfillment of the thesis requirement for the degree of Master of Applied Science in Mechanical Engineering Waterloo, Ontario, Canada, 2012.
- [12] Kornhall et al.The Norwegian guidelines for the pre-hospital management of adult trauma patients with potential spinal injury .Scandinavian Journal of Trauma, Resuscitation and Emergency Medicine (2017) 25:2.
- [13] K.Uchino .December 2010.The Development of Piezoelectric Materials and the New Perspective .The Pennsylvania State University, State College, PA, United States.
- [14] Lara C. Portmann, MSN, ACNP-BC. September 19, 2014 . Evaluation and Treatment of Spine Fractures . Nurse Practitioner, Neurosurgery, Trauma Services, Intermountain Medical Center; Salt Lake City, Utah.
- [15] Leigh Rogers: Emergency Department Advanced Clinical Practitioner (Trainee) West Midlands Ambulance Service NHS Trust Stone, United Kingdom Continuing Professional Development: June 2017 Rigid cervical collar in prehospital care.
- [16] Matthew Brian Panzer. Numerical Modelling of the Human Cervical Spine in Frontal Impact A thesis presented to the University of Waterloo in fulfillment of the thesis

requirement for the degree of Master of Applied Science in Mechanical Engineering Waterloo, Ontario, Canada, 2006.

[17] Mishra Dk1 ,Singhal S2 ,Manchanda B3. Atlanto-Axial Subluxation of the Cervical Spine As the Initial Presentation of Rheumatoid Arthritis: A Case Report.january 2017. IOSR Journal of Dental and Medical Sciences.

[18] Nicholas Theodore, Bizhan Aarabi, Sanjay S. Dhall, Daniel E. Gelb, R. John Hurlbert, Curtis J. Rozzelle, Timothy C. Ryken, Beverly C. Walters, Mark N. Hadley. 2013.The Diagnosis and Management of Traumatic Atlanto-occipital Dislocation Injuries. Mark N. Hadley, MD, FACS, UAB Division of Neurological Surgery, 510 – 20th Street South, FOT 1030, Birmingham.

[19] Nicholas Theodore, Bizhan Aarabi, Sanjay S. Dhall, Daniel E. Gelb. John Hurlbert, Curtis J. Rozzelle, Timothy C. Ryken, Beverly C. Walters, Mark N. Hadley.2013. Occipital Condyle Fractures. Division of Neurological Surgery, 510 – 20th Street South, FOT 1030, Birmingham.

[20] N.S. Motsitsi, L.N. Bomela. Tear-drop Fractures of the Cervical Spine. July/August 2009 .Department of Orthopaedic Surgery, University of Pretoria, Kalafong Hospital, Pretoria, S. Africa.

[21] Olivier Leroux1.Collenchyma: a versatile mechanical tissue with dynamic cell walls .2012. Botany and Plant Science and Ryan Institute, School of Natural Sciences, National University of Ireland Galway, University Road, Galway, Ireland and 2 Pteridology, Department of Biology, Ghent University

[22] Özkan ÖZSARLAK, Dept of Radiology, Neuroradiology, University Hospital Antwerp. Spinal vertebral trauma.

[23] S. Govender, J. F. Maharaj, M. R. Haffajee.2000. Fractures of the odontoid process Angiographic and clinical study .From the King Edward VIII Hospital, Durban, South Africa

[24] Stephen Mattucci .Strain Rate Dependent Properties of Younger Human Cervical Spine Ligaments .A thesis presented to the University of Waterloo in fulfillment of the thesis requirement for the degree of Master of Applied Science in Mechanical Engineering Waterloo, Ontario, Canada, 2011.

[25] Rafid Al-Mahfoudh<sup>1,2</sup> Christopher Beagrie<sup>1</sup> Ele Woolley<sup>1</sup> Rasheed Zakaria<sup>1</sup> Mark Radon<sup>1</sup> Simon Clark<sup>1</sup> Robin Pillay<sup>1</sup> Martin Wilby<sup>1</sup>. 2016. Management of Typical and Atypical Hangman's Fractures. Department of Neurosurgery . The Walton Centre for Neurology and Neurosurgery, NHS Trust, Liverpool, United Kingdom <sup>2</sup>Department of Neurosurgery, Brighton and Sussex University Hospitals, NHS Trust, Brighton, United Kingdom.

[26] Vibhu Krishnan Viswanathan and Surabhi Subramanian. 2017. Guidelines on the Management of AtlantoAxial Fractures in Adults: A Short Review. The Ohio State University, Columbus.

[27] Wolfgang Dauber, Heinz Feneis. Pocket Atlas of Human Anatomy. Fourth edition. Thieme Stuttgart · New York 2000.

## Web bibliographie

[28] <https://www.google.com/search?q=cervical+spine+anatomy+images+and+tbn>

[29] <https://www.google.com/search?q=cervical+spine+collar+at+pre+hospital+stage+and+client>

[30] <https://www.google.com/search?q=cervical+spine+fracture+images+and+aqs>

[31] <http://www.spine-health.com/>

[32] <http://www.spineuniverse.com/>

[33] <http://www.spinalcord.org>

[34] [www.harms-spinesurgery.com](http://www.harms-spinesurgery.com)

[35] [www.mmarmedical.com/](http://www.mmarmedical.com/)

[36] [www.neurosurgery-online.com](http://www.neurosurgery-online.com)

