



**HAL**  
open science

## Les fractures de C1 : analyse du taux de consolidation et des complications dans une série prospective multicentrique

Maxime Lleu, Yann Philippe Charles, Benjamin Blondel, Laurent Barresi,  
Benjamin Nicot, Vincent Challier, Joël Godard, Pascal Kouyoumdjian,  
Nicolas Lonjon, Paulo Marinho, et al.

### ► To cite this version:

Maxime Lleu, Yann Philippe Charles, Benjamin Blondel, Laurent Barresi, Benjamin Nicot, et al.. Les fractures de C1 : analyse du taux de consolidation et des complications dans une série prospective multicentrique. *Revue de Chirurgie Orthopédique et Traumatologique*, 2018, 104 (7), pp.708-713. 10.1016/j.rcot.2018.08.029 . hal-02137693

**HAL Id: hal-02137693**

**<https://hal.science/hal-02137693>**

Submitted on 23 May 2019

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

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

# Les fractures de C1 : analyse du taux de consolidation et des complications dans une série prospective multicentrique<sup>☆</sup>

## C1 fracture: Analysis of consolidation and complications rates in a prospective multicenter series

Maxime Lleu<sup>a,\*</sup>, Yann Philippe Charles<sup>b</sup>, Benjamin Blondel<sup>c</sup>, Laurent Barresi<sup>d</sup>, Benjamin Nicot<sup>e</sup>, Vincent Challier<sup>f</sup>, Joël Godard<sup>g</sup>, Pascal Kouyoumdjian<sup>h</sup>, Nicolas Lonjon<sup>i</sup>, Paulo Marinho<sup>j</sup>, Eurico Freitas<sup>k</sup>, Sébastien Schuller<sup>b</sup>, Stéphane Fuentes<sup>c</sup>, Jérémy Allia<sup>d</sup>, Julien Berthiller<sup>l</sup>, Cédric Barrey<sup>k</sup>

<sup>a</sup> Service de neurochirurgie, CHU de Dijon, 14, rue Paul Gaffarel, 21000 Dijon cedex, France

<sup>b</sup> Service de chirurgie du rachis, hôpitaux universitaires de Strasbourg, 1, place de l'Hôpital, BP 426, 67091 Strasbourg cedex, France

<sup>c</sup> Unité de chirurgie du rachis, université Aix-Marseille, CHU Timone, 264, rue Saint-Pierre, 13005 Marseille, France

<sup>d</sup> Unité de chirurgie rachidienne, institut universitaire de l'appareil Locomoteur et du Sport, hôpital Pasteur 2, CHU de Nice, 30, voie Romaine, 06001 Nice, France

<sup>e</sup> Département de neurochirurgie, CHU de Grenoble, avenue Maquis-du-Grésivaudan, 38700 La Tronche, France

<sup>f</sup> Unité d'orthopédie-traumatologie rachis I, hôpital Tripode, CHU de Bordeaux, place Amélie-Raba-Léon, 33076 Bordeaux cedex, France

<sup>g</sup> Service de neurochirurgie, hôpital Jean-Minjoz, 3, boulevard A Fleming, 25030 Besançon cedex, France

<sup>h</sup> Service d'orthopédie-traumatologie, CHU de Nîmes, avenue du Pr Debré, 30000 Nîmes, France

<sup>i</sup> Service de neurochirurgie, hôpital Gui de Chauliac, 80, avenue Augustin Fliche, 34090 Montpellier, France

<sup>j</sup> Service de neurochirurgie, hôpital Roger-Salengro, CHRU de Lille, rue Emile-Laine, 59037 Lille, France

<sup>k</sup> Service de neurochirurgie C et chirurgie du rachis, hôpital P. Wertheimer, université Claude Bernard Lyon 1, 59, boulevard Pinel, 69003 Lyon, France

<sup>l</sup> Pôle IMER, Hospices Civils de Lyon, 162, avenue Lacassagne, 69424 Lyon cedex 03, France

## R É S U M É

**Introduction.** – Trois types de fractures de C1 ont été décrits en fonction de la localisation : type 1 (arc antérieur ou postérieur), type 2 (Jefferson : arc antérieur et postérieur), type 3 (masse latérale). Leur stabilité dépend de l'intégrité du ligament transverse. L'objectif principal était d'analyser le taux de complications et de consolidation en fonction du type de fracture, de l'âge et du traitement.

**Matériel et méthodes.** – La Société française de chirurgie du rachis (SFCR) a réalisé une étude prospective multicentrique sur les traumatismes C1–C2. Tout patient avec une fracture récente diagnostiquée sur tomodensitométrie était inclus. La consolidation tomodensitométrique était étudiée à 3 mois et 1 an. Les complications médicales, neurologiques, infectieuses ou mécaniques étaient documentées sur base de données KEOPS.

**Résultats.** – Sur 417 patients, 63 (15,1 %) avaient une fracture de C1. Les fractures étaient classifiées en type 1 (33,3 %), type 2 (38,1 %), type 3 (28,6 %). Le ligament transverse était intact dans 53,9 % des cas. Le traitement était orthopédique chez 63,5 %, chirurgical chez 27,0 %, chirurgical après échec du traitement orthopédique chez 9,5 % des patients. Neuf complications médicales étaient enregistrées. Elles étaient plus fréquentes chez les patients > 70 ans après chirurgie ( $p < 0,0001$ ). Le taux de consolidation était de 84,2 % après traitement orthopédique, 100 % après chirurgie initiale, 33,3 % après chirurgie secondaire ( $p = 0,002$ ). Dix pseudarthroses concernaient 4,8 % des fractures de type 1, 13,6 % des types 2, 33,3 % des types 3 ( $p = 0,001$ ).

**Conclusion.** – Les complications médicales dépendaient de l'âge et du traitement. La consolidation dépendait du type de fracture et du traitement. Le traitement orthopédique était adapté aux types 1, 2 et 3 à faible déplacement avec ligament transverse intact. L'arthrodèse C1–C2 était adaptée aux fractures de type 2 déplacés et instables. Les fractures de type 3 déplacées prédisposaient à la pseudarthrose. Une chirurgie précoce pourrait être préconisée.

**Niveau de preuve.** – III.

## Mots clés :

Atlas  
Fracture de C1  
Complications  
Consolidation  
Pseudarthrose

DOI de l'article original : <https://doi.org/10.1016/j.otsr.2018.06.014>.

<sup>☆</sup> Ne pas utiliser, pour citation, la référence française de cet article, mais celle de l'article original paru dans *Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research*, en utilisant le DOI ci-dessus.

\* Auteur correspondant.

Adresse e-mail : [maxime.lleu@chu-dijon.fr](mailto:maxime.lleu@chu-dijon.fr) (M. Lleu).

## 1. Introduction

Les fractures de l'atlas (C1) étaient initialement décrites par Jefferson en 1927 [1]. Leur épidémiologie a été étudiée par Matthiessen [2]. Le sexe ratio est en faveur des hommes (1,3:1). La moyenne d'âge est de 60,5 ans avec deux pics d'incidence (24 ans et 82 ans). Les accidents de la voie publique avec une haute cinétique sont la cause lésionnelle la plus fréquente pour les sujets jeunes. Chez les personnes âgées avec une ostéoporose, les chutes de faibles hauteurs sont souvent à l'origine du traumatisme. Dans 19 % des cas, les fractures de C1 sont associées à une fracture de l'axis (C2). Les fractures de C1 sont classées en trois types [3,4]. Le type 1 (Fig. 1) représente une atteinte isolée de l'arc antérieur ou postérieur (31 % à 45 %). Le type 2 (Fig. 2), appelée « fracture de Jefferson », correspond à une fracture des arcs antérieur et postérieur (37 % à 50 %). Le type 3 (Fig. 3) est caractérisé par un trait de fracture passant par les masses latérales (13 % à 37 %).

L'atlas se situe au niveau du tronc cérébral. Un déplacement important de fracture de C1 comporte un risque neurologique, potentiellement létal. La rupture du ligament transverse signe l'instabilité du complexe occipito-atlanto-axoïdien. Cette atteinte peut être évaluée par des signes indirects sur radiographies ou tomodensitométrie (TDM) : la règle de Spence en est la plus connue [5]. Elle est caractérisée par une latéralisation des masses latérales de C1 > 7 mm par rapport aux masses latérales de C2 dans le plan coronal (Fig. 2B), ou par une distance atlas-odontoïde > 5 mm dans le plan sagittal. La lésion ligamentaire est bien visualisée par TDM lorsqu'il existe un arrachement osseux à son insertion (Fig. 4B). Dickman et al. [6–8] ont décrit les signes de rupture du ligament transverse à l'IRM, qui représente l'examen de référence en cas de suspicion d'atteinte ligamentaire (Fig. 4A).

Lorsque la fracture de C1 est stable, une immobilisation par minerve type Philadelphie, rarement par halo-veste, est recommandée pendant 8 à 12 semaines. La chirurgie est indiquée en cas de fracture instable [9,10]. Les techniques chirurgicales de fixations postérieures utilisées sont principalement le vissage C1–C2 selon Harms et Melcher [11] (Fig. 5) ou plus rarement l'ostéosynthèse occipito-cervicale. L'indication chirurgicale n'est pas claire pour les fractures déplacées des masses latérales avec conservation du ligament transverse. Il existe un risque de non-consolidation en mauvaise position lorsque les surfaces articulaires C0–C1 et C1–C2 sont subluxées. Les pratiques entre le traitement orthopédique et chirurgical divergent dans ces fractures.

L'objectif de cette étude était de recenser la prise en charge initiale des fractures de C1, les taux de complications et de consolidation en fonction du type de fracture, du type de traitement et de l'âge du patient.

## 2. Matériel et méthodes

### 2.1. Étude et patients

Une étude multicentrique prospective et observationnelle sur les traumatismes C1–C2 était conduite sous l'égide de la Société

française de chirurgie rachidienne (SFCR) L'avis favorable pour la réalisation de l'étude a été obtenu auprès du comité d'éthique du CHU de Strasbourg.

Les centres hospitaliers universitaires de Lyon, Strasbourg, Bordeaux, Marseille, Nice, Montpellier, Nîmes, Besançon, Grenoble, Lille et Dijon ont participé au recensement. Tout patient avec une fracture C1 ou C2 récente diagnostiquée sur TDM était inclus. Une IRM était requise en cas de suspicion d'atteinte ligamentaire. Étaient exclus les traumatismes anciens et les patients sans TDM initiale. Les patients avec une fracture de C1 étaient extraits de la base de données globale pour cette étude.

### 2.2. Paramètres d'analyse

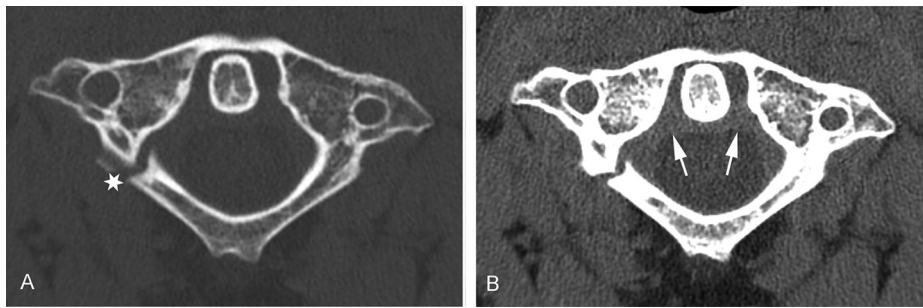
La base informatique commune KEOPS (SMAIO, Lyon, France) était utilisée pour le recueil des données remplies lors de l'hospitalisation et à chaque consultation. Le suivi était prospectif à 6 semaines, 3 mois, 6 mois et 1 an. Les items suivants étaient renseignés :

- épidémiologie : âge, sexe, comorbidités, score American Society of Anesthesiologists (ASA) ;
- fracture : niveau fracturé (C1), fractures associées, classification et atteinte du ligament transverse (intact ou rompu) ;
- traitement : traitement orthopédique (type de minerve et observance), chirurgical (type de chirurgie, niveau de l'ostéosynthèse, greffe osseuse, contention postopératoire), chirurgie dans un second temps ;
- complications : médicales (pneumopathie, décompensation cardiaque, thrombose veineuse profonde, escarre secondaire au décubitus, délirium postopératoire), neurologiques, infectieuses ou mécaniques.

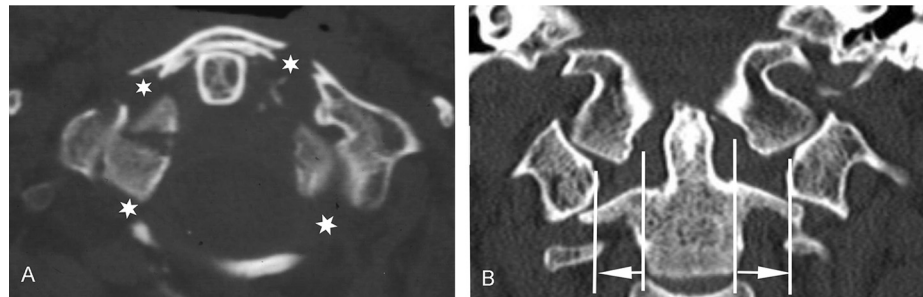
Une TDM était réalisée à 3 mois en cas de traitement orthopédique. Si la consolidation était incomplète, une TDM de contrôle était réalisée à 1 an. Les patients opérés avaient une TDM à 1 an. La consolidation était analysée sur fenêtre osseuse coronale, axiales et sagittale en coupes de 0,6 mm–0,8 mm. Elle était classée comme « complète » lorsqu'il n'y avait plus de trait de fracture visible, « incomplète » en cas de trait résiduel partiel, ou en « pseudarthrose » en cas de non-consolidation.

### 2.3. Analyse statistique

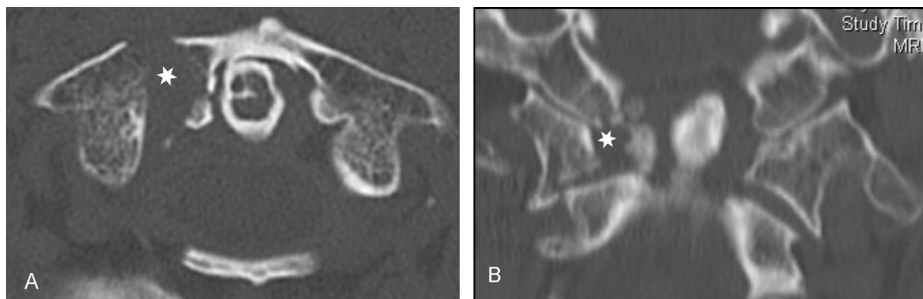
L'analyse statistique a été réalisée avec le logiciel SAS V9.3 (SAS Institute Inc., NC, États Unis). Une analyse descriptive de la série était réalisée. Les variables qualitatives ont été comparées par le test du Chi<sup>2</sup> ou par un test exact de Fisher lorsque les conditions du test de Chi<sup>2</sup> n'étaient pas respectées. Les complications et la consolidation étaient évaluées en fonction de l'âge (inférieur ou supérieur à 70 ans), du type de traitement (orthopédique ou chirurgical) et du type de fracture (1 à 3). Le seuil de significativité a été fixé à 5 %.



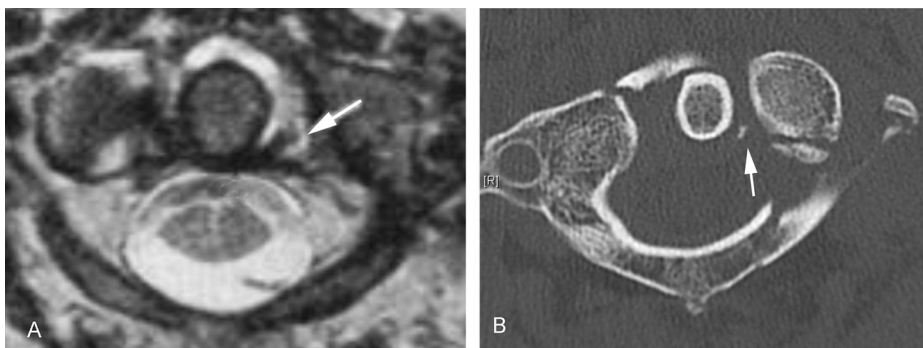
**Fig. 1.** Fracture de type 1 avec atteinte isolée de l'arc postérieur (étoile) sur TDM en coupe axiale en fenêtre osseuse (A), intégrité du ligament transverse (flèches) sur la coupe axiale en fenêtre tissu mou (B).



**Fig. 2.** Fracture de type 2 (Jefferson) avec atteinte de l'arc antérieur et postérieur en 4 points (étoiles) sur TDM en coupe axiale (A), coupe coronale montrant la subluxation latérale des masses latérales : la règle de Spence prédit la rupture du ligament transverse si la somme des translations de C1 par rapport à C2 (flèches) est  $> 7$  mm (B).



**Fig. 3.** Fracture de type 3 avec atteinte isolée de la masse latérale (étoile) sur TDM en coupe axiale (A) et coronale (B).



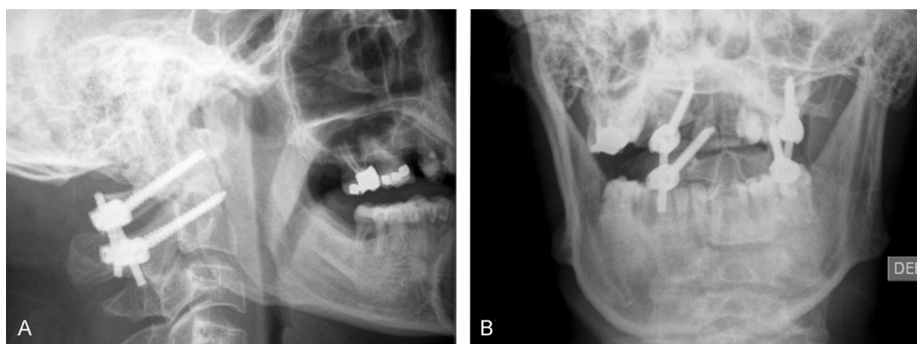
**Fig. 4.** Rupture du ligament transverse (flèche) sur IRM en coupe axiale (A), désinsertion ostéo-ligamentaire du ligament transverse (flèche) sur coupe axiale TDM en fenêtre osseuse (B).

### 3. Résultats

#### 3.1. Données épidémiologiques

Sur 417 patients dans la base de données des traumatismes C1-C2, 63 patients (15,1 %) avaient une fracture de C1. Il y avait 35 hommes (55,6 %) et 28 femmes (44,4 %). L'âge moyen était de

60,5 (16-95) ans, 29 patients (46,0 %) avaient un âge  $\leq 70$  ans. Vingt patients (31,7 %) présentaient un traumatisme du rachis isolé, 27 patients (42,8 %) avaient un traumatisme crânien associé, 16 patients (25,4 %) présentaient une fracture de C1 dans un contexte de polytraumatisme. Les causes lésionnelles chez 29 patients  $\leq 70$  ans représentaient : 25 (86,2 %) accidents de la circulation, 2 (6,9 %) accidents sportifs et 2 (6,9 %) chutes de lieux



**Fig. 5.** Ostéosynthèse-arthrodèse postérieure C1–C2 selon Harms avec vissage des masses latérales de C1 et des pédicules de C2 : radiographies postopératoires de profil (A) et de face (B).

**Tableau 1**

Distribution des scores American Society of Anesthesiologists (ASA) et fréquences des comorbidités en fonction de l'âge.

	Patients ≤ 70 ans n = 29 (%)	Patients > 70 ans n = 34 (%)
<b>Score ASA</b>		
ASA I	10 (34,5)	3 (8,8)
ASA II	12 (41,4)	12 (35,3)
ASA III	6 (20,7)	14 (41,2)
ASA IV	1 (3,4)	5 (14,7)
<b>Comorbidités</b>		
Cardiaque	9 (31,0)	18 (52,9)
Hypertension artérielle	10 (34,5)	25 (73,5)
Vasculaire	4 (13,8)	14 (41,2)
Diabète	8 (27,6)	9 (26,5)
Respiratoire	3 (10,3)	8 (23,5)
Neuro-cognitive	1 (3,4)	8 (23,5)
Gastro-intestinale	2 (6,9)	3 (8,8)
Hépatique et alcoolisme	2 (6,9)	1 (2,9)
Insuffisance rénale	2 (6,9)	12 (35,3)
Oncologique	3 (10,3)	4 (11,8)

élevés. Chez 34 patients > 70 ans les causes étaient : 24 (70,6 %) chutes de leur hauteur, 5 (14,7 %) accidents de la circulation, 4 accidents domestiques (11,8 %), 1 (2,9 %) agression. Les répartitions des comorbidités et des scores ASA sont détaillées dans le [Tableau 1](#).

### 3.2. Types de fractures

Les fractures de C1 étaient classées en type 1 chez 21 patients (33,3 %), en type 2 chez 23 patients (38,1 %) et en type 3 chez 19 patients (28,6 %). Le ligament transverse était intact chez 34 patients (53,9 %) confirmé par visualisation sur coupes axiales TDM en parties molles et selon la règle de Spence. Une rupture de ligament transverse était secondairement confirmée par IRM chez 12 patients (19,0 %) avec fractures de type 2. Pour les fractures de type 3, le déplacement moyen de la fracture au niveau des masses latérales était de 2,4 mm (0 mm–12 mm).

### 3.3. Traitements

Un traitement orthopédique seul était réalisé chez 40 patients (63,5 %), dont 36 patients étaient traités par minerve de Philadelphie. Les 4 autres patients portaient un collier cervical mousse. Aucun halo-veste n'était utilisé. La répartition était équivalente entre les fractures stables de types 1 à 3. Un traitement chirurgical a été réalisé chez 17 patients (27,0 %). La technique de choix était le vissage postérieur C1–C2. Les fractures de type 2 prédominaient dans ce groupe. Chez 6 patients avec une fracture de C2 associée, un complément de vissage de l'odontoïde était réalisé. Un traitement chirurgical était indiqué secondairement après traitement orthopédique chez 6 patients (9,5 %) pour retard de consolidation sur TDM

**Tableau 2**

Complications en fonction du type de traitement.

Complications	Conservateur n = 40 (%)	Chirurgie primaire n = 17 (%)	Chirurgie secondaire n = 6 (%)
<b>Décès</b>	2 (5,0)	0 (0)	0 (0)
<b>Médicales</b>			
Pneumopathie	1 (2,5)	2 (11,8)	2 (33,3)
Cardiaques	0 (0)	0 (0)	2 (33,3)
Thrombose	0 (0)	1 (5,9)	0 (0)
Délirium	0 (0)	2 (11,8)	0 (0)
Escarres	1 (2,5)	0 (0)	0 (0)
<b>Neurologiques</b>	0 (0)	2 (11,8)	0 (0)
Infection	0 (0)	0 (0)	0 (0)
<b>Mécaniques</b>			
Ostéosynthèse –		1 (5,9)	1 (16,7)
Pseudarthrose	5 (12,5)	2 (11,8)	3 (50,0)

à 3 mois. Il s'agissait de fractures de type 3 avec ligament transverse intact. L'écart du foyer de fracture était > 2 mm sur la TDM initiale dans chaque cas.

### 3.4. Complications

Le taux de mortalité global était de 3,2 %, soit 2 décès précoces de patients > 70 ans, ASA IV, non opérés. Les complications médicales, neurologiques, infectieuses et mécaniques sont détaillées dans le [Tableau 2](#). Les complications médicales augmentaient avec l'âge : 2 complications chez 29 patients (6,9 %) ≤ 70 ans versus 9/34 patients (26,5 %) > 70 ans ( $p < 0,0001$ ). Elles étaient plus fréquentes en postopératoire : chez 5/17 patients (29,4 %) après chirurgie initiale, 4/6 patients (66,7 %) après chirurgie secondaire versus 2/40 patients (5,0 %) traités orthopédiquement ( $p < 0,0001$ ). Il n'existait pas de lien avec le type de fracture. Une tétraparésie initiale Frankel C était présente chez 2/63 patients (3,2 %) opérés, avec récupération à Frankel B et A respectivement. Aucune infection postopératoire n'a été répertoriée. Les complications mécaniques regroupaient les pseudarthroses et les descellements de matériel d'ostéosynthèse (1 vis de masse latérale traversant l'articulation C0–C1, une vis de C1 avec effraction de corticale médiane). Il y avait 3/17 patients (17,6 %) après chirurgie initiale, 4/6 patients (66,7 %) après chirurgie secondaire et 5/40 patients (12,5 %) après traitement orthopédique ( $p < 0,001$ ).

### 3.5. Taux de consolidation

La consolidation osseuse était analysée sur TDM chez les 61 patients vivants. La consolidation était complète chez 45 patients (73,7 %), partielle chez 6 patients (9,8 %) et il y avait une pseudarthrose chez 10 patients (16,4 %) à 1 an. La consolidation était complète ou partielle chez 32/38 patients (84,2 %) après traitement orthopédique, chez 17/17 patients (100 %) après chirurgie initiale

et chez 2/6 patients (33,3 %) après chirurgie secondaire ( $p=0,002$ ). Les pseudarthroses par type de fracture concernaient : 1/21 (4,8 %) types 1, 3/22 (13,6 %) types 2 et 6/18 (33,3 %) types 3 ( $p=0,001$ ). La consolidation n'était pas influencée par l'âge : 25/29 (86,2 %) patients consolidés  $\leq 70$  ans et 26/32 (81,3 %) patients  $> 70$  ans ( $p=0,99$ ).

#### 4. Discussion

Les fractures de C1 représentent 2 % des fractures du rachis avec une prédominance masculine [2,3,12–14]. Pour Panjabi et al. [15] les sujets jeunes sont souvent victimes d'accidents de la voie publique (haute cinétique) alors que les patients âgés subissent plutôt un traumatisme à basse cinétique sur un os ostéoporotique. Selon Koller et al. [16] la compression axiale entraîne les fractures de l'atlas. Dans notre série, les données épidémiologiques et les causes du traumatisme sont comparables à celles de la littérature [2,3,12–14]. Dans notre étude, 46,1 % des patients présentaient une rupture du ligament transverse diagnostiquée par scanner et parfois avec une IRM. Trois signes prédominent en IRM : l'hypersignal en écho de gradient, la perte de continuité du ligament et la présence de sang au site d'insertion [17].

La prise en charge orthopédique dépend du type de fracture : elle est indiquée dans les fractures peu déplacées avec un ligament transverse est intact. Selon Ryken et al. [10], Kontautas et al. [18] et Landells et al. [3], l'immobilisation par minerve cervicale rigide est recommandée pendant 8 à 12 semaines. Delcourt et al. [19] décrivent l'immobilisation par halo-veste, mais les taux de complications cutanées, de la déglutition et respiratoires sont importants dans la population gériatrique [20,21]. Aucun halo-veste n'était utilisé dans notre étude. L'utilisation de minerves de Philadelphie semblait adaptée aux fractures stables et peu déplacées.

Lorsqu'il existe une atteinte ligamentaire transverse ou une fracture à fort déplacement, l'indication chirurgicale est posée. Plusieurs options chirurgicales sont possibles : la fixation C1-C2 est indiquée dans la majorité des cas, alors que l'arthrodèse occipito-cervicale est réservée aux cas les plus complexes. Aucune étude n'a démontré la supériorité d'une technique par rapport à une autre en terme de stabilité mécanique ou de taux de consolidation [12,22–25]. Le principal inconvénient de ces techniques est de limiter le mouvement en rotation axiale du rachis cervical supérieur qui s'opère entre C1 et C2 [9]. Les différentes techniques de fixation entre C1 et C2 ont été étudiées par Stulik et al. [22]. La technique de Harms et Melcher [11] a pour avantage de diminuer le risque de lésion de l'artère vertébrale, puisque la vis de C2 peut être utilisée comme vis isthmique courte [24,26,27]. Cette technique d'ostéosynthèse semble représenter le gold standard actuel [22,23] et elle représentait l'intervention chirurgicale de choix dans notre série. Parker et al. [25] recommandent l'utilisation d'une fusion inter-épineuse, mais ceci ne peut pas être réalisée quand l'arc postérieur est fracturé. L'ostéosynthèse occipito-cervicale peut être indiquée lorsqu'il existe une subluxation articulaire C0–C1.

Les complications médicales survenaient plus souvent chez les patients âgés traités chirurgicalement dans notre cohorte, ce qui concorde avec les observations de Ryken et al. [10]. Le taux de mortalité précoce est de 2,7 % pour Derman et al. [12], comparable à celui de notre série avec 3,2 %. Selon Mitchell et al. [13] ce taux est de 0,7 % avant 65 ans, alors qu'il est de 11,8 % après 65 ans. Daentzer et Flörkemeier [21] montrent que la mortalité et les complications générales augmentent avec l'âge des patients. Horn et al. [20] rapportent un taux de mortalité  $> 20$  % dans son étude sur traitement par halo-veste chez les personnes âgées. La dysphagie (14,3 %) et les problèmes respiratoires (9,5 %) figurent parmi les complications générales les plus fréquentes après traitement orthopédique [20]. En peropératoire, Stulik et al. [22] retrouvent un taux de lésion de

l'artère vertébrale variant entre 3,7 % et 8,2 %. Selon Lall et al. [24], ce risque est compris entre 1,3 % et 4,1 %. Aucune lésion de l'artère vertébrale n'était rapportée dans notre série avec la technique de Harms et Melcher [11]. Les taux de complications spécifiques à l'ostéosynthèse postérieure sont faibles [12,24]. Selon Parker et al. [25], le taux de malposition ou d'effraction corticale de vis pédiculaires de C2 est de l'ordre de 7 %. Les complications mécaniques liées à une vis mal positionnée restent faibles et varient entre 5,4 % et 6,1 % [22,25].

Le taux de consolidation osseuse des fractures rapporté par Ryken et al. [10] et Stulik et al. [22] varie entre 90 % et 100 % en fonction du type de fracture et du traitement. Landells et van Peteghem [3] décrivent la problématique de pseudarthrose dans les fractures déplacées traitées par minerve. Horn et al. [20] rapportent un taux de pseudarthrose de 23,8 % chez les patients traités par halo-veste. Les résultats retrouvés dans la littérature sont difficilement comparables car les méthodes d'évaluation radiologique diffèrent. Dans notre série, le traitement orthopédique était adapté aux fractures stables avec un taux de consolidation de 84,2 %. L'arthrodèse C1–C2 permettait une consolidation dans 100 % des cas lorsque l'indication était posée d'emblée. Les types 3 étaient problématiques lorsqu'il existait un écart important dans la fracture de masse latérale. Elles étaient sous-estimées et prédisposaient à la pseudarthrose, même si l'arthrodèse était réalisée au stade du retard de consolidation. Hein et al. [28] soulignent le problème de certaines fractures de type 2 (Jefferson) et de type 3 qui sont traitées de manière orthopédiques. Lorsqu'il existe un défaut de congruence entre les facettes articulaires C0–C1 et C1–C2, le risque de pseudarthrose est élevé et ces lésions peuvent rester potentiellement instables. Dans leur cohorte, 5 patients sur 8 étaient opérés secondairement. Notre étude confirme ces observations : une stratégie opératoire d'emblée est à privilégier lorsqu'il existe un grand déplacement des masses latérales, même si le ligament transverse est conservé.

Cette étude multicentrique de la SFCR représente une série importante de fractures de C1. Elle confirme les données de la littérature, mais n'apporte pas d'élément nouveau dans la prise en charge de ces traumatismes.

#### 5. Conclusion

Les complications médicales augmentaient avec l'âge et après chirurgie. La consolidation dépendait du type de fracture et du traitement. Le traitement orthopédique était adapté aux types 1, 2 et 3 à faible déplacement avec ligament transverse intact. L'arthrodèse C1–C2 était adaptée aux fractures de type 2 déplacés et instables. Les fractures de type 3 déplacées prédisposaient à la pseudarthrose. Une chirurgie précoce pourrait être préconisée en cas de déplacement de la masse latéral.

#### Déclaration de liens d'intérêts

Les auteurs déclarent ne pas avoir de liens d'intérêts.

#### Sources de financement

Les auteurs remercient la SFCR pour le financement de la licence KEOPS et du soutien méthodologique par le Pôle IMER, Hospices Civils de Lyon.

#### Contribution

Maxime Llleu : rédaction article, collection des données au CHU de Dijon.

Yann Philippe Charles : directeur de table ronde à la SFCR, investigateur principal, planification de l'étude, analyse des résultats, rédaction de l'article, collection de données au CHU de Strasbourg.

Benjamin Blondel : collection de données au CHU de Marseille.

Laurent Barresi : collection de données au CHU de Nice.

Benjamin Nicot : collection de données au CHU de Grenoble.

Vincent Challier : collection de données au CHU de Bordeaux.

Joël Godard : collection de données au CHU de Besançon.

Pascal Kouyoumdjian : collection de données au CHU de Nîmes.

Nicolas Lonjon : collection de données au CHU de Montpellier.

Paulo Marinho : collection de données au CHU de Lille.

Eurico Freitas : collection de données au CHU de Lyon.

Sébastien Schuller : collection de données au CHU de Strasbourg.

Stéphane Fuentes : collection de données au CHU de Marseille.

Jérémy Allia : collection de données au CHU de Nice.

Julien Berthiller : méthodologiste, statistique, analyse des résultats.

Cédric Barrey : directeur de table ronde à la SFCR, investigateur principal, planification de l'étude, analyse des résultats, collection de données au CHU de Lyon.

## Références

- [1] Jefferson G. Remarks on fractures of the first cervical Vertebra. *Br Med J* 1927;2:153–7.
- [2] Matthiessen C, Robinson Y. Epidemiology of atlas fractures a national registry-based cohort study of 1537 cases. *Spine J* 2015;15:2332–7.
- [3] Landells CD, Van Peteghem PK. Fractures of the atlas: classification, treatment and morbidity. *Spine* 1988;13:450–2.
- [4] Alker CJ, Oh YS, Leslie EV, Lehotay J, Panaro VA, Eschner EG. Postmortem radiology of head neck injuries in fatal traffic accidents. *Radiology* 1975;114:611–7.
- [5] Spence Jr KF, Decker S, Sell KW. Bursting atlantal fracture associated with rupture of the transverse ligament. *J Bone Joint Surg Am* 1970;52:543–9.
- [6] Dickman CA, Greene KA, Sonntag VK. Injuries involving the transverse atlantal ligament: classification and treatment guidelines based upon experience with 39 injuries. *Neurosurgery* 1996;38:44–50.
- [7] Dickman CA, Sonntag VK. Injuries involving the transverse atlantal ligament: classification and treatment guidelines based upon experience with 39 injuries. *Neurosurgery* 1997;40:886–7.
- [8] Dickman CA, Crawford NR, Tominaga T, Brantley AG, Coons, Sonntag VK. Morphology and kinematics of the baboon upper cervical spine. A model of the atlantoaxial complex. *Spine* 1994;19:2518–23.
- [9] Hadley MN, Walters BC, Grabb PA, Oyesiku NM, Przybylski GJ, Resnick DK, et al. Guidelines for the management of acute cervical spine and spinal cord injuries. *Clin Neurosurgery* 2002;49:407–98.
- [10] Ryken TC, Aarabi B, Dhall SS, Gelb DE, Hurlbert RJ, Rozzelle CJ, et al. Management of isolated fractures of the atlas in adults. *Neurosurgery* 2013;72:S127–31.
- [11] Harms J, Melcher RP. Posterior C1–C2 fusion with polyaxial screw and rod fixation. *Spine* 2001;26(22):2467–71.
- [12] Derman PB, Lampe LP, Lyman S, Kueper J, Pan TJ, Girardi FP, et al. Atlantoaxial fusion: sixteen years of epidemiology, indications, and complications in New York state. *Spine* 2016;41:1586–92.
- [13] Mitchell RJ, Stanford R, McVeigh C, Bell D, Close JC. Incidence, circumstances, treatment and outcome of high-level cervical spinal fracture without associated spinal cord injury in New South Wales, Australia over a 12 year period. *Injury* 2014;45:217–22.
- [14] Fowler JL, Sandhu A, Fraser RD. A review of fractures of the atlas vertebra. *J Spinal Disord* 1990;3:19–24.
- [15] Panjabi MM, Oda T, Crisco JJ, Oxland TR, Katz L, Nolte LP. Experimental study of atlas injuries I. Biomechanical analysis of their mechanisms and fracture patterns. *Spine* 1991;16:S460–5.
- [16] Koller H, Resch H, Tauber M, Zenner J, Augat P, Penzkofer R, et al. A biomechanical rationale for C1–ring osteosynthesis as treatment for displaced Jefferson burst fractures with incompetency of the transverse atlantal ligament. *Eur Spine J* 2010;19:1288–98.
- [17] Dickman CA, Mamourian A, Sonntag VK, Drayer BP. Magnetic resonance imaging of the transverse atlantal ligament for the evaluation of atlantoaxial instability. *J Neurosurg* 1991;75:221–7.
- [18] Kontautas E, Ambrozaitis KV, Kalesinskas RJ, Spakauskas B. Management of acute traumatic atlas fractures. *J Spinal Disord Tech* 2005;18:402–5.
- [19] Delcourt T, Bégué T, Saintyves G, Mebtouche N, Cottin P. Management of upper cervical spine fractures in elderly patients: current trends and outcomes. *Injury* 2015;46:S24–7.
- [20] Horn EM, Theodore N, Feiz-Erfan I, Lekovic GP, Dickman CA, Sonntag VK. Complications of halo fixation in the elderly. *J Neurosurg Spine* 2006;5:46–9.
- [21] Daentzer D, Flörkemeier T. Conservative treatment of upper cervical spine injuries with the halo vest: an appropriate option for all patients independent of their age? *J Neurosurg Spine* 2009;10:543–50.
- [22] Stulík J, Vyskocil T, Sebesta P, Kryl J. Harms technique of C1–C2 fixation with polyaxial screws and rods. *Acta Chir Orthop Traumatol Cech* 2005;72:22–7.
- [23] Suchomel P, Stulík J, Klézl Z, Chrobok J, Lukás R, Krbec M, et al. Transarticular fixation of C1–C2: a multicenter retrospective study. *Acta Chir Orthop Traumatol Cech* 2004;71:6–12.
- [24] Lall R, Patel NJ, Resnick DK. A review of complications associated with cranio-cervical fusion surgery. *Neurosurgery* 2010;67:1396–402.
- [25] Parker SL, McGirt MJ, Garcés-Ambrossi GL, Mehta VA, Sciubba DM, Witham TF, et al. Translaminar versus pedicle screw fixation of C2: comparison of surgical morbidity and accuracy of 313 consecutive screws. *Neurosurgery* 2009;64:343–8.
- [26] Bourdillon P, Perrin G, Lucas F, Debarge R, Barrey C. C1–C2 stabilization by Harms arthrodesis: indications, technique, complications and outcomes in a prospective 26-case series. *Orthop Traumatol Surg Res* 2014;100:221–7.
- [27] Lucas F, Mitton D, Frechede B, Barrey C. Short isthmic versus long trans-isthmic C2 screw: anatomical and biomechanical evaluation. *Eur J Orthop Surg Traumatol Orthop Traumatol* 2016;26:785–91.
- [28] Hein C, Richter HP, Rath SA. Atlantoaxial screw fixation for the treatment of isolated and combined unstable Jefferson fractures: experiences with 8 patients. *Acta Neurochir* 2002;144:1187–92.