



**HAL**  
open science

## **Navigation 3D peropératoire en chirurgie percutanée rachidienne à l'aide du système SURGIVISIO**

Mehdi Boudissa, Marc Prod'homme, Gaël Kerschbaumer, Sébastien Ruatti, Jérôme Tonetti

### ► **To cite this version:**

Mehdi Boudissa, Marc Prod'homme, Gaël Kerschbaumer, Sébastien Ruatti, Jérôme Tonetti. Navigation 3D peropératoire en chirurgie percutanée rachidienne à l'aide du système SURGIVISIO. *Revue de Chirurgie Orthopédique et Traumatologique*, 2020, 106, pp.711 - 715. <10.1016/j.rcot.2020.07.011>. <hal-03491290>

**HAL Id: hal-03491290**

**<https://hal.science/hal-03491290v1>**

Submitted on 17 Oct 2022

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.



Distributed under a Creative Commons CC BY-NC 4.0 - Attribution - Non-commercial use - International License

**Navigation 3D per-opératoire en chirurgie percutanée rachidienne à l'aide du système**

**SURGIVISIO**

**3D-imaging in percutaneous spine surgery using the SURGIVISIO system**

Mehdi **Boudissa**<sup>a,b,\*</sup>, Marc **Prod'homme**<sup>a</sup>, Gaël **Kerschbaumer**<sup>a</sup>, Sébastien **Ruatti**<sup>a</sup>, Jérôme **Tonetti**<sup>a,b</sup>

*a. Service de chirurgie orthopédique et traumatologique, CHU Grenoble, Hôpital Nord, Boulevard de la Chantourne, 38700 La Tronche, Université Grenoble Alpes, Grenoble, France.*

*b. Laboratoire TIMC-IMAG, Université Grenoble Alpes, CNRS UMR 5525, Pavillon Taillefer 38700 La Tronche, France.*

\* Auteur correspondant : Boudissa Mehdi, Service de chirurgie orthopédique et traumatologique, CHU Grenoble, Hôpital Nord, Boulevard de la Chantourne, 38700 La Tronche, Université Grenoble Alpes, Grenoble, France.

e-mail: Mehdi Boudissa

mboudissa@chu-grenoble.fr

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.

## **Résumé:**

Le système de navigation Surgivisio est un dispositif de navigation par imagerie tri-dimensionnelle nouvelle génération que nous utilisons depuis janvier 2018 dans notre institution pour les insertions pédiculaires lors de la chirurgie rachidienne mini invasive. L'objectif de cette note de technique est de décrire le fonctionnement du système de navigation Surgivisio, les avantages et les limites de son utilisation en chirurgie rachidienne percutanée. Les résultats de la première année d'utilisation, soit une série de 29 patients, ont été analysés pour évaluer la précision du système en terme de visée pédiculaire, mais aussi la durée opératoire totale et le taux d'irradiation. Conformément aux classifications de Heary et Gertzbein 95.5% des visées pédiculaires étaient satisfaisantes (107/112). La durée opératoire moyenne était de 29.3 min par vertèbre et l'irradiation moyenne par vertèbre naviguée était de 0.61 mSv.

Le système Surgivisio est un nouvel outil de navigation efficace pour la visée pédiculaire en chirurgie rachidienne mini-invasive avec une irradiation et une durée opératoire moyenne acceptable pour chaque vertèbre naviguée.

Niveau de preuve : II, étude de cohorte prospective

Mots-clés : Chirurgie rachidienne; Imagerie 3D; Chirurgie assistée par ordinateur; Navigation;

Radioprotection

### **1. Introduction**

Avec l'émergence de la chirurgie percutanée rachidienne, de nouvelles générations de système d'imagerie tri-dimensionnelle (3D) sont utilisées pour améliorer la précision des visées pédiculaires, permettant de réduire le taux de malposition entre 1 et 15% des visées

[1-4]. Cette amélioration s'est faite au prix d'une irradiation supplémentaire dépendante de chaque système de navigation avec un taux moyen d'irradiation de 0.4 à 5.8 mSv dans la littérature [1-5].

Le système Surgivisio est un nouveau système d'imagerie deux et trois dimensions (2D/3D) avec navigation en temps réel de la visée pédiculaire. Simple d'utilisation, il ne requiert pas de bloquer la respiration du patient durant l'acquisition des images. Nous l'utilisons régulièrement depuis janvier 2018.

L'objectif de cette note de technique est de décrire le fonctionnement du système de navigation Surgivisio, les avantages et les limites de son utilisation en chirurgie rachidienne percutanée. Les résultats de la première année d'utilisation ont été analysés pour évaluer la précision du système en termes de visée pédiculaire, mais aussi la durée opératoire totale et le taux d'irradiation.

## **2. Description de la technique**

Tous les patients étaient opérés sous anesthésie générale en decubitus ventral sur une table carbone radio-transparente (Allen, Massachusetts, USA). Le système Surgivisio (Surgivisio Company, Gières, France) permet de réaliser de l'imagerie per-opératoire 2D et 3D ainsi qu'une navigation en temps réel grâce à une plateforme unique. La navigation se déroule en 3 étapes :

- Positionnement de la "référence patient" et centrage du "bras en C" (C-arm)

La référence est fixée sur les processus épineux à l'aide de broches (3 broches le plus souvent) connectées entre elles par un système de fixation rigide. Un fantôme de calibrage à usage unique en forme de papillon est positionné sur cette référence (figure 1).

- Acquisition d'images et reconstructions 3D

Une trajectoire optimisée du C-arm est programmée automatiquement pour maximiser le volume reconstruit tout en évitant les collisions avec la table opératoire et en réduisant la dose d'irradiation grâce à l'acquisition de 90 ou 180 projections selon le choix de l'opérateur. L'équipe chirurgicale se protège des rayons X derrière un écran plombé durant cette étape. Le fantôme de calibrage est détecté automatiquement sur chaque projection et l'image 3D reconstruite en compensant les mouvements éventuels du patient dont sa respiration (Figure 2).

- Navigation

Le fantôme de calibrage est remplacé par un traqueur optique et une mise en correspondance entre le traqueur et l'imagerie 3D est générée automatiquement. La navigation est réalisée à l'aide d'un trocard spécifique à usage unique équipé de traqueurs (figure 3). Le chirurgien peut alors naviguer en temps réel la position du trocard dans les images reconstruites, et réaliser une visée pédiculaire naviguée. La mesure de la longueur des vis se fait sur la graduation du trajet du trocard navigué au sein de l'image reconstruite (figure 4).

La fixation pédiculaire était réalisée à l'aide du système ES2 (Stryker, Pusignan, France) ou du système Longitude2 (Medtronic, Boulogne-Billancourt, France) avec des vis cimentables quand cela était jugé nécessaire.

Entre janvier et décembre 2018, tous les patients opérés en chirurgie percutanée naviguée par le système Surgivisio étaient analysés. Les données démographiques, épidémiologiques et fracturaires selon la classification de Magerl, l'indication chirurgicale et la stratégie chirurgicale étaient recueillies [6]. La chirurgie était réalisée par trois chirurgiens expérimentés en chirurgie rachidienne. Les durées opératoires globales et par vertèbre

naviguée étaient recueillies. Le taux d'irradiation en milliSievert (mSv) était calculé pour la procédure globale et pour chaque vertèbre naviguée, à l'aide du logiciel PCXMC 2.0 (Stuk, Helsinki, Finlande) ainsi que le produit dose surface (PDS) en Gy.cm<sup>2</sup>. La dose efficace pour le patient était évaluée par simulation de Monte Carlo [7]. Le repositionnement de vis pédiculaires en per-opératoire ainsi que les complications per et post-opératoires étaient recueillis. Un scanner en coupes fines millimétriques à haute résolution était réalisé en post-opératoire et le positionnement des vis pédiculaires était évalué conformément aux classifications de Heary et Gertzbein par 2 observateurs indépendants [8,9]. Le positionnement était jugé acceptable pour un grade de Heary  $\leq 3$  ou Gertzbein  $\leq B$  [10]. En cas de discordance entre les 2 observateurs, le grade le moins bon était conservé.

L'analyse statistique était réalisée à l'aide du logiciel StatView 5.5 (SAS Institute, Cary, NC, USA). Les variables qualitatives étaient comparées par un test de Chi-2 et les variables quantitatives étaient comparées par un test de Student. Une valeur de p inférieure à 0.05 était considérée comme statistiquement significative.

### **3. Résultats**

Un total de 29 patients, pour un total de 87 vertèbres naviguées et 173 vis pédiculaires, étaient opérés entre janvier et décembre 2018 pour une chirurgie percutanée à l'aide du système Surgivisio. Les données démographiques et cliniques, les indications chirurgicales, la distribution des fractures et leur classification sont présentées dans le tableau 1 et la figure 5. La durée opératoire moyenne était de 95 min +/- 37.1 (39-180) pour la procédure globale et de 29.3 min +/- 18.7 (12-90) par vertèbre naviguée. Le nombre moyen de vertèbres instrumentées par procédure était de 3 +/- 1 (2-5). Parmi les 29 patients, 20 ont bénéficié

d'un scanner post-opératoire millimétrique haute résolution permettant d'évaluer 112 vis pédiculaires. Conformément aux classifications de Heary et Gertzbein, 95.5% des visées pédiculaires étaient satisfaisantes (107/112) [8,9]. Parmi les 25 effractions corticales, seules 5 vis présentaient une brèche médiale de moins de 2 mm soit 4% des vis (5/112). Les résultats sont rapportés dans le tableau 2.

Le produit dose surface moyen était de  $8.07 \text{ Gy.cm}^2 \pm 5.73$  (1.85-22.27). La dose efficace moyenne (E PCXMC ICRP 103) était de  $1.97 \text{ mSv} \pm 1.52$  (0.54-6.27). L'irradiation moyenne pour le chirurgien était de  $0.88 \text{ mSv} \pm 0.78$  (0.11-3.82) et l'irradiation moyenne par vertèbre était de  $0.61 \text{ mSv} \pm 0.55$  (0.16-2.43). Aucun repositionnement de vis n'était nécessaire en per-opératoire. Aucune complication et aucune ré-intervention n'étaient enregistrées durant le suivi.

#### **4. Discussion**

Ce nouveau système de navigation tout-en-un intégrant imagerie 2D et 3D avec navigation en temps réel est simple à utiliser et permet de sécuriser les visées pédiculaires en chirurgie rachidienne percutanée. La navigation peut servir en chirurgie ouverte ou en chirurgie de l'anneau pelvien, par exemple pour la réalisation de vissages ilio-sacrés. Avec 95.5% de vis pédiculaires acceptables, nos résultats semblent comparables à ceux des séries de la littérature évaluant les systèmes de navigations concurrents. Dans une étude comparative récente entre système O-ARM et AIRO, Farah et collaborateurs retrouvaient respectivement 90.8% (O-ARM) et 92.2% (AIRO) de vis pédiculaires acceptables [10]. Selon les séries ce taux varie entre 89% et 100% [11]. Nous pouvons supposer un effet "courbe d'apprentissage"

pour les brèches médiales car survenues sur les premiers patients, au début de notre expérience [12,13].

Avec une irradiation moyenne par vertèbre naviguée de 0.61 mSv, l'irradiation semble comparable, voir inférieure, aux systèmes de navigations concurrents évalués dans la littérature. Dans une étude comparative récente entre système O-ARM et AIRO, Farah et collaborateurs retrouvaient respectivement une irradiation moyenne de 1.04 mSv (O-ARM) et 3.9 mSv (AIRO) par vertèbre naviguée [10]. Selon Noriega et collaborateurs, l'irradiation supplémentaire des patients liée aux systèmes de navigation peut se justifier par la réduction significative des malpositions de vis pédiculaires avec navigation (3.6%) par rapport à la technique conventionnelle (10.3%) [2]. Parce que l'équipe soignante quitte la pièce opératoire, ou se protège derrière un mur plombé, au moment de l'acquisition des images, l'irradiation pour le personnel est réduite aux seuls contrôles fluoroscopiques per-opératoires. Les reconstructions 3D peuvent être obtenues à partir de 90 ou 180 projections avec le système Surgivisio. Au début de notre expérience, 180 projections étaient systématiquement réalisées. Aujourd'hui, nous réalisons dans la majorité des cas 90 projections sans constater qualitativement de différence en termes de reconstructions 3D. Les effectifs présents dans cette étude ne permettent pas une analyse en sous-groupe de ce choix de projection. Une cohorte plus large est nécessaire pour étoffer ces résultats.

Avec une durée opératoire moyenne de 29.3 minutes par vertèbre, nous retrouvons un allongement de la procédure chirurgicale en comparaison aux travaux de Ruatti et collaborateurs qui retrouvaient une durée opératoire moyenne de 21 minutes par vertèbre en utilisant la technique chirurgicale conventionnelle. Cet allongement de la durée opératoire est à contrebalancer avec l'augmentation de la précision des visées pédiculaires avec le système Surgivisio. En effet, Ruatti et collaborateurs retrouvaient 24% de malposition

en chirurgie percutanée [3]. Une étude est en cours pour comparer l'irradiation peropératoire avec et sans l'utilisation du système de navigation Surgivisio. Passée la première année d'utilisation et la courbe d'apprentissage, le système Surgivisio est désormais régulièrement utilisé en chirurgie dégénérative avec des résultats prometteurs, y compris dans la mise en place d'implants intersomatiques. L'utilisation de cette navigation en chirurgie dégénérative et en chirurgie de la déformation est en cours d'évaluation. Le système Surgivisio est un nouvel outil de navigation efficace pour la visée pédiculaire en chirurgie rachidienne mini-invasive avec une irradiation et une durée opératoire moyenne acceptable pour chaque vertèbre naviguée.

#### Conflits d'intérêt :

Mehdi Boudissa, Gael Kerschbaumer et Jérôme Tonetti sont consultants pour Surgivisio

Sources de financements : aucune

#### Contribution des auteurs :

Mehdi Boudissa, Gael Kerschbaumer et Jérôme Tonetti : rédaction

Sébastien Ruatti et Marc Prod'homme : recueil de données et analyses statistiques

#### Références

[1] Meng XT, Guan XF, Zhang HL, He SS. Computer navigation versus fluoroscopy-guided navigation for thoracic pedicle screw placement: a meta-analysis. *Neurosurg Rev.* 2016;39:385-91.

[2] Noriega DC, Hernández-Ramajo R, Rodríguez-Monsalve Milano F, Sanchez-Lite I, Toribio B, Ardura F, Torres R, Corredera R, Kruger A. Risk-benefit analysis of navigation techniques for vertebral transpedicular instrumentation: a prospective study. *Spine J* 2017;17:70-75.

- [3] Ruatti S, Dubois C, Chipon E, Kerschbaumer G, Milaire M, Moreau-Gaudry A, Tonetti J, Merloz P. Interest of intra-operative 3D imaging in spine surgery: a prospective randomized study. *Eur Spine J* 2016;25:1738-44.
- [4] Tajsic T, Patel K, Farmer R, Mannion RJ, Trivedi RA. Spinal navigation for minimally invasive thoracic and lumbosacral spine fixation: implications for radiation exposure, operative time, and accuracy of pedicle screw placement. *Eur Spine J*. 2018;27:1918-1924
- [5] Cordemans V, Kaminski L, Banse X, Francq BG, Detrembleur C, Cartiaux O. Pedicle screw insertion accuracy in terms of breach and reposition using a new intraoperative cone beam computed tomography imaging technique and evaluation of the factors associated with these parameters of accuracy: a series of 695 screws. *Eur Spine J*. 2017;26:2917-2926.
- [6] Magerl F, Aebi M, Gertzbein SD, Harms J, Nazarian S. A comprehensive classification of thoracic and lumbar injuries. *Eur Spine J* 1994;3:184-201.
- [7] Dedulle A, Fitousi N, Zhang G, Jacobs J, Bosmans H. Two-step validation of a Monte Carlo dosimetry framework for general radiology. *Phys Med*. 2018;53:72-79
- [8] Heary RF, Bono CM, Black M. Thoracic pedicle screws: postoperative computerized tomography scanning assessment. *J Neurosurg*. 2004;100(4 Suppl Spine):325-31.
- [9] Gertzbein SD, Robbins SE. Accuracy of pedicular screw placement in vivo. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1990;15:11-4.
- [10] Farah K, Coudert P, Graillon T, Blondel B, Dufour H, Gille O, Fuentes S. Prospective Comparative Study in Spine Surgery Between O-Arm and Airo Systems: Efficacy and Radiation Exposure. *World Neurosurg*. 2018;118:e175-e184.
- [11] Gelalis ID, Paschos NK, Pakos EE, Politis AN, Arnaoutoglou CM, Karageorgos AC, Ploumis A, Xenakis TA. Accuracy of pedicle screw placement: a systematic review of prospective in

vivo studies comparing free hand, fluoroscopy guidance and navigation techniques. Eur Spine J 2012;21:247-55.

[12] Rivkin MA, Yocom SS. Thoracolumbar instrumentation with CT-guided navigation (O-arm) in 270 consecutive patients: accuracy rates and lessons learned. Neurosurg Focus. 2014;36(3):E7.

[13] Rahmathulla G, Nottmeier EW, Pirris SM, Deen HG, Pichelmann MA. Intraoperative image-guided spinal navigation: technical pitfalls and their avoidance. Neurosurg Focus. 2014;36(3):E3.

## **Légendes :**

Figure 1 : Le fantôme de calibrage à usage unique en “papillon” positionné sur la référence patient.

Figure 2 : Reconstruction tri-dimensionnelle, axiale, coronale et sagittale par le système Surgivisio (acquisition 90 images).

Figure 3 : Matériel à usage unique de navigation. De gauche à droite : trocard de navigation, traqueur optique, fantôme de calibration, référence patient et son système d’ancrage par broches sur les processus épineux du patient.

Figure 4 : Navigation du trocard et mise en correspondance du trajet du trocard sur les images reconstruites. L’espace entre 2 points bleus représente une distance de 10 mm ce qui permet de mesurer la longueur de la vis souhaitée.

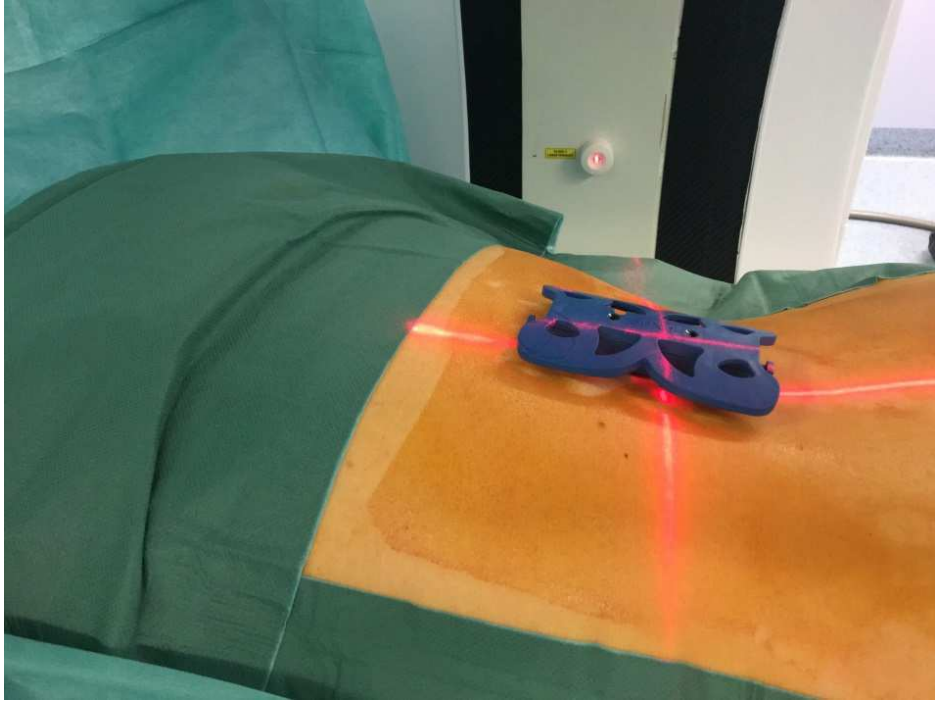
Figure 5 : Répartition des vertèbres naviguées et classification des fractures selon Magerl [6].

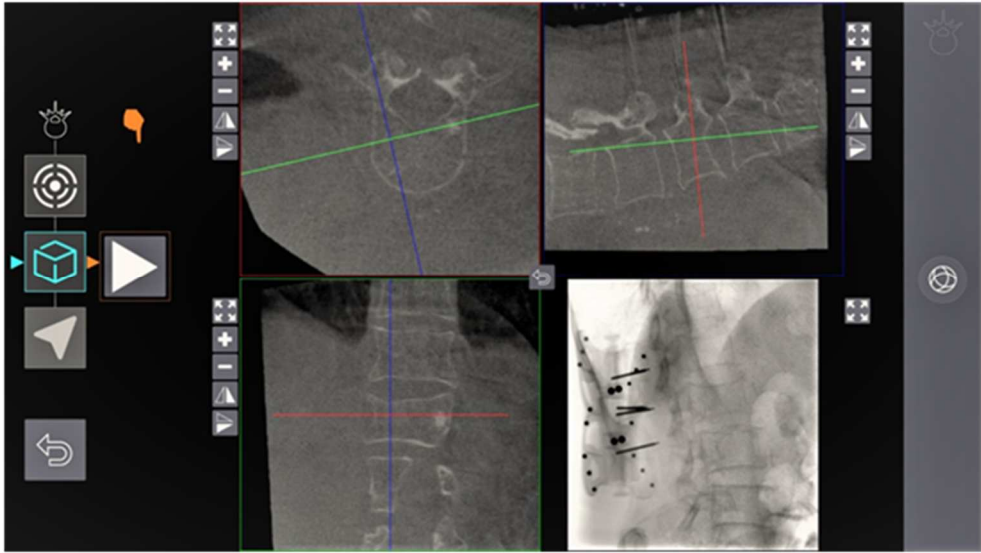
Tableau 1 : Données démographiques de la série.

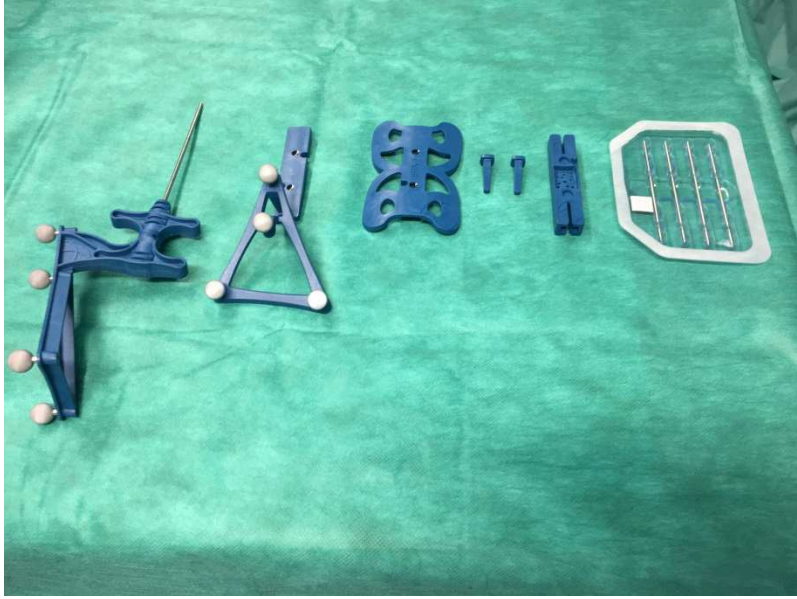
| Moyenne   | Série globale (n=29) |
|---|----------------------|
| Sexe ratio                                      |                      |
| <i>homme</i>                                    | 17                   |
| <i>femme</i>                                    | 12                   |
| Age, années (min-max)                           | 69.6 (42-92)         |
| Indice de Masse Corporelle (kg/m <sup>2</sup> ) | 24.7 (18-34.4)       |
| Indications chirurgicales                       | 1                    |
| <i>traumatologie</i>                            | 17                   |
| <i>tumorale</i>                                 | 6                    |
| <i>dégénérative</i>                             | 6                    |
| Durée opératoire, minutes (min-max)             |                      |
| <i>procédure globale</i>                        | 95 (39-180)          |
| <i>par vertèbre</i>                             | 29.3 (12-90)         |
| Durée moyenne de séjour, jours (min-max)        |                      |
| <i>hospitalisation globale</i>                  | 10.8 (3-20)          |
| <i>après chirurgie</i>                          | 7 (1-15)             |

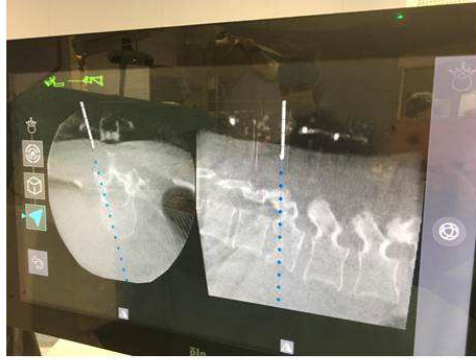
Tableau 2 : Positionnement des vis pédiculaires conformément aux classifications de Heary et Gertzbein [8,9].

| CLASSIFICATION DE HEARY     | POSITIONNEMENT DES VIS PEDICULAIRES n =112 (%) |
|-----------------------------|--|
| GRADE 1                     | 87 (78%)                                       |
| GRADE 2                     | 13 (12%)                                       |
| GRADE 3                     | 7 (6%)   |
| GRADE 4                     | 5 (4%)   |
| GRADE 5                     | 0 (0%)   |
| CLASSIFICATION DE GERTZBEIN |  |
| GRADE A                     | 87 (78%)                                       |
| GRADE B                     | 20 (18%)                                       |
| GRADE C                     | 5 (4%)   |
| GRADE D                     | 0 (0%)   |
| GRADE E                     | 0 (0%)   |

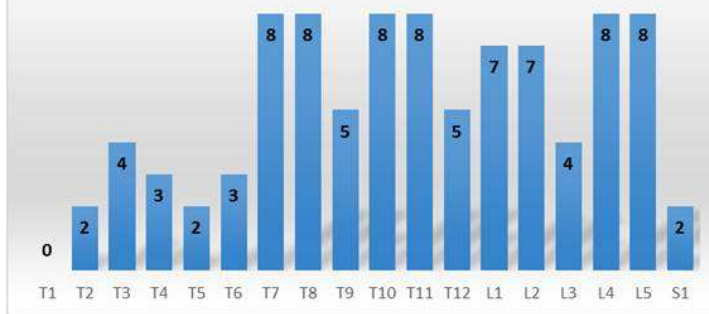








### Répartition des vertèbres naviguées



### Classification des fractures selon Magerl

