

# Développement et validation d'un simulateur numérique d'arthrodèse intersomatique lombaire transforaminale (TLIF)

Chatelain L.S.<sup>1</sup>, Ferrero E.<sup>1</sup>, Benhamou D.<sup>2</sup>, Guigui P.<sup>1</sup>, Blanié A.<sup>2</sup>

(1) Service d'Orthopédie, Hôpital Européen Georges Pompidou (HEGP), Paris, France

(2) Service d'Anesthésie Réanimation, Hôpital Bicêtre & Centre de simulation LabForSIMS, Faculté de Médecine Paris-Saclay, France

## 1. INTRODUCTION

L'arthrodèse intersomatique lombaire transforaminale (TLIF) est une des interventions les plus courantes en chirurgie du rachis. Elle consiste à fusionner un niveau vertébral par voie postérieure, en remplaçant le disque intervertébral par une cage. Les risques sont neurologiques (racines nerveuses, dure-mère), vasculaires (vaisseaux antérieurs) et mécaniques (effraction des plateaux vertébraux). Certains simulateurs formant à cette technique existent, mais ils restent peu accessibles pour des raisons financières et matérielles.

Cette étude visait à développer un simulateur procédural gratuit et interactif en ligne, accessible sur ordinateur, et à en valider l'efficacité pédagogique face à une technique opératoire au format PDF.

## 2. MÉTHODES

Le simulateur a été développé à partir d'un scanner lombaire. Le modèle 3D a été conçu sous *Blender*®, avec ajout des tissus mous (muscles, ligament jaune et interépineux, dure-mère, racines nerveuses, disques intervertébraux). L'ensemble a été intégré dans un patient virtuel en décubitus ventral, au sein d'un bloc opératoire simulé (Figure 1). Les instruments nécessaires à la procédure, un amplificateur de brillance et un microscope étaient représentés. En suivant les instructions à l'écran, l'utilisateur devait sélectionner les instruments dans l'ordre requis, un écran rouge s'affichant en cas d'erreur. Une vue agrandie des vertèbres était disponible, et l'enveloppe corporelle pouvait être masquée pour explorer l'anatomie. Le simulateur était disponible en ligne, sur ordinateur.

Une étude multicentrique a été menée avec des internes d'orthopédie randomisés entre ce simulateur sur ordinateur et une technique opératoire traditionnelle au format PDF servant de référence (Figure 2). Après un questionnaire initial évaluant leurs connaissances anatomiques et récoltant leurs données démographiques, ils ont suivi leur formation randomisée pendant 45 minutes avant de réaliser une TLIF sur os sec (Figure 3).

Le critère principal était le respect des étapes chirurgicales, évalué à l'aide d'une checklist spécifique de 38 items. Le critère secondaire était le score OSATS, sur 35 points. La surspécialisation, le nombre de TLIF vues avant l'étude, ainsi que la satisfaction ont été analysés.

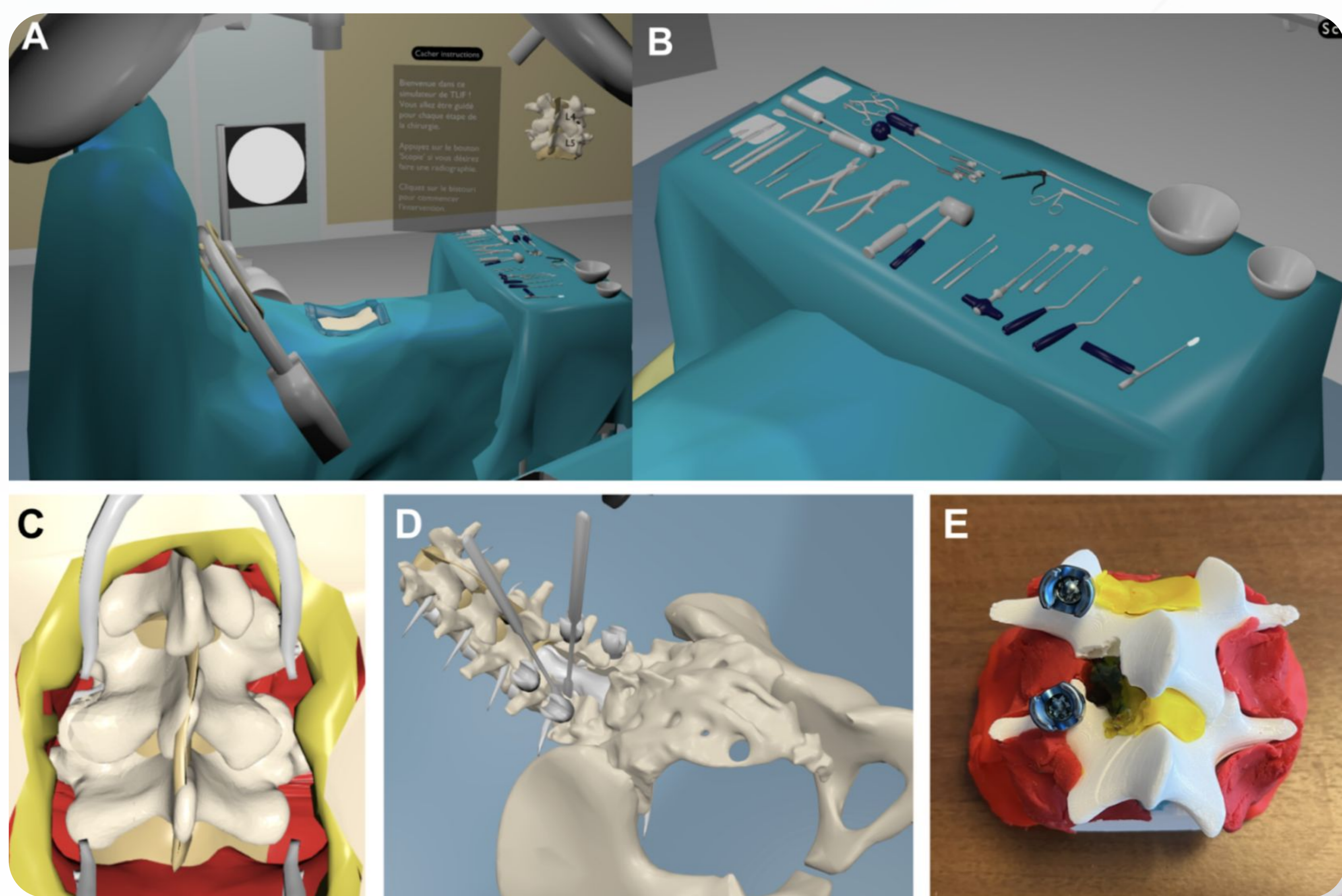


Figure 1 : (A) Vue peropératoire du simulateur sur ordinateur. (B) Vue des instruments nécessaires à la procédure de TLIF. En suivant les instructions, l'utilisateur devait sélectionner les instruments dans l'ordre correct, avec un écran rouge en cas d'erreur. (C) Possibilité de vue microscopique du site opératoire. (D) Option permettant de masquer l'enveloppe corporelle pour visualiser le rachis. (E) Modèle physique utilisé pour la phase de validation.

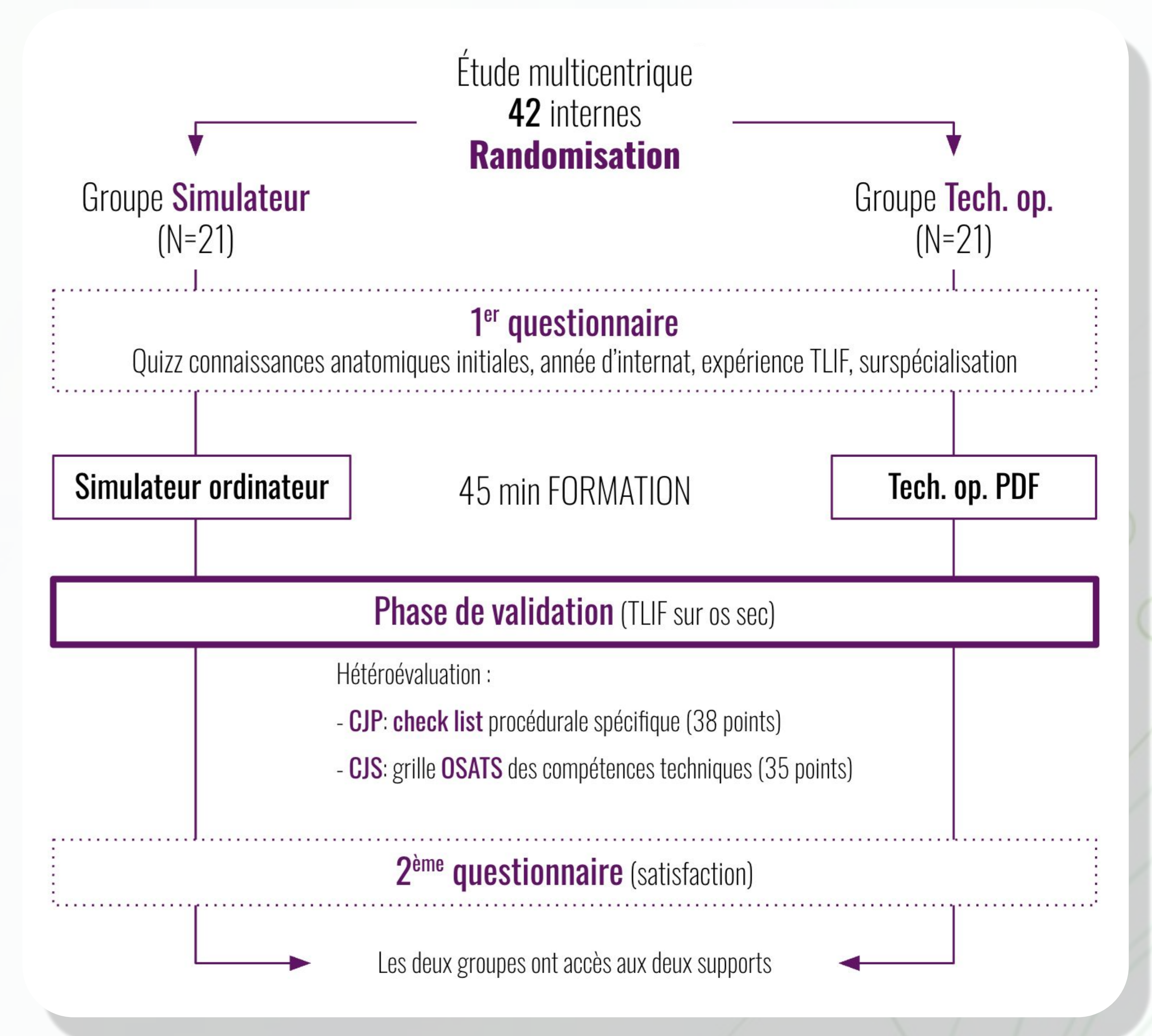


Figure 2 : Protocole de l'étude

## 3. RÉSULTATS

Au total, 42 internes ont été inclus. Les deux groupes présentaient des caractéristiques initiales comparables. Le groupe simulateur a obtenu de meilleurs scores à la checklist (32,7/38 vs. 28,8/38;  $p=0.01$ ). Le score OSATS n'était pas significativement différent (26,7/35 vs. 23,3/35 ;  $p=0.17$ ). Aucune corrélation significative n'a été retrouvée entre l'année d'internat et le score de checklist, le score OSATS, ou la durée de la procédure. Le simulateur bénéficiait surtout aux internes peu exposés à la TLIF ou non spécialisés en rachis, et montrait une satisfaction plus élevée.



Figure 3 : Phase de validation sur os sec

## 4. DISCUSSION

L'efficacité pédagogique du simulateur a été démontrée concernant la mémorisation des étapes opératoires. Il permet une formation autonome, flexible et accessible, adaptée au rythme des internes. Sa conception vise à enseigner les étapes opératoires, plus que les gestes techniques en conditions réelles.

Le simulateur ne reproduit pas les saignements ni les situations stressantes, ce qui limite son utilisation pour l'apprentissage des compétences non techniques (gestion du stress, prise de décision en conditions complexes).

Une étude en cours vise à comparer ce simulateur sur ordinateur à un simulateur comparable en réalité virtuelle, pour étudier l'apport de l'immersion sur la mémorisation des étapes opératoires.

## 5. CONCLUSION

L'efficacité pédagogique du simulateur a été démontrée concernant la mémorisation des étapes opératoires. Malgré sa simplicité graphique, il reste un outil d'apprentissage pertinent, particulièrement pour les jeunes internes ou hors spécialités.

