

# Fracture du bassin: de l'imagerie 3D à la simulation virtuelle

Thomas Frauenfelder<sup>a</sup>, Jürgen Fornaro<sup>a</sup>, Marius Keel<sup>b</sup>, Borut Marincek<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Institut für Diagnostische Radiologie, Universitätsspital Zürich, <sup>b</sup> Klinik für Traumatologie, Universitätsspital Zürich

## Introduction

La réduction chirurgicale d'une fracture du bassin ou du cotyle est restée un véritable défi en raison de l'anatomie complexe du bassin. Les fractures du cotyle sont rares. Une étude faite en Allemagne rapporte une moyenne de 17,9 fractures par hôpital et par année [1]. La première classification de la structure tridimensionnelle complexe du cotyle repose sur la répartition en deux colonnes selon Letournel et Judet, avec cinq types de fractures «simples» et cinq types de fractures «associées» [2].


De nos jours, la planification préopératoire s'établit à partir des radiographies conventionnelles et de la reconstruction coronale et sagittale ou de la représentation tridimensionnelle des fractures du bassin au moyen des données du CT-scan. La représentation en relief facilite la localisation des principaux fragments osseux. Cependant, ces images n'offrent pas toujours les meilleures options pour un abord chirurgical, le matériel d'ostéosynthèse à utiliser pour la fixation, ou la longueur des implants. Le choix de ce matériel se fait alors lors du positionnement des fragments osseux préopératoire sur la base de radiographies ou scopies.

Afin d'améliorer la planification préopératoire, l'Hôpital universitaire de Zurich a collaboré étroitement avec la clinique de traumatologie au développement d'un logiciel servant à procéder virtuellement au repositionnement et à la fixation d'une fracture. Avec ce logiciel conçu comme un outil de planification, le chirurgien peut classer aisément les fractures du bassin, et anticiper les besoins requis pour le matériel d'ostéosynthèse et sur la manière de l'implanter.

## Comment fonctionne la planification virtuelle?

Elle comporte trois étapes: création d'un modèle de la fracture, réduction et/ou reconstruction et fixation.

Durant la première étape, les données du CT-scan du patient sont utilisées pour créer un modèle tridimensionnel montrant son bassin avec les différents fragments osseux. C'est sur ce modèle de fracture que l'on simulera une réduction ou repositionnement avec fixation.

Dans une deuxième étape, on procède virtuellement à la réduction et/ou reconstruction de la fracture. Les mouvements sont exercés au moyen d'un instrument haptique (qui a trait au sens du toucher) qui reproduit les positions respectives des fragments de manière très réaliste pour l'utilisateur. Le déplacement dans l'espace des fragments que l'on voit à l'écran s'opère avec un «joystick». Si les fragments virtuels à assembler se touchent, il se produit des effets de réaction visuels et haptiques (*force-feedback*) facilitant la réduction ou la reconstruction anatomique. Dans notre système, une représentation très réaliste des mouvements est obtenue grâce à un écran 3D. L'impression de profondeur y est transmise par effet stéréoscopique (fig. 1 .



Après réduction, les fragments sont virtuellement fixés. Ainsi le chirurgien peut-il d'abord fixer virtuellement les représentations de toutes les plaques et vis réelles à sa disposition, à l'emplacement désiré. La position du matériel d'ostéosynthèse peut être contrôlée exactement à l'écran et corrigée si nécessaire. Lorsque les meilleures positions des plaques et des vis virtuelles ont été trouvées, on mesure les angles, les distances et les courbures afin de les reporter sur le matériel réel qui sera mis en place durant l'opération sous scolie et/ou à l'aide de radiographies.



**Figure 1**  
Une place de travail avec son écran stéréoscopique et son instrument haptique.

### Que nous apporte la planification virtuelle?

Une planification virtuelle facilite l'intervention chirurgicale à plus d'un égard. Avec la représentation tridimensionnelle, il est possible de préparer une stratégie optimale pour la réduction ou la reconstruction des fragments osseux. Par exemple, il se peut que la meilleure solution de réduction soit aussi la plus directe, à savoir de placer une vis de traction par voie percutanée et de n'utiliser qu'une seule voie d'abord chirurgical. Grâce à la planification, l'angle selon lequel une plaque d'ostéosynthèse doit être pliée peut être déterminé avant sa mise en place, supprimant ainsi les pertes de temps pour l'adaptation peropératoire. De cette manière, on peut placer exactement le matériel d'ostéosynthèse tout en gagnant un temps précieux. Les angles et les distances mesurés durant la planification permettent de déterminer la longueur adéquate des vis et de les positionner exactement par rapport à des repères anatomiques. Ceci est particulièrement important pour éviter que les vis ne traversent la cavité articulaire lorsqu'elles se trouvent à proximité immédiate du cotyle.

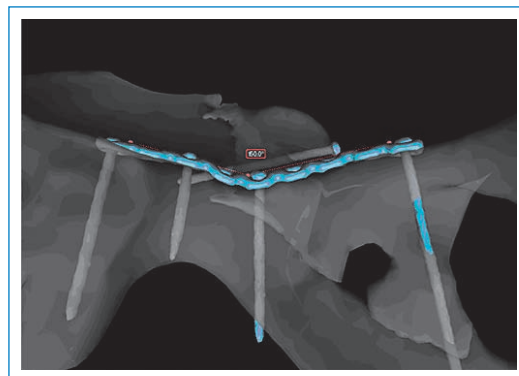
Durant les premiers essais, l'utilisation du logiciel a diminué sensiblement le temps opératoire. De plus, la comparaison entre les CT-scan effectués lors de la planification préopératoire et lors du contrôle postopératoire n'a révélé aucune différence dans la position du matériel d'ostéosynthèse (fig. 2  et 3 .

### Quelles sont les limites de la planification virtuelle?

Le temps considérable nécessaire à la création du modèle représente une limite de la planification virtuelle. La durée du processus complet de planification s'élève actuellement à environ 150 minutes et dépasse ainsi le temps gagné pendant l'opération. Cette durée devrait toutefois diminuer à l'avenir grâce à l'utilisation de techniques de segmentation intelligentes et toujours plus automatisées. Il y a d'autres désavantages: les forces de traction et de contraction des muscles du bassin ne sont pas simulées et les tissus mous qui peuvent s'intercaler entre les fragments ne sont pas représentés.

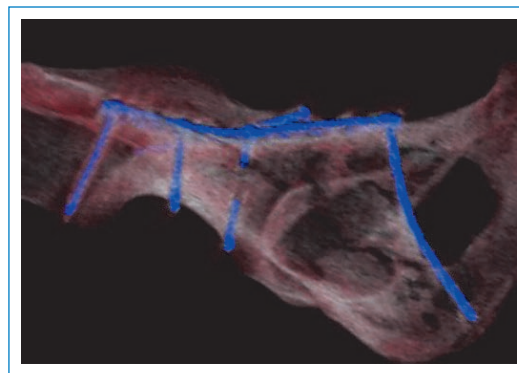
### Dans quels cas la planification virtuelle est-elle indiquée?

Ce système de planification préopératoire est particulièrement indiqué pour les fractures au niveau du bassin, notamment du cotyle. Ce logiciel s'adapte à n'importe quelle région du corps, ce qui suscite un intérêt certain pour la chirurgie traumatologique ou orthopédique. A l'Hôpital



**Figure 2**

Représentation 3D de l'ostéosynthèse d'une fracture du cotyle obtenue avant l'opération au moyen du logiciel de planification.



**Figure 3**

Image 3D après l'opération.

universitaire de Zurich, la planification virtuelle est par exemple utilisée pour l'ostéosynthèse de la fracture du rachis cervical.

### Résumé

En chirurgie ou en traumatologie, la planification virtuelle prend de plus en plus d'importance. Elle est d'ailleurs bien implantée dans la routine chirurgicale de l'Hôpital universitaire de Zurich. Le colonel Satava avait bien résumé les répercussions des technologies informatiques sur la chirurgie, et indirectement sur la radiologie, par: «*It's no longer blood and gut, it's bits and bytes*» [3]. Résultats toujours meilleurs, temps toujours plus court et chirurgie minimale invasive sont les moteurs de ce développement.

### Perspectives

Grâce à notre logiciel d'imagerie 3D pour la réduction ou la reconstruction et la fixation virtuelle de fractures, nous possédons un outil interactif pour sélectionner l'opération optimale avant l'intervention proprement dite et après l'examen préalable des différentes stratégies d'intervention. Dans un avenir proche, la combinaison de la planification

## Correspondance:

Dr Thomas Frauenfelder  
Oberarzt  
Institut für Diagnostische  
Radiologie  
Departement für Medizinische  
Radiologie  
Universitätsspital Zürich  
CH-8091 Zürich  
[thomas.frauenfelder@usz.ch](mailto:thomas.frauenfelder@usz.ch)

virtuelle et de la chirurgie robotisée va ouvrir de nouvelles dimensions dans la précision chirurgicale. Pour aller dans ce sens, nous allierons notre logiciel à un système de navigation dirigé au laser afin de pouvoir placer des vis d'ostéosynthèse par voie percutanée de manière exacte et planifiée virtuellement. Toute cette évolution repose sur

l'imagerie radiologique, qui permet de représenter et de reconstruire de manière détaillée l'image du site chirurgical. C'est donc la collaboration interdisciplinaire étroite entre chirurgiens, radiologues et développeurs de logiciels qui sera la clé du succès des technologies de simulation virtuelle.

**Références**

- 1 Arbeitsgruppe, Becken, (AO/DGU). Pelvic injuries. Results of a German multicentre study group. *Hefte Unfallchir.* 1997;266.
- 2 Letournel E, Judet R. *Fractures of the acetabulum.* Berlin Heidelberg New York: Springer, 1993.

- 3 Satava RM. Accomplishments and challenges of surgical simulation. *Surg Endosc.* 2001;15:232-41.