

---

## L'ostéotomie de valgisation assistée par ordinateur dans le genu varum arthrosique : résultats radiologiques d'une étude cas-témoin de 56 cas

---

D. SARAGAGLIA\*, PH. PRADEL\*, F. PICARD\*\*

\*Service de Chirurgie Orthopédique et de Traumatologie du Sport. CHU de Grenoble, hôpital sud. 38130, Échirolles, France.

\*\*Polyclinique de la forêt, 4 rue Lagorsse, 77300, Fontainebleau, France.

Correspondance : D.Saragaglia (adresse ci-dessus)  
Tél. : 04/76/76/58/33

e-mail : DSaragaglia@chu-grenoble.fr

---

### Résumé

L'objectif de ce travail était d'évaluer les résultats sur l'axe mécanique de 28 ostéotomies de valgisation assistées par ordinateur (groupe A) et de les comparer à 28 ostéotomies réalisées par une technique classique (groupe B) et tirées au sort parmi une population de 140 ostéotomies réalisées entre janvier 1997 et décembre 2000.

Les populations étaient tout à fait comparables en ce qui concerne l'âge, le sexe, le côté, le degré de l'arthrose (stades d'Ahlback modifiés) et la déformation axiale en varus (groupe A : 173,3° +/- 3,80° - 160° à 178°, groupe B : 172,8° +/- 3,18° - 164° à 178°) mesurée sur une pangonométrie (angle HKA).

Il s'agissait, dans 52 cas, d'une ostéotomie tibiale d'ouverture interne fixée par une cale de phosphate tricalcique (Biosorb\*) et d'une plaque en T de l'instrumentation AO, et dans 4 cas (2 dans le groupe A et 2 dans le groupe B) d'une double ostéotomie tibiale (ouverture interne) et fémorale (fermeture externe) en raison d'un genu varum supérieur à 15°. L'objectif de l'intervention était d'obtenir un axe mécanique compris entre 182 et 186°. Tous les genoux ont été évalués par une pangonométrie au 3ème mois post-opératoire pour vérifier la correction axiale.

Dans le groupe A l'angle HKA moyen post-opératoire était de 183,4° +/- 0,99 (181 à 185°) et dans le groupe B de 184° +/- 2,28 (181 à 189°). Par ailleurs l'objectif a été atteint dans 96% des cas pour le groupe A et dans 71% des cas pour le groupe B soit une différence statistiquement significative aussi bien dans l'absolu ( $p = 0,0248$ ) que dans la comparaison des écarts-types ( $p = 0,0015$ ).

Les ostéotomies de valgisation assistées par ordinateur sont tout à fait possibles et d'une reproductibilité remarquable. Entre nos mains, l'Orthopilot<sup>R</sup> a permis d'atteindre plus facilement l'objectif que l'on s'était fixé en préopératoire.

**Mots clés** : genu varum / ostéotomie / ordinateur / gonarthrose

---

L'ostéotomie tibiale de valgisation est une intervention couramment utilisée depuis plus de 40 ans dans le traitement du genu varum arthrosique. Elle est réputée pour donner de bons résultats, durables, lorsque l'indication est bien posée (3, 4, 5, 7, 8, 11, 14) et lorsque l'intervention est bien réalisée. On considère habituellement, que l'intervention a été bien réalisée lorsque l'on a obtenu en postopératoire une hyper correction en valgus de 3 à 6° (4, 6, 10, 11) ceci, par rapport à l'axe mécanique du membre inférieur qui relie le centre de la tête fémorale au milieu de la cheville en passant par le milieu des épines

---

### Abstract

#### Computer assisted valgus osteotomy in osteoarthritic genu varum : results of the axial correction in a case-control study of 56 cases

This study aimed to evaluate the resulting mechanical axis in 28 computer assisted valgus osteotomies (group A) and to compare them to 28 classical osteotomies (group B) being randomly chosen in a total of 140 osteotomies operated on between January 1997 and December 2000.

The groups were entirely comparable regarding age, gender, operated side, osteoarthritis grading (modified Ahlback's grades) and axial deformity in varus (group A: 173.3° +/- 3.80° - 160° to 178°; group B: 172.8° +/- 3.18 - 164° to 178°) as measured on a long leg Xray (HKA angle).

Fifty two cases involved a high tibial opening valgus osteotomy fixed by a tricalcic phosphate wedge (Biosorb\*) and a T-shaped AO plate, whereas the 4 remaining cases (2 in group A, 2 in group B) associated a high tibial medial opening osteotomy to a lateral femoral closing osteotomy because of a genu varum superior to 15°. The operation aimed to obtain a mechanical axis between 182° and 186°. The achieved axial correction has been controlled in all the knees at three months with a long leg Xray.

In group A, the mean postoperative HKA angle was 183.4° +/- 0.99 (181 to 185°) and 184° +/- 2.28 (181 to 189°) in group B. Thus, the aim has been achieved for 96% in group A and for 71% in group B, a statistically significant difference in absolute value ( $p = 0.0248$ ) as well as in comparison of standard deviations ( $p = 0.0015$ ).

**Key words** : genu varum / gonarthrosis / osteotomy / computer assisted surgery

---

tibiales soit un angle de 183 à 186°. S'il est facile de faire une ostéotomie et d'en faire l'ostéosynthèse, il est beaucoup plus compliqué d'atteindre le but que l'on s'était fixé en préopératoire malgré une planification rigoureuse (1, 9, 10). Les moyens de contrôle peropératoire sont, pour certains inexistant, pour d'autres complètement archaïques et approximatifs. En raison de cette incertitude dans le résultat et de l'essor considérable des prothèses du genou, certains chirurgiens ont diminué voire abandonné cette indication pour ne pas s'exposer aux problèmes esthétiques, fonctionnels et médico-légaux que peut engendrer une hypercorrection trop importante, ou à un échec par hypercorrection insuffisante.

Compte tenu de la précision que nous avons pu atteindre dans la mise en place des prothèses du genou avec assistance par ordinateur (2, 6, 15) nous avons pensé que les ostéotomies autour du genou pouvaient être une excellente application de la chirurgie assistée par ordinateur. Nous avons utilisé pour la première fois l'Orthopilot\* au cours d'une ostéotomie tibiale de valgisation en mars 2001, et depuis nous avons réalisé plus de 130 ostéotomies tibiales et/ou fémorales.

L'objectif de ce travail était de comparer les résultats radiologiques de la correction axiale des 28 premiers cas opérés avec assistance informatisée, avec 28 cas opérés sans ordinateur.

## Matériel et méthodes

### Matériel

Nous avons distingué 2 groupes : le groupe A représentait les 28 ostéotomies assistées par ordinateur réalisées entre mars 2001 et avril 2002, et le groupe B, les 28 ostéotomies pratiquées avec une technique conventionnelle et tirées au sort parmi 140 ostéotomies réalisées entre janvier 1997 et Décembre 2000. Ces 2 groupes étaient parfaitement comparables en ce qui concerne l'âge (54 ans - 35 à 71- et 55 ans -27 à 70-), le sexe, le degré de l'arthrose selon les critères d'Alhåck modifiés (10 stades I, 32 stades II et 14 stades III) et l'importance du genu varum (  $173,3^\circ \pm 3,8^\circ$  pour le groupe A -160 à  $178^\circ$ - et  $172,79^\circ \pm 3,18^\circ$  pour le groupe B -164 à  $178^\circ$ -). L'axe du membre a été mesuré sur des clichés radiologiques des membres inférieurs, en entier, debout, selon le protocole de Ramadier (13).

### Méthodes

Dans 52 cas nous avons réalisé une ostéotomie d'ouverture interne au niveau de l'extrémité proximale du tibia que nous avons fixée par une cale de phosphate tricalcique (Biosorb<sup>R</sup>) et une plaque en T de l'instrumentation AO et dans 4 cas (2 dans chaque groupe), une double ostéotomie, tibiale d'ouverture interne et fémorale de fermeture externe en raison d'un varus supérieur à  $165^\circ$  (pour éviter tout interligne oblique).

Dans les 2 groupes, nous avons réalisé une planification pré-opératoire qui consistait à simuler sur la radiographie, l'ouverture souhaitée pour obtenir une hypercorrection comprise entre 2 et  $6^\circ$  de valgus soit  $182$  à  $186^\circ$  d'axe mécanique.

Le contrôle peropératoire de l'hypercorrection souhaitée était réalisé différemment dans les 2 groupes. Dans le groupe A, nous repérons sous amplificateur de brillance le centre de la tête fémorale à l'aide d'une électrode à monitoring cardiaque, ce qui nous permettait de contrôler l'axe en tendant un fil de suture depuis cette électrode jusqu'à la malléole interne en passant par le centre du genou.

Dans le groupe B, nous avons utilisé l'Orthopilot<sup>R</sup> (Aesculap, Tuttlingen, Allemagne) pour vérifier l'hypercorrection souhaitée. Le logiciel est dérivé de celui de la mise en place des prothèses du genou qui a été largement décrit par ailleurs (12, 15, 17). Grâce au principe de l'acquisition cinématique des centres de la hanche, du genou et de la cheville et grâce également à la palpation de quelques points extra-articulaires remarquables au niveau du genou et de la cheville, le système permet d'avoir en

temps réel l'axe du membre inférieur sur l'écran de l'ordinateur, avant et après l'ostéotomie, ce qui autorise la correction que l'on souhaite (fig.1, 2, 3, 4, 5).

En pratique on procède de la façon suivante : mise en place des marqueurs (rigid body), en percutané, au niveau de l'extrémité distale du fémur et au niveau de l'extrémité proximale du tibia, acquisitions cinématiques et palpatoires du centre de la hanche, et du milieu du genou et de la cheville. L'axe du membre inférieur apparaît sur l'écran et il peut être comparé à celui de la gonométrie préopératoire. On réalise ensuite l'ostéotomie proximale du tibia, 3 centimètres en dessous de l'interligne articulaire interne (après repérage de l'interligne par une aiguille intramusculaire), celle-ci se dirigeant vers la tête du péroné, la scie étant le plus horizontal possible pour ne pas fracturer le plateau tibial externe. La valgisation est ensuite réalisée, en s'aidant de deux lames de Pauwels insérées dans le trait d'ostéotomie. On insère enfin, dans le trait d'ostéotomie, une cale métallique d'essai qui est autostable, ce qui permet de vérifier l'axe du membre inférieur en toute tranquillité. Si le varus fait  $8^\circ$ , on mettra une cale de 10 ou 11 mm, et l'on vérifiera sur l'écran l'hypercorrection souhaitée, si celle-ci est insuffisante, on mettra une cale plus épaisse, si elle est trop importante, on fera l'inverse. Cette cale est ensuite remplacée par la cale de Biosorb<sup>R</sup> définitive et l'on terminera l'intervention par l'ostéosynthèse à l'aide d'une plaque vissée (fig.6).

En ce qui concerne la méthode de révision, tous les patients ont eu en postopératoire une gonométrie de contrôle avec le même protocole qu'avant l'intervention. Les mesures visant à vérifier que l'objectif préopératoire, qui était d'obtenir un axe compris entre  $182$  et  $186^\circ$ , ont été réalisées par un chirurgien indépendant de l'opérateur. Par ailleurs nous avons utilisé le test exact de Fisher pour comparer les groupes et le test T de Student non apparié pour comparer les écarts-types.

## Résultats

Tout d'abord en ce qui concerne la concordance entre la gonométrie préopératoire et l'axe donné par l'Orthopilot<sup>R</sup> au moment de l'intervention, ces angles étaient tout à fait superposables puisque, en préopératoire, l'angle mécanique moyen était de  $173,3^\circ$  ( $160$  à  $178^\circ$ ) et, en peropératoire, celui-ci était de  $172,9^\circ$  ( $160$  à  $180^\circ$ ).

En ce qui concerne la gonométrie postopératoire, dans le groupe A, celle-ci était en moyenne de  $183,5^\circ \pm 1,26^\circ$  avec une médiane à  $184^\circ$  et des extrêmes de  $180$  et  $186^\circ$ . Dans le groupe B, l'angle moyen était de  $184^\circ \pm 2,28^\circ$  avec une médiane à  $184^\circ$  et des extrêmes de  $181$  et  $189^\circ$ . Par ailleurs l'objectif préopératoire a pu être atteint 27 fois sur 28 dans le groupe A, soit 96 %, et 20 fois sur 28 dans le groupe B, soit 71 %. La différence est statistiquement significative aussi bien avec le test de Fisher ( $p=0,0248 < 0,05$ ) qu'avec le test T de Student ( $p=0,0015 < 0,05$ ) et en faveur de la chirurgie assistée par ordinateur, qui, non seulement permet d'atteindre plus souvent l'objectif fixé, mais évite également une trop grande dispersion des résultats (notamment hypercorrections excessives).

## Discussion

S'il est relativement facile de faire une ostéotomie dans un contexte d'arthrose fémoro-tibiale sur genu varum et

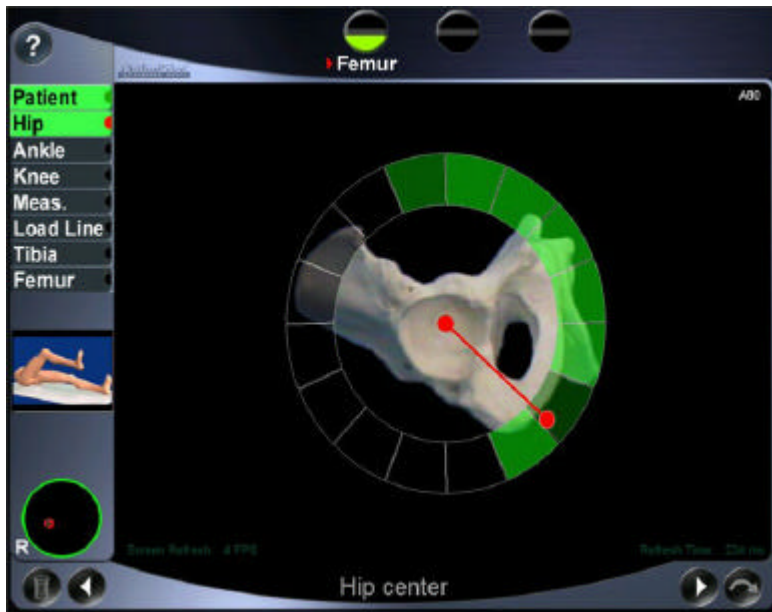


Figure 1 : Acquisition du centre de la hanche avec l'Orthopilot®

Figure 2 : Acquisition du centre de la cheville par une manœuvre de flexion-extension et par palpation des malléoles.

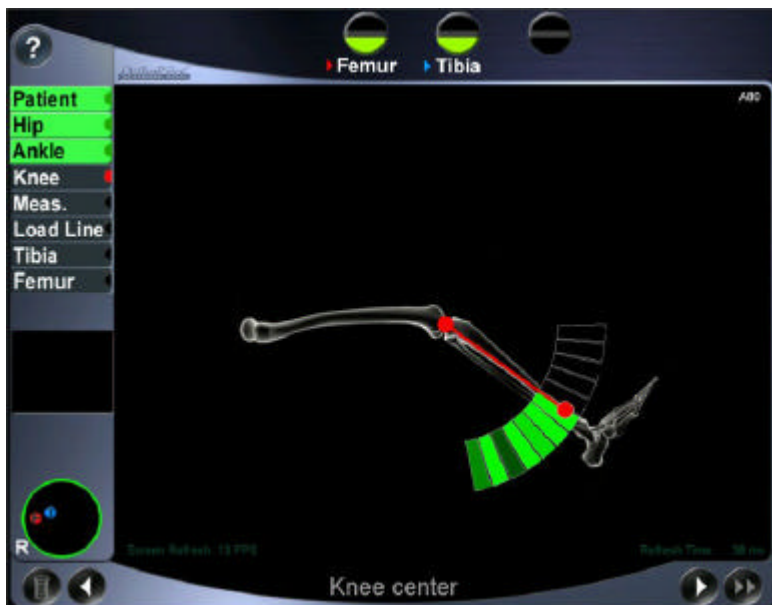


Figure 3 : Acquisition du centre du genou par une manœuvre de flexion-extension et de rotation axiale à 90° de flexion.

Figure 4 : Manœuvre de flexion-extension du genou avec « rigid-bodies » en place.



Figure 5 : Axe du membre inférieur qui s'affiche en temps réel sur l'écran. Dans le cas présent, un varus de 7° pour une flexion à 22°.



Figure 6 : Ostéotomie d'ouverture interne fixée par une cale de Biosorb<sup>R</sup> et une plaque en T.

d'en faire ensuite l'ostéosynthèse, il est beaucoup plus difficile d'atteindre l'objectif que l'on s'était fixé en préopératoire. Certains utilisent des viseurs de correction angulaire plus ou moins précis (1), d'autres se basent sur une planification préopératoire (10) qui va leur donner l'angle de résection (en cas de fermeture) ou l'angle addition (en cas d'ouverture), d'autres encore (in 10) sur un contrôle peropératoire à l'aide d'un fil (de suture ou bistouri électrique) ou d'une baguette radio opaque allant du centre de la tête fémorale à la cheville en passant par le milieu du genou, d'autres enfin se basant sur le fait qu'il n'y a rien de précis, n'utilisent rien, et font leur ostéotomie à l'intuition...parfois même sans gonométrie préopératoire...

S'il est classique aussi, de dire, qu'il faut une hypercorrection de 3 à 6° (3, 4, 6, 10, 11) voire plus pour certains

(18), pour avoir un bon résultat, il est curieux de constater qu'il n'y a pas de publication qui évalue les systèmes et les méthodes de correction, alors que la correction obtenue influe beaucoup sur la qualité du résultat.

Notre étude montre que l'Orthopilot<sup>R</sup> apporte une sécurité incontestable dans la réalisation de l'ostéotomie et permet d'atteindre l'objectif fixé dans 96 % des cas (versus 71 %) en diminuant de manière significative la dispersion des résultats et tout particulièrement des hypercorrections excessives inacceptables. Cette « performance » est d'autant plus louable que le groupe qui a été comparé a été opéré avec une planification irréprochable (préopératoire et contrôle peropératoire). Il est vraisemblable que la différence aurait été encore plus nette si l'ostéotomie avait été réalisée de manière plus intuitive.

Nous avons choisi de faire des ostéotomies d'ouverture, d'une part, parce que nous avons adopté cette technique depuis 1995 (alors que nous avons fait pendant 15 ans des ostéotomies de fermeture), d'autre part, parce que nous avons validé ce type d'ostéotomie à propos de 100 cas (16) et enfin, parce qu'elle nous paraît particulièrement adaptée à la navigation informatisée. En effet, l'ostéotomie d'ouverture contrairement à la fermeture, nous paraît beaucoup plus précise (un seul trait d'ostéotomie), beaucoup plus stable en vue des essais peropératoires (cale métallique d'essai autostable) et beaucoup plus reproductible. Le réglage, à la demande, de l'importance de la correction, sans nuire à la stabilité du montage est un atout inégalable.

Enfin, parmi tous les systèmes de navigation, l'Orthopilot<sup>R</sup> nous paraît particulièrement adapté et fiable et la technique reproductible. En effet, son principe de navigation sans scanner, basé sur les acquisitions cinématiques du centre de la hanche, du milieu du genou et de la cheville, permet de se dispenser de toute palpation intra-articulaire ce qui est fondamental au cours d'une ostéotomie où l'on ne réalise jamais d'arthrotomie. Le système est d'autant plus performant, que les ligaments sont habituellement intacts dans ce type d'indication, et que l'arthrose est relativement modérée sans usure osseuse ni décoaptation fémoro-tibiale externe. C'est dans ce type d'indication que le modèle cinématique est le plus « robuste » au niveau du genou (Picard).

La navigation informatisée nous paraît également, parfaitement adaptée aux doubles ostéotomies, fémorale et tibiale, dans le but d'éviter un interligne oblique ce qui est fréquent dans les grands genu varum. Cette intervention, particulièrement difficile à régler sans repérage peropératoire fiable, devient relativement simple si l'on fait, dans un premier temps, une ostéotomie fémorale de fermeture externe de 5 à 6°, et dans un deuxième temps, une ostéotomie d'ouverture tibiale contrôlée par l'ordinateur. Nous avons réalisé cette technique à 2 reprises, dans cette série, et dans 8 autres cas avec beaucoup de satisfaction.

## Conclusion

L'ostéotomie de valgisation assistée par ordinateur dans le traitement de l'arthrose fémoro-tibiale interne sur genu varum est une technique fiable et reproductible qui permet dans 96% des cas d'atteindre l'objectif fixé en préopératoire. L'Orthopilot<sup>R</sup>, du fait de ses caractéristiques, (pas de scanner préopératoire, modèle cinématique), paraît particulièrement adapté à l'ostéotomie qui est réalisée dans la majorité des cas sans arthrotomie. Le développement de telles techniques devrait redonner à l'ostéotomie la place qu'elle mérite dans le traitement de la gonarthrose latéralisée.

## Références

1. Billings A, Scott DF, Camargo MP, Hofman AA. High tibial osteotomy with a calibrated osteotomy guide, rigid internal fixation and early motion. *J Bone Joint Surg*, 2000, 82-A, 70-9.
2. Clemens U, Konerman WH, Koehler S, Kiefer H, Jenny JY, Mielhke RK. Computer-assisted navigation with the Orthopilot system using the search evolution TKA prosthesis : results of a multicenter study. In « Navigation and Robotics in Total Joint and Spine Surgery » sous la direction de JB Stiehl, WH Konerman and RG Haaker. Springer Verlag édit, Berlin Heidelberg, 2004, 234-41.
3. Coventry MB, Ilstrup DM, Wallrichs SL. Proximal tibial osteotomy : a critical long-term study of eighty-seven cases. *J bone joint surg*, 1993, 75-A, 196-201.
4. Hernigou Ph, Medevielle D, Debeyre J, Goutallier D. Proximal tibial osteotomy for osteoarthritis with varus deformity : a ten to thirteen-year follow-up study. *J Bone Joint Surg*, 1987, 69-A, 332-54.
5. Holden DL, James SL, Larson RL, Slocum DB. Proximal tibial osteotomy in patients who are fifty years old or less. *J Bone Joint Surg*, 1988, 70-A, 977-82.
6. Jenny JY, Boeri C. Implantation d'une prothèse totale de genou assistée par ordinateur. Étude comparative cas-témoin avec une instrumentation traditionnelle. *Rev Chir Orthop*, 2001, 87, 645-52.
7. Jenny JY, Tavan A, Jenny G, Kehr P. Taux de survie à long terme des ostéotomies tibiales de valgisation pour gonarthrose. *Rev chir Orthop*, 1998, 84, 350-7.
8. Koshino T, Murase T, Saito T. Medial opening-wedge high tibial osteotomy with use of porous hydroxyapatite to treat medial compartment osteoarthritis of the knee. *J Bone Joint Surg*, 2003, 85-A, 78-85.
9. Krakow KA, Lennox DW. High tibial osteotomy : techniques for accurate angular correction and new techniques of internal fixation for early range of motion. *Orthop Trans*, 1983, 7, 503.
10. Lerat JL. Ostéotomies dans la gonarthrose. Cahiers d'enseignement de la SOFCOT. Conférences d'enseignement 2000. Elsevier, édit, Paris, 165-201.
11. Lootvoet L, Massinon A, Rossillon R, Himmer O, Lambert K, Ghosez JP. Ostéotomie tibiale haute de valgisation pour gonarthrose sur genu varum : à propos d'une série de 193 cas revus après 6 à 10 ans de recul. *Rev Chir Orthop*, 1993, 79, 375-84.
12. Picard F, Leitner F, Raoult A, Saragaglia D. Computer assisted knee arthroplasty. In « Reschnergestützte Verfahren in orthopädie und unfallchirurgie ». Jerosch, Nichol and Peikenkam, édit, Steinkopff Darmstadt, 1999, 461-71.
13. Ramadier JO, Buard JE, Lortat-Jacob A, Benoit J. Mesure radiologique des déformations frontales du genou. Procédé du profil vrai radiologique. *Rev Chir Orthop*, 1982, 68, 75-8.
14. Rinonapoli E, Mancini GB, Corvaglia A, Musiello S. Tibial osteotomy for varus gonarthrosis. A 0 to 21-year follow-up study. *Clin Orthop*, 1998, 353, 185-93.
15. Saragaglia D, Picard F, Chaussard C, Montbarbon E, Leitner F, Cinquin Ph. Mise en place des prothèses totales du genou assistée par ordinateur : comparaison avec la technique conventionnelle. Résultats d'une étude prospective randomisée de 50 cas. *Rev chir Orthop*, 2001, 87, 18-28.
16. Saragaglia D, Martinez T, Belfkira F, Tourné Y. Les ostéotomies tibiales de valgisation d'ouverture interne fixées par une cale de biosorb<sup>R</sup> et une plaque vissée. À propos de 100 cas ayant entre un an et 3 ans de recul. *Rev Chir Orthop*, 2000, 86 suppl II, 133.
17. Saragaglia D, Picard F. Computer assisted implantation of total knee endoprosthesis with no preoperative imaging : the kinematic model. In « Navigation and Robotics in Total Joint and Spine Surgery » sous la direction de JB Stiehl, WH Konerman et RG Haaker. Springer-verlag, édit, Berlin Heidelberg, 2004, 226-33.
18. Yasuda K, Majima T, Tsuchida T, Kaneda K. A ten to 15 years follow-up observation of high tibial osteotomy in medial compartment osteoarthritis. *Clin Orthop*, 1992, 282, 186-95.