

---

## Place et techniques actuelles des ostéotomies dans la gonarthrose fémoro-tibiale médiale

---

J-L. LERAT

Professeur de Chirurgie Orthopédique  
Chirurgien des Hôpitaux de Lyon  
Service de Chirurgie Orthopédique et Médecine du Sport  
Centre Hospitalier Lyon-Sud, F 69495 Pierre-Bénite.

Correspondance :  
Jean-luc.lerat@chu-lyon.fr

---

### Résumé

Les ostéotomies pour gonarthrose sont pratiquées depuis plus d'un demi-siècle et ont fait la preuve qu'elles pouvaient stabiliser le processus arthrosique. Ces opérations sont en compétition avec les arthroplasties partielles ou totales qui sont de plus en plus fiables. Pourtant les prothèses articulaires sont encore limitées par l'usure du métal et du polyéthylène et ne sont pas encore capables de supporter une activité importante durablement et chez les sujets jeunes, les ostéotomies restent l'indication de choix. Dans le genu varum, qui représente 90 % des cas, le calcul théorique suggère qu'il faut réaliser une hypercorrection et l'expérience acquise le confirme grâce à de nombreuses séries étudiées avec plus de 10 et 15 ans de recul. L'hypercorrection doit se situer entre 3 et 6 degrés de valgus, calculé sur les axes mécaniques du fémur et du tibia. Plusieurs techniques d'ostéotomies tibiales sont susceptibles d'apporter d'excellents résultats à long terme dans le genu varum, les additions médiales, les soustractions latérales et les ostéotomies curviplanes qui seules peuvent corriger les grandes déviations.

Chaque technique présente des avantages et des inconvénients et il est utile de savoir les pratiquer toutes mais nous privilégions depuis 6 ans les ostéotomies d'ouverture avec interposition d'un substitut osseux en coin qui nous paraissent plus fiables, plus précises moins douloureuses et dont la réalisation est très rapide et peut se faire par un mini abord. La précision de la correction dépend de la planification de chaque cas en tenant compte de la déformation osseuse et de la laxité ligamentaire, mais cela ne dispense pas d'un contrôle radioscopique peropératoire. Dans l'arthrose médiale, les résultats qui sont bons sur les douleurs à court terme, après ostéotomie de valgisation, restent bons aussi à long terme à condition que les contraintes en valgus demeurent.

Les échecs précoces par hypo correction de même que les échecs tardifs par épuisement de l'ostéotomie, avec réapparition de la déformation en varus, sont susceptibles d'être réopérés parfois par une nouvelle ostéotomie. Les échecs des ostéotomies ne sont souvent réopérables que par une prothèse et il est très important de connaître aussi les difficultés techniques que l'on peut rencontrer alors à cause de l'ostéotomie initiale.

Les bases théoriques sont de plus en plus claires, mais la planification d'une ostéotomie reste un exercice difficile où se mélangent des mesures radiologiques précises et des correctifs liés à la laxité ligamentaire et au surpoids. Finalement l'expérience de l'opérateur et l'empirisme comptent encore pour beaucoup dans le succès de l'opération. Les complications et les échecs restent nombreux et très souvent liés à la technique elle-même et ils incitent à l'humilité. L'apport de l'assistance par ordinateur n'est pas encore clairement établi mais il y a un réel espoir d'amélioration de la précision. Les

ostéotomies ont encore une place importante, isolément ou, dans l'avenir, en association avec les resurfaçages cartilagineux.

**Mots clés :** Genou. / Arthrose / Ostéotomie.

---

### Abstract

#### Place and techniques of tibial osteotomies for the treatment of medial gonarthrosis

Osteotomies for gonarthrosis have been performed for over 50 years and are able to stabilize the arthritic disease. These procedures are in competition with uni or total knee arthroplasties. However knee arthroplasties are not able to support a high activity level for a long time in young patients and osteotomies are the best indications in these cases. In varus knee which represents 90% of the cases, hypercorrection of the deformity is necessary with a valgus comprised between 3 and 6 degrees calculated on the mechanical axis of the femur and of the tibia. Several technical procedures exist for genu varum deformity which can to give good results after a 10 to 15 year follow-up ; opening wedge tibial osteotomy or closing wedge, curviplane and dome osteotomies. Each technique has its own advantages and disadvantages.

**Keywords:** Knee / Arthritis / Osteotomy

---

## Introduction

La gonarthrose a été fort bien étudiée par Thomine [1] dans une conférence d'enseignement en 1989 et nous invitons le lecteur à rechercher les références bibliographiques antérieures à 1989 dans son ouvrage. C'est une affection qui touche un grand nombre d'hommes et de femmes d'âge mûr ou plus âgés. D'après Philips et Krakow [2] la gonarthrose atteindrait 1 sujet sur cent entre 55 et 64 ans, 2 % des hommes et 6,6 % des femmes entre 65 et 75 ans.

Un défaut d'axe en varus peut favoriser l'usure du compartiment médial du genou et inversement l'usure asymétrique du cartilage peut créer une déviation. L'ostéotomie a pour but de supprimer la douleur durablement. Le traitement médical ne peut actuellement supprimer la douleur que de façon temporaire car les médicaments, les infiltrations, la physiothérapie et la diminution du poids et de l'activité n'ont qu'une action symptomatique. Il n'existe

pas actuellement de traitement préventif ou curatif de l'arthrose. Les résultats des nettoyages articulaires par arthrotomie ou par arthroscopie sont variables et ne font que repousser de quelques mois ou années l'échéance de l'arthroplastie.

L'ostéotomie, qui est une opération pratiquée depuis longtemps, tient encore une place importante malgré les progrès de l'arthroplastie uni-compartmentale et totale du genou. Les indications respectives de ces trois options sont sans cesse rediscutées et elles évoluent en permanence en raison des progrès des prothèses. Même si les prothèses du genou ont une courbe de survie de 95 % après 10 à 15 ans, leurs performances à l'effort ne sont pas suffisantes pour que l'on propose régulièrement cette solution à des sujets jeunes et actifs, chez lesquels les résultats se sont d'ailleurs dégradés plus rapidement que pour les sujets âgés dans toutes les séries publiées.

De nombreuses publications récentes ont rapporté des résultats à long terme, les techniques ont évolué et les matériels d'ostéosynthèse se sont multipliés, la précision de la correction s'est améliorée, on connaît mieux les difficultés que les ostéotomies peuvent engendrer au moment des ré-interventions pour prothèses totales, surtout en cas d'hypercorrection tibiale en valgus. L'ostéotomie, loin de reculer dans l'arsenal thérapeutique de la gonarthrose, va au contraire prendre de l'importance car d'autres indications d'ostéotomie couplées à des autogreffes de cartilage vont apparaître chez des sujets jeunes.

On a progressé dans la mesure des angles des torsions, grâce à la tomodynamométrie et l'on va progresser avec la stéréo-radiographie qui donne une reconstruction des axes dans les trois plans à partir de deux clichés radiographiques simples, permettant la mesure des torsions, du varus-valgus et du flexum avec précision (Berthonnaud [3], Selvik [4]). L'aide à la chirurgie par la navigation en est à ses débuts et les ostéotomies vont être un terrain privilégié de recherches et de progrès.

## Physiopathologie de la gonarthrose

La gonarthrose médiale est avant tout un problème mécanique favorisé par des déformations fémoro-tibiales, des altérations des surfaces articulaires, des séquelles traumatiques osseuses, une ménissectomie médiale, des ruptures ligamentaires en particulier du croisé antérieur (LCA). La section du LCA est un modèle expérimental de l'arthrose chez l'animal, ce qui pose le problème de la prévention de l'arthrose pour les genoux qui présentent une laxité antérieure. Des déformations pathologiques comme celles du rachitisme ou de la maladie de Paget sont capables d'engendrer des gonarthroses. Dans la majorité des cas, la gonarthrose se produit sur un genu varum constitutionnel qui peut potentialiser et aggraver toutes les causes citées plus haut, s'associant à la surcharge pondérale et à la faiblesse du hauban externe.

Dans la gonarthrose sur genu varum, qui seule sera abordée ici, la déviation provoque un déséquilibre avec un axe mécanique qui passe en dedans du centre du genou et une surcharge, puis une altération du cartilage du compartiment médial.

Les ostéotomies ont pour but de corriger ce défaut et de redistribuer les charges sur les deux compartiments et de diminuer la résultante des forces agissant sur le genou, ce qui permet de diminuer les douleurs. Parallèlement, il y a des altérations biochimiques dans le cartilage et une perte de ses propriétés mécaniques. Certains auteurs pensent que ces altérations ne seraient pas irréversibles et qu'elles pourraient se stabiliser grâce à l'ostéotomie (Berman [5]).

Les chirurgiens qui ont découvert les bienfaits des ostéotomies dans les années 48 à 58, (Merle d'Aubigné dès 1948 [6], Judet en 1957 [7], Debeyre et Artigou [8], Cauchoix et Duparc [9]) de même que ceux qui les ont fait connaître (le mérite en revient surtout à Jackson et Waugh [10] qui ont publié les premières ostéotomies en dôme en 1961), se sont assez vite aperçus que les douleurs étaient soulagées.

La gonarthrose est responsable de douleurs, de troubles de la proprioception, d'une diminution de la force musculaire et d'une raideur articulaire qui entraînent des modifications du contrôle de l'équilibre et du mouvement. Viton et al. [11], en utilisant un système optoélectronique et deux plateformes de force à jauges de contrainte, ont montré que la phase posturale est allongée de façon significative dans la gonarthrose par rapport au côté sain et aux sujets témoins. La phase d'appui monopodal sur le membre atteint est raccourcie par esquive d'appui, douleur, déficience musculaire. La phase de réception-stabilisation et la durée totale du mouvement sont allongées.

Blaimont [1], dès 1971, puis Kettelkamp [1], avaient calculé la charge des deux compartiments et avaient montré la prédominance du compartiment médial puisque les contraintes médiales en appui monopodal sur un genou normal étaient de 60 % de la charge. Waugh et Johnson [1] par analyse de la marche sur plateau de force ont montré que la part de charge du compartiment médial était en moyenne de 74 % pour un membre normalement axé et de 100 % pour un genu varum de 10°.

Durant la phase d'appui, la résultante R du poids du corps P s'applique au centre du genou pour Maquet [1] et un peu en dedans pour Blaimont [1]. Le genou est en état d'équilibre selon l'équation  $P.A = M.B$  (fig.1). L'équilibre du genou est réalisé si l'effort musculaire M est suffisant grâce au hauban musculaire latéral (tenseur du fascia lata et biceps crural). Le moment musculaire M.B est toujours supérieur au moment gravitaire P.A chez le sujet normal. Lorsque la résultante est déplacée en dedans, le plateau tibial médial reçoit un surcroît de sollicitations mécaniques. Plusieurs facteurs peuvent engendrer un déséquilibre : si la distance A est augmentée, dans les conditions d'un varus, la direction du hauban est modifiée : la force P s'éloigne du centre du genou et la résultante R s'applique sur le plateau interne. Le varus seul n'explique pas la survenue de l'arthrose car tous les genu varum ne développent pas une arthrose. La surcharge pondérale du sujet, non maîtrisée par le hauban musculaire, majore le second terme de l'égalité et déplace R sur le plateau médial. La diminution de la force M, c'est-à-dire le relâchement des muscles latéraux, déplace R vers l'intérieur. Il arrive alors que le moment musculaire ne

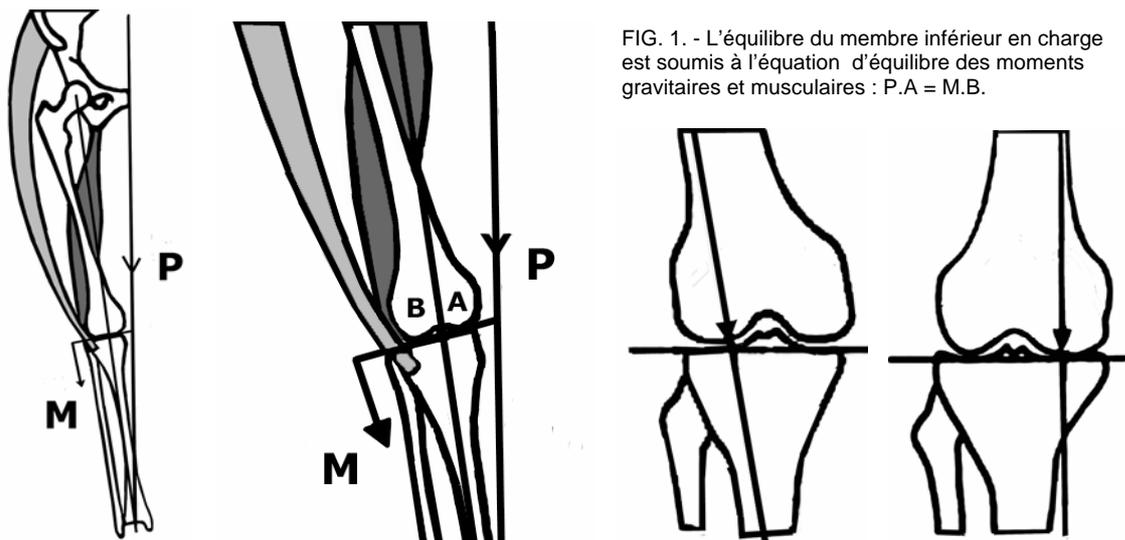


FIG. 1. - L'équilibre du membre inférieur en charge est soumis à l'équation d'équilibre des moments gravitaires et musculaires :  $P.A = M.B$ .

compense plus le moment gravitaire et le genou est dans un état de déséquilibre permanent. La résultante R, déplacée en dedans, provoque une augmentation des contraintes dans la partie médiale du genou. Cette élévation de pression détériore le cartilage, pince l'interligne ce qui majore le varus. Un cercle vicieux s'installe et aggrave l'état articulaire.

Ces concepts théoriques permettent d'expliquer le traitement chirurgical de l'arthrose en varus, qui est fondé sur la réduction et l'harmonisation des contraintes de compression articulaires. L'ostéotomie tibiale de valgisation réduit le moment gravitaire et permet au hauban musculaire déficient de répondre à la sollicitation mécanique elle-même réduite.

Une hypercorrection en valgus est donc nécessaire, mais sa valeur est difficile à déterminer et les auteurs s'accordent empiriquement à penser que l'hypercorrection doit se situer dans une fourchette de 3 à 6 degrés. Cette imprécision laisse la place à une large interprétation que les uns et les autres justifient par des nuances à apporter en fonction de l'âge, du poids, de la taille, de l'importance de l'usure, de l'état ligamentaire et musculaire. L'hypercorrection fait craindre à juste titre une dégradation possible du compartiment opposé et dans certains cas, des déformations qui entraîneront des difficultés lors de la mise en place de prothèses ultérieurement.

Dans le plan sagittal, l'existence d'un flexum se caractérise par une majoration de la force appliquée à la rotule et par une réduction des surfaces de contact. Ces deux paramètres élèvent les contraintes de pression exercées sur l'articulation fémoro-tibiale et sur la fémoro-patellaire. Le flexum prive la rotule et le quadriceps de sa position de repos. La solution la plus logique pour corriger le flexum serait de faire une libération capsulo-ligamentaire postérieure, mais dans l'arthrose, on se contente plutôt de le corriger au niveau de l'ostéotomie ce qui ne modifie pas l'étendue des zones de contact articulaires.

## Analyse du genu varum

Dans le genu varum existe un écart inter condylien lors de l'appui bipodal qui peut s'accroître en appui monopodal. Le pangonogramme, ou goniométrie debout, permet

de tracer l'axe mécanique des segments entre le centre de la tête fémorale (H), le centre du genou (K) et le centre de la cheville (A) et de mesurer l'angle HKA. Le membre est dit normo-axé lorsque l'angle HKA est de  $180^\circ$ . En dessous de  $180^\circ$ , le genou est en varus et au-dessus, il est en valgus (dans la littérature américaine de nombreux auteurs utilisent comme référence l'axe anatomique du fémur). L'épiphyse inférieure du fémur est inclinée de  $2$  à  $3^\circ$  en valgus, par rapport à l'axe mécanique, alors que l'épiphyse supérieure du tibia est inclinée de  $2$  à  $3^\circ$  en varus. L'interligne du genou n'est donc pas perpendiculaire à l'axe mécanique du membre, mais il est incliné de  $2$  à  $3^\circ$ , ce qui tend à le rendre plus proche du plan horizontal, lors de l'appui. La mesure de l'angle HKA, sur une goniométrie faite en appui monopodal, serait idéale pour calculer la déviation et la distension ligamentaire dans les conditions proches de la marche, mais en réalité, les mesures risquent d'être faussées car le genou est souvent fléchi en raison d'une stabilité imparfaite à cause de la douleur et de la surcharge pondérale fréquente. Certains auteurs préfèrent la goniométrie en position couchée pour mesurer le varus. On élimine ainsi la laxité ligamentaire qui risquerait de faire surestimer le varus à corriger [Ogata (12)] mais dont on doit pourtant tenir le plus grand compte. On risque de mésestimer aussi l'usure et le pincement de l'interligne. Rudan et al. [13] dans une série de 79 ostéotomies, pensent que des erreurs intervenues la correction, proviennent des variations de l'angle entre axe mécanique et axe anatomique. Il y aurait selon eux des risques d'hypercorrection quand le fémur distal est en valgus et des risques d'hypocorrection quand le fémur distal est en varus. Leur conclusion est qu'il faut faire des goniométries et mesurer le valgus ou le varus en tenant compte de l'angle HKA défini précédemment, comme nous le faisons en Europe.

D'autres sources d'erreur existent, liées au positionnement du genou par rapport à la plaque (Cooke [14]). Il faut idéalement que la plaque soit perpendiculaire au plan de flexion du genou mais lorsque le membre est en extension, les repères sont aléatoires et variables selon que l'on choisit l'une des quatre positions suivantes ; position pieds parallèles, pieds perpendiculaires au plan du film, ou rotule dans le plan frontal, ou encore pieds placés en

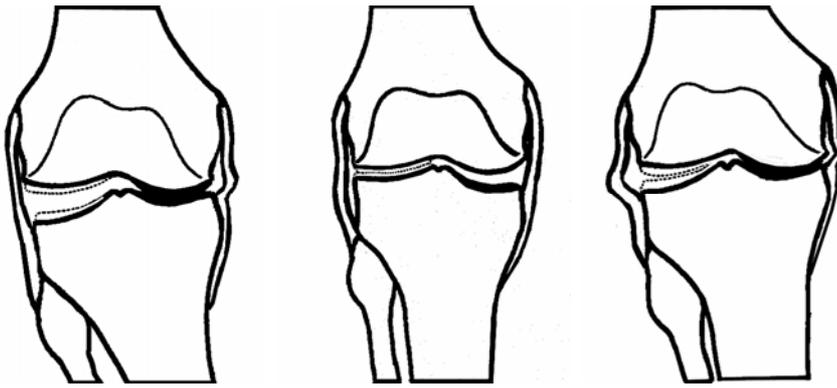


Fig. 2. – Arthrose et laxité. A : Laxité interne par détente liée à l'usure du cartilage interne, sans distension externe. B : Bâillement interne en valgus forcé. C : Laxité externe mais sans décompensation en appui bipodal.

tenant compte de l'angle du pas. Toute rotation risque de modifier l'angle mesuré.

Whriht et al. [15] ont montré qu'une rotation interne ou externe de  $10^\circ$  ne modifie pas de manière significative l'angle tibio-fémoral lorsque le genou est normalement axé et en extension complète. Il en est de même pour  $20^\circ$  de rotation. Une rotation de  $40^\circ$  ne modifierait que de  $1^\circ$  l'angle entre l'axe mécanique et l'axe anatomique du fémur. Pour Swanson et al. [16], une rotation externe de  $20^\circ$  sur un membre normo-axé diminue l'angle tibio-fémoral de  $2^\circ$  (axe anatomique du fémur et axe mécanique du tibia) mais la rotation interne ne le change. En cas de valgus de  $9^\circ$ , une rotation externe de  $20^\circ$  diminue l'angle fémoro-tibial de  $5^\circ$  et une rotation interne de  $20^\circ$  l'augmente de  $3^\circ$ . En cas de varus de  $15^\circ$ , une rotation interne de  $20^\circ$  diminue le varus de  $3^\circ$  mais la rotation externe ne change rien. En présence d'un flexum, la rotation peut modifier l'axe fémoro-tibial jusqu'à  $6^\circ$  (Wright [15]).

Certains auteurs utilisent la méthode du profil vrai avec superposition des condyles grâce à un contrôle radioscopique et font tourner la source de rayons X de  $90^\circ$  pour être de face. Cette méthode est d'utilisation difficile en pratique. On peut lui reprocher le fait que le profil vrai du fémur ne correspond pas au profil vrai du tibia car il y a une rotation fémoro-tibiale en extension de  $0$  à  $8^\circ$  sur des genoux normaux (moyenne  $3^\circ$ ) (Lerat [17]) et qu'elle est majorée dès qu'il existe une cupule tibiale et une laxité externe. Il apparaît une rotation externe du tibia sous le fémur lors de l'évolution des gonarthroses en varus, car l'usure du plateau tibial médial se fait le plus souvent en arrière, avec apparition d'une cupule dans laquelle plonge le condyle médial.

Le pied peut être dévié ou déformé, surtout dans les déformations angulaires importantes en valgus ou en varus et il importe de raisonner alors non plus sur le milieu de la cheville, mais plutôt sur le milieu du calcaneum ou de l'empreinte plantaire, par où passe l'axe gravitaire, comme l'ont judicieusement noté Blaimont [1] et Teinturier [18]. Dans le même ordre d'idée, il faut tenir compte de l'angle du pas qui peut augmenter ou diminuer le moment d'adduction des genoux.

L'étude du plan horizontal dans la gonarthrose est rarement abordée dans la littérature. Nous avons conduit une étude non publiée (Communication Congrès de Montpellier 4-6 Juin 1987 « La gonarthrose ») qui avait montré que sur 30 gonarthroses internes sur genu varum ayant eu

des mesures des torsions osseuses par scanner, il n'y avait pas de morphotype particulier favorisant l'arthrose. En effet, il y avait des valeurs de torsions osseuses moyennes comparables à un groupe de sujets normaux et les valeurs étaient très dispersées. L'étude de Duparc [19] confirme ces notions. Il y a certainement plus de contraintes lorsque les torsions fémorales et tibiales sont fortes, mais ces morphotypes ne sont pas plus fréquents que dans une population normale et ce n'est donc pas un facteur déterminant de la gonarthrose. Il ne faut pas pour autant négliger le plan horizontal lors de l'examen et l'on doit noter les amplitudes de rotation des hanches, évaluer la torsion tibiale ainsi que la détorsion sous-malléolaire et noter l'angle du pas. Il y a de rares cas où une correction du plan horizontal par l'ostéotomie est indiquée (Lerat [17]).

L'existence d'une laxité crée des problèmes pour la goniométrie, pour le calcul de la correction chirurgicale et pour le pronostic. La laxité du compartiment usé est une laxité liée à la perte de substance cartilagineuse puis osseuse, c'est une laxité d'usure. Quand la déformation s'accroît, apparaît alors une laxité dans la convexité qui est une laxité de distension. Cette laxité est visible à la marche, lors de l'appui monopodal et l'on parle alors de décompensation (fig. 2).

Pour les genoux qui présentent une laxité, il semble intéressant de réaliser des clichés en position forcée pour mesurer la participation du bâillement dans la déviation globale. Dans l'arthrose fémoro-tibiale médiale le cliché en valgus forcé montre la laxité de la concavité et le varus forcé montre l'importance de la cupule et la laxité de la convexité. Si l'on fait une ostéotomie insuffisante alors qu'il existe une laxité externe, on voit le varus se reconstituer. La limite de correction est difficile à trouver car une hypercorrection importante pourrait probablement mettre à l'abri de cette contrainte en varus, surtout en cas de surcharge pondérale, mais elle serait mal vécue par les patients car incompatible avec une marche normale et l'on assisterait de plus à une usure du compartiment externe, comme cela a malheureusement été démontré en pratique dans de nombreux cas opérés ainsi. En cas de genu varum, la laxité externe risque de conduire à une hypo-correction. Pour Blaimont [1] la laxité latérale n'existe que lorsque le hauban latéral est défaillant et il propose d'évaluer le hauban avec un test préopératoire en décubitus latéral, avec une charge appliquée sur la cheville en contraction musculaire et le bâillement de l'interligne doit être supprimé. Cela permet le calcul du moment gravitaire (P.A) et la force d'équilibration (M) et il

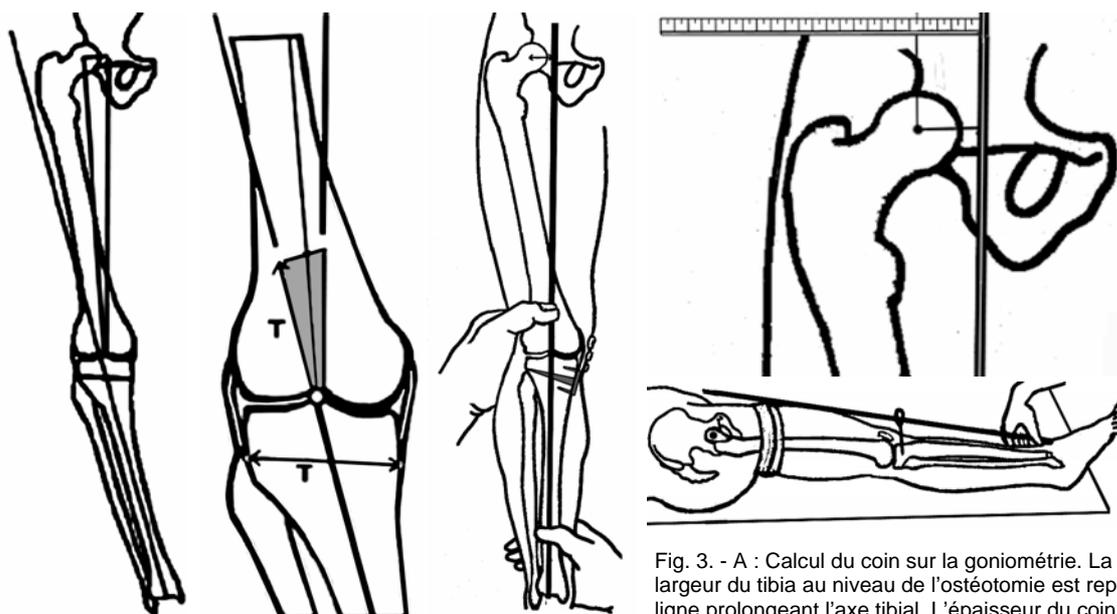


Fig. 3. - A : Calcul du coin sur la goniométrie. La mesure T de la largeur du tibia au niveau de l'ostéotomie est reportée sur la ligne prolongeant l'axe tibial. L'épaisseur du coin est la distance à cet endroit, entre cet axe et le futur axe. B : Contrôle de la correction pendant l'opération. Le prolongement de l'axe du tibia, qui est matérialisé par une tige métallique jusqu'à la hanche, est visualisé sous radioscopie. La tige est maintenue au centre de la cheville et au centre du genou avec les pouces. B : On peut tenir la tige au centre du genou ou C : utiliser un poinçon planté sous le centre des épines iliales. Une correction en valgus de 3 degrés correspond à une distance de 21 à 24 mm en dedans du centre de la tête fémorale. Toute correction supplémentaire (ou inférieure) d'un degré correspond à 7 à 8 mm en plus ou en moins. On peut simuler une situation se rapprochant de l'appui lors de la marche, en imprimant des contraintes en varus et ainsi vérifier que la tige reste située dans la fourchette de la correction souhaitée.

faut simplement déduire de l'équation  $P.A = M.B$  la valeur de B qui indique en centimètres le point où devra passer l'axe gravitaire après l'ostéotomie, par rapport au point d'application du hauban. Le réaligement est plus fonctionnel qu'anatomique. Pour Blaimont [1] « Hypervalgiser revient à placer le genou plus près de la ligne gravitaire au cours de l'appui monopodal, donc à diminuer le moment gravitaire donc la puissance musculaire nécessaire à l'équilibre articulaire ». Pour Thomine [1], tout est basé sur le calcul de l'écart varisant qui est la distance entre le centre du genou et la verticale abaissée, en appui unipodal, entre le centre gravitaire et le centre de l'appui plantaire. L'écart varisant global comprend l'écart varisant extrinsèque et l'écart varisant intrinsèque qui est positif en cas de varus et qui est négatif en cas de genu valgum. L'écart varisant extrinsèque dépend de la morphologie et il varie avec la longueur des membres, la largeur du bassin, la coxa vara ou valga, l'angle du pas. Le calcul du moment varisant est possible en multipliant le poids du corps par l'écart varisant global. Le but de l'ostéotomie est de le ramener au-dessous de 200 kg/cm. On obtient par le calcul l'écart varisant correspondant. Le nouvel emplacement du centre du genou détermine la ligne gravitaire. L'angle entre l'axe tibial initial et l'axe tibial obtenu graphiquement indique la correction nécessaire. Les imprécisions sur les mesures d'axes rendent le calcul de la correction difficile et certains auteurs ont essayé de s'aider d'un programme informatique.

Mais il ne suffit pas de savoir quelle est la correction à faire, encore faut-il pouvoir la réaliser et avoir les moyens de la contrôler pendant l'opération. Cela n'est pas aisé et tous les chirurgiens butent sur ce problème car la prise en compte de la laxité peut aboutir à des erreurs de correction, les repères anatomiques sont discutables et surtout ils sont difficiles à retrouver pendant l'intervention.

### Comment réaliser avec précision la correction qui a été planifiée ?

Certains auteurs plaident pour une planification avec des systèmes complexes voire des logiciels et, pendant l'opé-

ration, ils utilisent des systèmes sophistiqués de visée et de coupe avec des ostéosynthèses par plaque interne ou par fixateur externe et l'utilisation de radiographies répétées, alors que d'autres auteurs sont en faveur d'une mesure plus grossière et d'une ostéosynthèse légère avec une protection par un plâtre. La plupart insistent sur les nombreuses causes d'erreurs possibles, autant dans la planification que dans la réalisation de l'ostéotomie.

Une première cause d'erreur existe du fait que l'ostéotomie est réalisée quelques centimètres en dessous du centre du genou. Le calcul montre que la différence entre l'angle théorique et la correction peut être de 1,3 à 2,6 degrés pour un varus allant de 12° à 25° (Descamps [1]). Toutes les ostéotomies sont exposées à cette cause d'erreur sauf l'ostéotomie en dôme car le centre de rotation de l'ostéotomie est au centre du genou (Paley [20]).

Quand on opte pour une ostéotomie de soustraction ou d'addition, une démarche simple est de transformer l'angle de la correction qui a été calculé sur la goniométrie en une épaisseur de coin à retirer ou à ajouter. Pour cela il faut tracer sur la radio un trait au niveau exact où l'on fera l'ostéotomie et mesurer la largeur du tibia à cet endroit. Une condition essentielle pour que l'ostéotomie réalisée corresponde à la prévision est que le trait de scie soit situé exactement à l'endroit prévu et il faut que la charnière soit située précisément sur la corticale. Pour faire le calcul du coin, Slocum, Larson et James [21] conseillaient de reporter la largeur de l'os sur un triangle

rectangle dont un côté gradué en millimètres permet de déduire la hauteur du coin en fonction de l'angle (Goutallier [22] Langlais et Thomazeau [23, 24]).

Nous conseillons de procéder de la manière suivante. Nous traçons sur la goniométrie l'axe mécanique du fémur et l'axe du tibia prolongé jusqu'à la hanche. Nous reportons la distance correspondant à la largeur du tibia, à partir de l'intersection des lignes marquant les axes du tibia et du fémur. Nous traçons ensuite la ligne perpendiculaire à l'axe du fémur qui dessine avec les 2 axes un coin qui correspondrait à une normo-correction. Si l'on souhaite une hypercorrection de 3, 4 ou 5 degrés, on trace une ligne, allant du centre du genou à un point situé en dedans du centre de la tête fémorale correspondant à l'angle désiré (ce qui correspond en pratique à 21 mm, 28 mm ou à 35 mm respectivement). En effet, au niveau de l'horizontale joignant les centres des hanches, chaque degré de valgus correspond à 7 ou 8 mm vers l'intérieur (fig. 3). L'épaisseur du coin correspondant à l'hypercorrection est calculée de la même façon que précédemment. On connaît ainsi la hauteur du coin nécessaire pour réaliser une normo-correction ou pour réaliser une hypercorrection. Cette première démarche très simple a le mérite d'apprendre aux jeunes opérateurs à transformer des degrés en millimètres, ce qui est beaucoup plus concret en pratique et à raisonner sur le prolongement de l'axe du tibia à la hanche. On pourra contrôler la correction pendant l'opération en raisonnant toujours sur le prolongement de l'axe du tibia en face de la hanche. En utilisant, comme le conseillait Blaimont [1], une longue tige métallique posée sur le centre de la cheville et sur le centre du genou, on dispose d'un procédé de contrôle permanent pendant l'opération. L'utilisation de la radioscopie assure que l'axe du tibia matérialisé par la tige métallique se projette bien en dedans du centre de la hanche de la valeur voulue. On mesure avec une règle la distance précisément. Blaimont [1] conseille de faire aussi les tests de valgus et de varus du genou avec la tige en place, on peut prévoir ainsi où passera cet axe lorsque le patient sera en position d'appui. Pour cette manœuvre, les deux mains de l'opérateur tiennent la cheville et le genou et les deux pouces maintiennent la tige en place. Il est utile de placer

un petit poinçon au centre de l'épiphyse tibiale sous le massif des épines et de faire passer la tige à travers son anneau ce qui garantit la stabilité de la tige au centre du genou.

Cette méthode est précieuse, mais elle n'est pas totalement exempte d'erreurs car la tige n'est pas parallèle au plan des trois centres articulaires. En effet, si la tige est bien appliquée sur la cheville et sur le genou, elle est toujours un peu à distance de la tête fémorale. Une erreur de balayage est possible et elle dépend de la distance entre la tige et le centre de la tête ainsi que de la rotation du membre et de la verticalité parfaite du rayon. L'épaisseur du garrot à la racine de la cuisse augmente encore le phénomène.

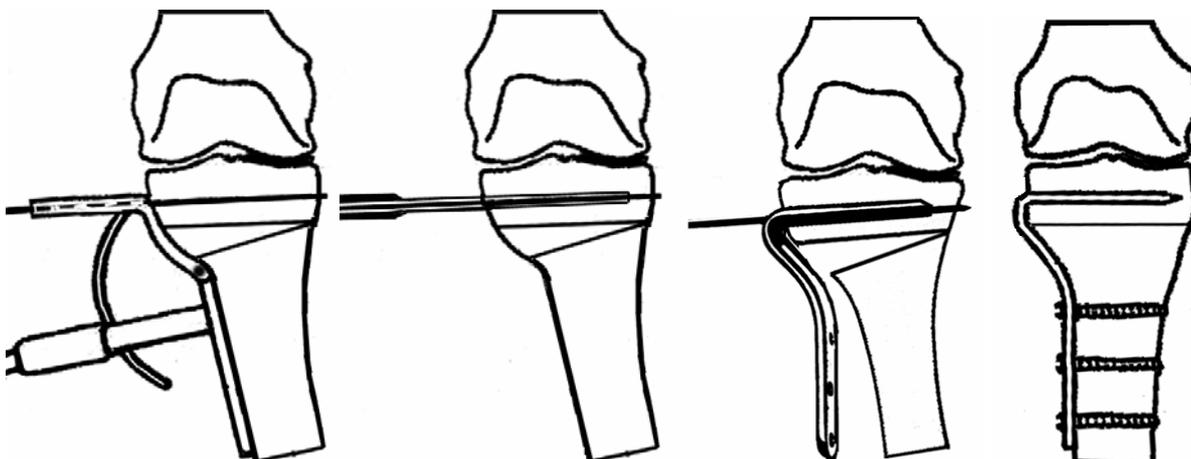
Malgré ces petites causes d'erreurs, la méthode de contrôle opératoire de l'axe avec une tige métallique est précieuse et elle complète bien les mesures radiographiques faites avant l'opération. Goutallier [1, 22] conseille de refaire une nouvelle radio du tibia de face après introduction du coin et de refaire la mesure précise de l'angle obtenu entre l'interligne et la diaphyse. La chirurgie assistée par ordinateur permettra sans doute d'augmenter la précision.

### La précision de la correction dépend de la technique chirurgicale.

L'utilisation de broches que l'on place de part et d'autre du foyer d'ostéotomie avec un viseur et deux canons guides est une méthode très répandue. À la fin de l'opération, les deux broches doivent être parallèles. C'est le principe utilisé par Maquet [1] dans sa pratique de l'ostéotomie curviplane. Nombreux sont les systèmes intégrant un gabarit de coupe avec des broches pour réaliser des ostéotomies cunéiformes de soustraction. Le matériel d'ostéosynthèse peut aussi s'intégrer dans le système et certaines lame-plaques sont guidées par une broche.

La correction est dite automatique car elle dépend uniquement de la modification angulaire de deux zones situées de part et d'autre du trait d'ostéotomie (Descamps et al.[1]), Langlais et Thomazeau [23, 24], sans influence de la laxité ni de l'axe du membre, tout est supposé avoir

Fig. 4. – A : Principe de la visée et de la coupe automatique selon Descamps avec le viseur appliqué sur la corticale et réglé. B : coupe et préparation de la place de la lame. C : mise en place de la plaque « col-de-cygne ». D : Fermeture de l'ostéotomie et mise en place des vis.



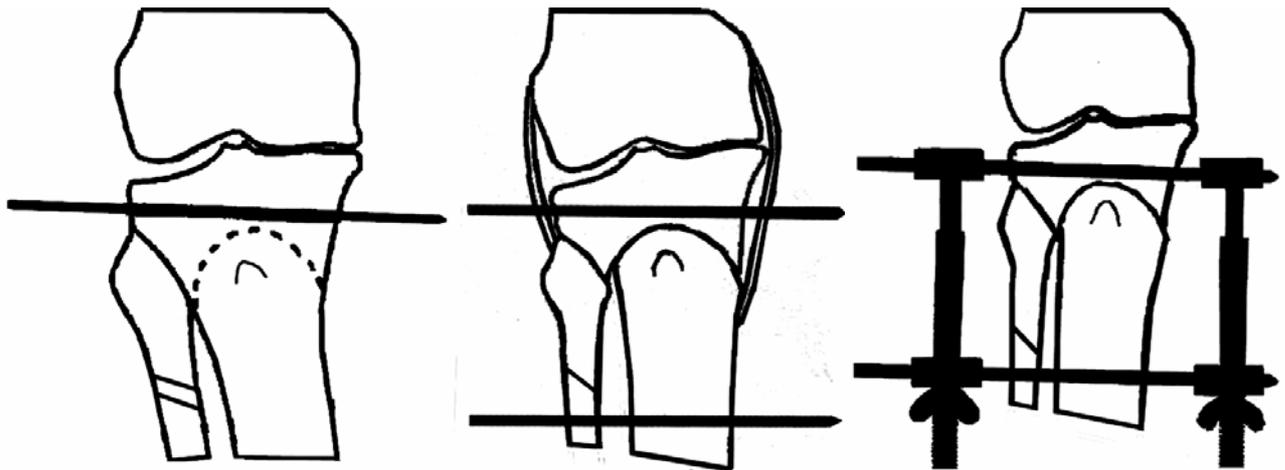


Fig. 5. – Ostéotomie curviplane de Blaimont. A : Une broche est placée perpendiculairement au futur axe mécanique. B : l'ostéotomie curviplane est pratiquée avec une succession de traits fins réalisés avec des ciseaux minces et étroits et l'ostéotomie du péroné est bas située. C : Une deuxième broche est mise en place dans la diaphyse Parallèlement à la première, puis mise en compression du foyer avec un fixateur en cadre de Charnley.

été calculé (fig.4). La parallélisation des broches en principe devrait être obtenue, mais Langlais et Thomazeau [23, 24] conseillent de faire une radiographie pour vérifier la charnière.

Comment tenir compte de la surcharge pondérale dans le calcul de l'hypercorrection ? L'idéal serait de réduire systématiquement la surcharge, mais pour avoir milité pendant des années pour une diminution à tout prix du poids avant l'intervention et avoir eu de trop rares succès (succès éphémères remis en question dès la période opératoire passée), il nous est apparu que faute de recuser la majorité des patients, il fallait opérer quand même et essayer de compenser par une hypercorrection dans l'ostéotomie. C'est un facteur supplémentaire de l'équation.

### Principes généraux

Sur la table d'opération, le membre est en position étendue et le genou doit pouvoir fléchir à 90°. L'utilisation d'un cale-pied permet facilement le passage d'une position à l'autre. Le garrot est utilisé par la plupart des auteurs et ceux qui ne l'utilisent pas n'ont pas fait la preuve d'un nombre moins élevé de complications. La durée moyenne d'une ostéotomie étant de 15 à 30 minutes, il n'y a pas de complication pour des durées de cet ordre.

La correction des genu varum au niveau du tibia est logique puisque la déformation siège dans le tibia, pour la presque totalité des cas. Le niveau des ostéotomies tibiales est métaphysaire supra-tubérositaire. L'incision est verticale pour la majorité des auteurs qui estiment devoir utiliser le même abord pour une arthroplastie ultérieure. Les incisions horizontales latéralisées facilitent l'abord simultané du tibia et du col du péroné dans les ostéotomies de fermeture externe, mais elles exposent à des complications cutanées en cas de chirurgie itérative par une cicatrice croisant la première.

### Ostéotomie tibiale curviplane

En 1961, Jackson et Waugh [10] ont décrit les premiers une ostéotomie en dôme de la métaphyse supérieure du tibia à concavité supérieure et passant sous la tubérosité tibiale. Blaimont [1] a décrit l'ostéotomie curviplane,

popularisée par Maquet [1] qui y a ajouté, en outre, la translation antérieure du tibia distal, afin de diminuer les contraintes patellaires. De nombreux auteurs ont publié leurs résultats : Hsu [25] Lang [1] Lemaire [1], Paley [20,26], Prodromos, Andriacchi et Galante [27] Sundaram [28], Waugh [1], Wada [29] Weill [1].

- L'ostéotomie de Blaimont est fixée par un fixateur en cadre de Charnley et elle débute par la mise en place d'une broche de Steinmann à 15 mm de l'interligne articulaire perpendiculairement au futur axe mécanique du membre. Une autre broche sera placée dans la diaphyse parallèlement à la première, mais après que l'ostéotomie ait été faite et la correction vérifiée sous scolie (fig.5). La deuxième broche peut être placée par rapport à la première, avant l'ostéotomie, avec un angle correspondant à la correction angulaire prévue par le calcul. L'ostéotomie du péroné est faite par les promoteurs de la méthode avec une deuxième incision à l'union du tiers moyen et du tiers supérieur. Le trait est oblique ce qui permet un chevauchement. Par une incision antérieure, on aborde le tendon rotulien qui est dégagé pour permettre le tracé de l'ostéotomie en arrière de lui et de chaque côté. Les faces médiale et latérale du tibia sont ruginées sur 3 ou 4 cm. Le trait peut être préparé par des trous faits avec une mèche en utilisant un guide dont la courbure est adéquate et que l'on place en arrière du tendon rotulien et contre le tibia. L'ostéotomie est réalisée avec des ciseaux fins et minces qui délimitent une série de traits qui se rejoignent. Lorsque l'ostéotomie est complète, le tibia peut tourner et lorsque les deux broches sont parallèles, un fixateur de Charnley est installé en compression. On peut faire avancer le fragment distal pour créer un avancement de la tubérosité (Maquet [1]). Pour notre part, nous faisons une ostéotomie au niveau du col du péroné par la même incision verticale antérieure que celle qui est utilisée pour l'ostéotomie du tibia. La hauteur de la résection du col a été préalablement calculée sur des calques faits à partir de la radiographie préopératoire. Le papier est découpé en suivant la ligne curviplane tracée et la rotation du tibia est simulée jusqu'à la correction souhaitée. On mesure alors le chevauchement des deux fragments du péroné ce qui



Fig. 6. – A : Ostéotomie curviplane avec une plaque « col de cygne » et une ostéotomie de péroné au niveau du col. B : l'ostéotomie peut être réalisée aussi au tiers moyen.

indique la résection à faire. La résection du péroné est moins importante dans les ostéotomies curviplanes que dans les ostéotomies cunéiformes de soustraction où la résection est de l'ordre de 11 mm pour 10° de correction, ce qui n'est d'ailleurs pas sans danger pour le nerf péronier (surtout dans les déviations supérieures à 10°). On constate que dans le cas d'une curviplane la résection est moindre.

- Le fixateur en cadre de Charnley est utilisé par Blaimont [1] et par Maquet [1] avec comme avantage la possibilité de modifier le réglage de la correction en cas de défaut, ou en cas de déplacement, sans avoir à réintervenir. L'appui partiel est repris après 3 à 5 jours parfois 2 à 3 semaines. L'ablation du fixateur est faite après 4 à 6 semaines et les cannes sont utilisées pendant 10 semaines. L'ostéotomie est parfois plus distale (Jackson et Waugh [10], Paley [20,26]), mais avec l'inconvénient de consolider plus lentement et de créer une déformation. D'autres fixateurs externes ont été utilisés : Le fixateur « Orthofix » (Wada [29]), le fixateur monoplan externe « goniometric CH-N » qui est utilisé aussi bien pour les ostéotomies curviplanes que pour les fermetures par Christodoulou et al.[30]. Pour 86 genoux, ces auteurs ont obtenu un valgus postopératoire moyen de  $4 \pm 2^\circ$  et il y a eu une seule pseudarthrose. Nous avons fixé nos curviplanes avec des agrafes ou mieux avec une plaque « col-de-cygne » dans 53 cas (fig.6)

- Les inconvénients de l'ostéotomie curviplane sont : une ostéotomie du péroné par une incision différente, une technique un peu complexe, la présence d'un fixateur et la présence de 6 incisions au voisinage de l'articulation. Lors de corrections angulaires importantes, on est limité par la tension du ligament interne que l'on doit alors désinsérer, ce qui fait perdre de la stabilité.

- Les complications sont : la perte angulaire après l'ablation du cadre, 12 sur 38 cas (27,9 %) pour Aydogdu et Sur [31] et 2 degrés pour Chritodoulou [30]. Les infections sur broches, toujours résolutes après ablation et traitement antibiotique, représentent la complication la plus fréquente : 1,6 % pour Aydogdu et Sur [31], 1,5 % sur 201 ostéotomies pour Lemaire [1], 1,5 % sur 371 cas pour Weill [1] et 7 % sur 86 cas pour Chritodoulou [30].

Il y a des paresthésies du nerf sciatique poplité externe : 10 % pour Aydogdu et Sur [31], 6 % pour Chritodoulou [30] et 3,5 % pour Weill [1]. Il y a 5 % de pseudarthroses pour Aydogdu et Sur [31]. Hsu [25], déplore 33 % de complications en tout : infections, paralysies et pertes angulaires.

- Les avantages de l'ostéotomie curviplane avec fixateur en cadre sont le réajustement secondaire possible de la correction et la mise en compression du foyer d'ostéotomie. L'ablation des broches est simple, sans nécessiter une anesthésie. La mobilisation est précoce, de même que l'appui pour certains opérateurs. Il n'y a pas de raccourcissement du membre. La consolidation est rapide. La résection du péroné est minime. L'incision médiane ne complique pas une arthroplastie ultérieure. Les conditions sont favorables à l'arthrose fémoro-patellaire puisqu'on médialise automatiquement la tubérosité tibiale et qu'un avancement est possible (Maquet [1]). Les douleurs fémoro-patellaires diminuent de 70 % à 23 % pour Aydogdu et Sur [31]. L'ostéotomie curviplane est la seule technique qui permette des corrections importantes (Blaimont [1], Thomine [1]) mais elle exclut toute correction en rotation. Par contre elle permet de corriger un excès de la pente tibiale comme dans la maladie de Paget (fig.9) où il existe des courbures tibiales importantes associées à des déformations en varus (Gabel et Rand [32]).

Maquet [1] a bien montré que l'ostéotomie curviplane peut corriger des déformations importantes puisque 88 sur 296 ostéotomies pratiquées entre 1985 et 1995 avaient des genu varum de plus de 20° (20 à 32°). Pour Prodromos, Andriacchi et Galante [27], la perte angulaire était de 4,8° pendant les 3 premières années. (valgus seulement de 1,8°). Pour Wada [29], qui utilisait un fixateur Orthofix, l'hypercorrection était de 5° à 6° et la perte angulaire était de 1,4° entre 6 mois et 6 ans.

### Les ostéotomies tibiales cunéiformes de fermeture externe

À la suite de Garipey [33], qui fit ses premières ostéotomies en 1957 (avec résection de la tête du péroné) et de Coventry en 1965 [1, 34], de nombreux auteurs ont adopté la technique de soustraction externe (Aglietti et Rino-

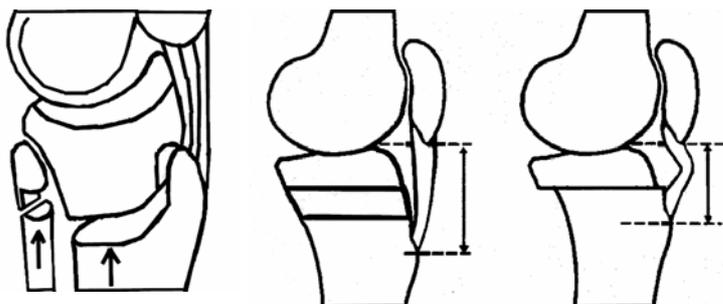


Fig. 7 – A : L'ostéotomie tibiale peut être réalisée en dessous du tendon rotulien. Une ostéotomie verticale frontale derrière la tubérosité tibiale permet l'ascension du segment distal. Au niveau du péroné, on réalise aussi un chevauchement des fragments. B : Toute ostéotomie de fermeture située au-dessus de la tubérosité tibiale détend le tendon rotulien.

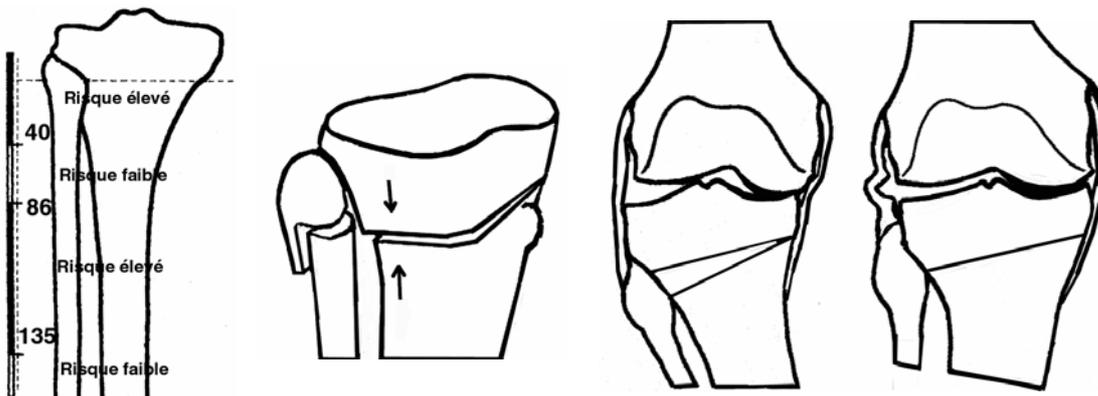


Fig. 8. – A : L'ostéotomie du péroné présente des niveaux de risques élevés ou faibles en fonction de la situation du trait (Kirgis). B : Ostéotomie au col du péroné avec une bonne stabilité grâce à un trait oblique en haut et en dedans et à la conservation de la corticale du fragment proximal. C : La désarticulation péronéo-tibiale supérieure a l'inconvénient de détendre le ligament latéral et le tendon du biceps qui sont des éléments importants dans le contrôle du varus.

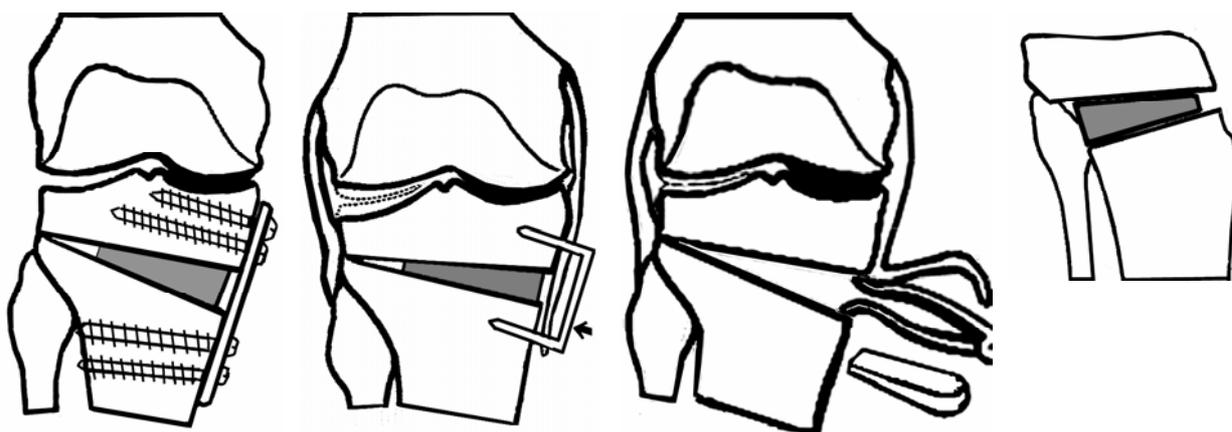


Fig. 9. - A : L'ostéotomie tibiale d'ouverture interne est supra-tubérositaire. Le ligament interne distal est détaché et il sera remplacé et suturé après introduction du greffon (B) (autogreffe, allogreffe ou substitut osseux). C : L'ostéosynthèse est faite avec des agrafes ou avec une plaque vissée. D : Il est possible de diminuer la pente tibiale en cas de défaut d'extension. C'est la partie postérieure du greffon, la plus épaisse, qui correspond à l'ouverture calculée sur la goniométrie.

napoli [35], Bauer et Insall [36], Descamps [1] et Schuster [37], Insall [1,36], Jackson [10], Judet [7], Lootvoet, [38], Holden et al. [39], Tjornstrand [1], Torgenson [1], Vanionpaa [1]).

L'incision est longitudinale antéro-latérale ou transversale. Il faut désinsérer l'aponévrose et les muscles. L'ostéotomie se situe au-dessus de l'insertion du tendon rotulien et doit ménager un fragment épiphysaire le plus volumineux possible, afin de préserver la vascularisation et de permettre une ostéosynthèse solide (fig.4). Le premier trait passe juste au-dessus de la tubérosité tibiale, les deux traits sont obliques en haut et en dedans et ils doivent converger exactement sur la corticale médiale. L'os enlevé pourra servir de greffon que l'on disposera autour du foyer, de part et d'autre du matériel d'ostéosynthèse. La situation du point de convergence est très importante car il doit y avoir à ce niveau une charnière ligamentaire solide et stable. Ce point doit se situer entre 15 et 20 mm de l'interligne articulaire. Il ne doit pas y avoir de fragilisation des fibres ligamentaires internes avec la scie oscillante ou avec l'ostéotome, ce qui entraînerait une hypercorrection par bâillement et il ne doit pas y avoir, non plus, une convergence des traits en dedans de la corticale, ce qui entraînerait lors de la mise en contact une fracture de la corticale et une valgisation plus importante que celle qui était voulue. En effet, pour une épaisseur donnée du coin, l'angle obtenu est plus important si la charnière est proche de la base du triangle que si elle en est éloignée. La correction dépend autant de la hauteur du coin que de sa longueur, comme l'avait bien montré Slocum [21]. La planification doit tenir un compte exact de ces paramètres. Un contrôle radioscopique au cours de ce geste assure de la bonne orientation et de la bonne situation du trait.

Certains opérateurs (Jakob et Murphy [40] et Hutchinson et al. [41]) réalisent l'ostéotomie en dessous de l'insertion du tendon rotulien (fig.7). Pour cela, ils font une première ostéotomie frontale de la tubérosité tibiale sur une hauteur de 10 à 15 mm et lorsque la résection du coin osseux est faite, la tubérosité remonte en avant du fragment proximal. Cela permet de faire des corrections plus importantes pour des coins moins larges.

L'utilisation de broches guides peut apporter une précision supplémentaire. On met en place 2 broches dans les deux fragments avec un angle correspondant à la correction à réaliser. Le but est qu'elles soient parallèles entre elles à la fin du montage. Dans la plupart des multiples systèmes proposés, les broches sont utilisées avec des viseurs ce qui constitue une aide non négligeable à l'opération. La plupart d'entre eux affichent des graduations de degré en degré et non plus de 5 en 5 degrés comme initialement. La réalisation des coupes en appliquant la lame de scie oscillante contre des broches dépend de la précision de leur positionnement et surtout de leur point de croisement dans la corticale. Si par erreur, ce croisement est à l'extérieur ou à l'intérieur de la corticale, cela risque de provoquer une hypocorrection dans le premier cas et une hypercorrection avec rupture de la charnière dans le deuxième cas. Des systèmes permettent de guider la scie oscillante dans les fentes d'un guide, ce qui apporte une plus grande précision (Hofman [42]).

- Le choix du niveau de l'ostéotomie du péroné n'est pas anodin. L'ostéotomie au niveau du col avec la mise au contact des deux tranches de section du péroné est mécaniquement une bonne chose, car la compression est un facteur de consolidation de même que le rétablissement du cadre tibio-péronier est un facteur de stabilité. L'inconvénient est la proximité du nerf péronier et du carrefour artério-veineux. L'ostéotomie du péroné au niveau diaphysaire est pratiquée par les opérateurs soucieux d'éviter les complications nerveuses, mais la stabilité du péroné est alors nulle et cela oblige de plus à faire une deuxième voie d'abord. La plupart des auteurs font une ostéotomie oblique qui permet aux deux fragments de glisser l'un sur l'autre automatiquement en fonction de l'ostéotomie du tibia. Il en résulte une consolidation inconstante du péroné avec parfois la persistance de douleurs à ce niveau. On voit régulièrement des consolidations avec une angulation des fragments du péroné dont le sommet a tendance à rejoindre le tibia, avec le classique aspect des deux os en forme de K. Il faut ajouter que l'on rencontre parfois des complications nerveuses alors que l'on souhaitait pourtant les éviter en choisissant de faire une ostéotomie du péroné à ce niveau. Certains font l'ostéotomie au tiers supérieur/tiers moyen. Kirgis [43] a délimité plusieurs zones à risque élevé et à risque faible (fig.8). Aucune méthode ne permet d'éviter complètement les lésions nerveuses qui existent dans toutes les séries importantes de la littérature. Après avoir essayé toutes ces solutions, nous préférons réaliser l'ostéotomie au niveau du col du péroné en l'abordant par la même incision que le tibia. L'incision de l'aponévrose sur le rebord du tibia se poursuit jusqu'à la tête du péroné. Le col est doucement ruginé du haut en bas jusqu'à ce qu'apparaisse le nerf dans son atmosphère graisseuse. Le nerf est libéré par section de l'aponévrose sur toute la face externe du col et il est protégé pendant toute la phase de section du péroné. Nous utilisons une très petite lame de scie oscillante en faisant deux traits parallèles qui délimitent une hauteur de péroné correspondant à la hauteur du coin prévu pour le tibia. On garde toute la corticale postérieure intacte et l'on enlève le fragment de col avec une petite pince gouge, puis on coupe cette corticale à la scie oscillante en bas. On ménage ainsi une butée postérieure dépendant de la tête et cet artifice stabilise la diaphyse en l'empêchant de se déplacer vers l'arrière. Les traits étant légèrement obliques en haut et en dedans, le fragment diaphysaire ne pourra se déplacer à l'extérieur et venir refouler le nerf. L'ostéotomie du tibia est réalisée ensuite, le coin osseux est extrait et les surfaces du tibia et du péroné viennent alors en contact. On peut améliorer encore l'impaction du péroné dans le fragment proximal en creusant légèrement ce dernier.

- Certains auteurs ont proposé une arthrolyse de l'articulation péronéo-tibiale supérieure (Insall [1,44], Aglietti et Rinonapoli [35], Lootvoet, [38]), mais l'ascension de la tête du péroné au niveau de l'interligne fémoro-tibial peut provoquer une gêne et cela empêche de faire des valgisations importantes. Par ailleurs, les inconvénients de la détente du ligament externe d'une part et du biceps qui est un des muscles stabilisateurs principaux du varus, d'autre part, existent probablement mais ils n'ont pas été

étudiés par ces auteurs. Coventry [1,34] proposait de ré-sequer une partie ou la totalité de la tête du péroné, mais il a été heureusement peu imité.

- L'ostéosynthèse du tibia est faite avec des agrafes ou avec une plaque vissée. Certains opérateurs utilisent des agrafes élargies que l'on peut visser. Les lame-plaques à angle fixe qui sont supposées donner une correction automatique n'offrent pas une fiabilité suffisante et nous ne les utilisons plus, tout comme Lemaire [1]. Ces inconvénients ont été bien décrits par Langlais et Thomazeau [23,24]. De nombreux types de lame-plaques existent aussi, dont la plaque « col de cygne » de Descamps ou celle de l'AO. Elles existent avec diverses angulations et longueurs. La mise en compression est possible. Il y a aujourd'hui des modèles de lames (Miniacci, Ballmer et Jakob [45]) qui sont introduites dans l'épiphyse avec un matériel ancillaire spécial et dont l'extrémité peut recevoir deux vis obliques pour la diaphyse en fixant le valgus en compression. Certains auteurs jugent le montage suffisamment stable pour autoriser l'appui, mais le plus souvent le montage est protégé par une attelle plâtrée ou en résine, avec une mobilisation passive précoce. L'appui est autorisé progressivement à partir de la sixième semaine. Certains auteurs comme Insall [1,44] et Aglietti et Rinonapoli [35] ne font pas d'ostéosynthèse et mettent en place un plâtre cylindrique pendant 50 jours et l'appui est autorisé avec cannes.

- Les avantages de l'ostéotomie de fermeture externe sont : la simplicité de la technique, la correction possible dans plusieurs plans, l'excellent taux de consolidation en raison des larges surfaces d'os spongieux en présence. Les pseudarthroses sont rares, 1,5 % pour Bauer et Insall [36] et 3,5 % pour Tjornstrand [1]. On peut déplacer la tubérosité tibiale en cas d'arthrose fémoro-patellaire associée.

- Les inconvénients de l'ostéotomie de fermeture externe sont représentés surtout par l'obligation de couper le péroné, avec des risques concernant le nerf péronier qu'il faut donc protéger pendant l'ostéotomie elle-même, mais aussi après la correction. Il faudra éviter la compression de ce nerf devenu trop long et ayant peu de place au contact des fragments osseux. Le syndrome des loges est une complication grave mais heureusement rare et dont l'incidence est difficile à chiffrer car peu signalée dans la littérature (3 cas pour 450 ostéotomies curviplanes pour Blaimont [1] et 5 cas sur 327 ostéotomies de fermeture pour Schuster et Abisset [37]). Il y a d'autres inconvénients comme la fragilité du montage obligeant souvent à différer l'appui et le tendon rotulien qui se détend et la rotule qui s'abaisse peut créer de vraies « patella baja » parfois gênantes, surtout en cas de prothèse ultérieure. L'ostéotomie de fermeture peut avoir pour effet d'extérioriser la diaphyse ce qui peut compliquer l'implantation d'une prothèse ultérieure, surtout pour les implants à quille. Si l'ostéotomie est haute, on a moins de risque de déformation par latéralisation du fragment distal, mais on risque d'avoir des fractures articulaires et de plus, le fragment épiphysaire est moins vascularisé ce qui augmente les risques de retard de consolidation et de nécrose. Plus l'ostéotomie est basse plus la consolidation est lente, plus on déforme par latéralisation et translation du tibia et plus

on implique la tubérosité, mais on dispose de plus de place pour un matériel d'ostéosynthèse volumineux et solide. Les limites de l'ostéotomie de fermeture externe sont liées au capital osseux situé au-dessus de la tubérosité tibiale et l'on ne peut pas corriger des déformations majeures. Au-delà de 15° il faut préférer l'ostéotomie curviplane.

### **Les ostéotomies tibiales d'ouverture interne avec comblement**

Ce type d'ostéotomie est peu rapporté dans la littérature (Blanchard [1], Cauchoix et Duparc [9] Debeyre et Artigou [8], Herbert [1], Goutallier [1,22], Hernigou [1,46]).

La voie d'abord est antérieure verticale légèrement médiale pour permettre l'abord de la métaphyse tibiale au-dessus et en dessous de la tubérosité tibiale. Il faut décoller ensemble les tendons de la patte d'oie et le ligament médial, jusqu'à l'extrémité inférieure de son insertion (fig. 9). Il est conseillé d'utiliser une rugine courbe et de poursuivre ce décollement en arrière du tibia pour refouler toutes les parties molles en regard du trait de l'ostéotomie. Ainsi la coupe osseuse avec une scie oscillante ne risquera pas de léser les vaisseaux postérieurs. L'ostéotomie est oblique en haut et en dehors et dans le plan sagittal, le trait est perpendiculaire à l'axe du tibia. La lame de scie doit aller jusqu'à la corticale externe, à 10 ou 12 mm de l'interligne, en préservant les fibres ligamentaires qui serviront de charnière pour l'ouverture. On utilise un ostéotome mince pour terminer la coupe et faire une « clasié » de la corticale et réaliser ainsi une charnière. La préservation de ce point de stabilité est capitale pour la précision de la correction et pour la stabilité secondaire de l'ostéotomie. Il est conseillé de laisser cet ostéotome en place au moment de l'ouverture et de l'utiliser pour soulever l'épiphyse, pendant que l'on écarte le tibia en créant une contrainte en valgus. Cette manœuvre permet d'éviter une fracture verticale du plateau tibial latéral qui représente une complication relativement fréquente.

Avant d'ouvrir l'ostéotomie, il faut absolument sectionner horizontalement les attaches fibreuses et périostées du ligament médial profond préalablement décollé à l'aide d'une rugine, sinon l'ouverture s'avèrera impossible ou insuffisante. Nous vérifions toujours en introduisant des coins d'essai en métal de hauteurs croissantes sans oublier que la scie oscillante a emporté au moins 1 à 2 mm d'os et qu'il faudra augmenter d'autant l'épaisseur du coin. Il faut tenir compte de la forme triangulaire du tibia à la coupe et mettre la partie la plus épaisse du coin à la partie postérieure car les calculs radiographiques ont été faits en tenant compte de la plus grande largeur du tibia correspondant à la partie postérieure de l'os (Hernigou [1]). Il faut penser aussi que les manœuvres d'écartement au moyen des ostéotomes sont susceptibles d'entraîner un tassement de l'os et qu'il en est de même au moment de l'introduction du coin. On contrôle l'axe du membre radioscopiquement. On peut alors introduire un greffon et après mise en place d'une première agrafe, faire un deuxième contrôle radioscopique en mettant en compression l'interligne du genou et en tenant fermement la jambe. Les agrafes sont le plus souvent utilisées. Deux ou trois agrafes larges et pontant solidement le coin sont suffisantes. Ces agrafes doivent être placées parallèle-

ment à l'axe sagittal du tibia et doivent converger vers le centre de l'os. Il est possible de corriger un défaut de la pente tibiale quand elle est trop forte, en mettant un greffon plus mince en avant. Certains auteurs corrigent ainsi un petit flexum (Hernigou et Goutallier [1]).

Le coin peut être une autogreffe prélevée sur la crête iliaque avec l'avantage d'une consolidation rapide, mais avec l'inconvénient de toutes les prises de greffes iliaques (douleurs et nécessité de faire un autre abord). Nous avons utilisé 43 fois des autogreffes sans problème de consolidation. Les allogreffes de tête fémorales congelées ont été utilisées largement et avec succès, avec des coins prédécoupés et qui étaient facilement disponibles à l'époque des banques d'os personnelles et artisanales, mais avec l'inconvénient rédhitoire aujourd'hui, du risque de contamination virale. Nous avons personnellement réalisé ainsi 83 ostéotomies sans aucune pseudarthrose ni heureusement aucune contamination connue (fig. 10). Les substituts osseux sont largement utilisés et il existe de nombreuses présentations de coins prêts à l'emploi. Leur résistance aux chocs est faible et il faut éviter de les casser lors de l'introduction. Leur faible résistance à la compression ne leur permet pas une remise en charge précoce et, comme pour les autogreffes et les allogreffes, il est conseillé de ne reprendre l'appui qu'après 6 semaines et à condition que la radiographie de contrôle ne montre pas d'impaction de l'os ni de signe de mobilité de l'ostéosynthèse. La consolidation intervient d'abord sur la moitié externe où la charnière se comble rapidement et le substitut osseux s'incorpore, mais il reste visible pendant très longtemps sur la radiographie. Nous avons utilisé des coins de phosphate tricalcique avec des agrafes larges dans une série de plus de 900 cas qui sont en cours d'évaluation. L'interposition de ciment a été proposée par Goutallier et Hernigou [22] pour maintenir l'ouverture, couplée à une ostéosynthèse par plaque. Des plaques diverses et variées et plus ou moins rigides existent sur le marché. Certaines disposent même d'une cale métallique intégrée à la plaque.

Les avantages de cette technique d'ouverture interne sont la simplicité, l'absence d'ostéotomie du péroné, l'absence de risque de paralysie et la mobilisation passive précoce du genou.

Les inconvénients sont un allongement du membre, l'abaissement relatif de la rotule, la nécessité d'interposer un greffon qui allonge le temps de consolidation et il y a des pertes angulaires par tassement. L'appui précoce est impossible.

### Les gestes associés aux ostéotomies

Au cours de toutes ces ostéotomies, d'autres gestes peuvent être réalisés comme un simple nettoyage articulaire, une rotation, une extension, une transposition de la tubérosité, une retension ligamentaire périphérique de même qu'une reconstruction du LCA.

L'arthroscopie ou une petite arthrotomie peuvent permettre quelques gestes utiles. Des perforations de type Pridie seraient efficaces d'après Schultz [47] et Akizuki [48] qui auraient constaté par arthroscopie une amélioration du cartilage après 1 an. Des symptômes mécaniques dus à

des languettes méniscales peuvent justifier une régularisation arthroscopique au cours de l'ostéotomie. La régularisation des ostéophytes conseillée par MacIntosh et Welsh [49] n'apporterait pas de bénéfice à long terme d'après Insall et Nagel (1,44). Nous conservons ces indications pour les butoirs responsables de flexum et pour les ostéophytes du condyle externe qui menacent de sectionner le LCA et qui sont bien visibles sur les incidences de l'échancrure.

- La rotation est possible lors d'une ostéotomie du tibia, mais cette indication est rare dans la gonarthrose. Lors d'une ostéotomie de rotation, il est conseillé de détacher la tubérosité tibiale pour pouvoir faire l'ostéotomie du tibia à 6 centimètres de l'interligne dans une zone libre d'attaches ligamentaires et où le faible diamètre de l'os rend la rotation plus aisée (fig.11). Il faut faire une ostéosynthèse par plaque et fixer ensuite la tubérosité avec deux vis contre le foyer d'ostéotomie, tout en la transposant éventuellement en dedans et/ou en haut (Raguet in Lerat [17]).

- La correction d'un flexum est possible en coupant un peu plus d'os en avant qu'en arrière lors d'une ostéotomie de fermeture ou en diminuant l'épaisseur de la greffe en avant lors d'une ouverture.

- En cas d'atteinte fémoro-patellaire, plusieurs gestes sont possibles : La transposition de la tubérosité tibiale est indiquée quand il y a une instabilité rotulienne ou une arthrose fémoro-patellaire avec subluxation (fig. 12). Les partisans de l'ostéotomie curviplane, le font en avançant le fragment inférieur [Maquet [1], Blaimont [1]]. Dans les ostéotomies de fermeture, on peut agir sur la tubérosité au prix d'une rotation interne du tibia distal (Dejour et Bobichon [50]), ce qui introduit d'autres effets non contrôlables et peut être à l'origine de difficultés lors d'arthroplasties ultérieures. Pour Goutallier et Hernigou [1,22,46], l'aspect radiologique de l'articulation fémoro-patellaire est peu influencé par l'ostéotomie tibiale, mais la plupart des signes cliniques de souffrance rotulienne sont améliorés par l'ostéotomie sans avoir fait de geste spécifique.

### Indications des ostéotomies

L'arthrite inflammatoire est une contre-indication admise par tous les auteurs qui réservent les ostéotomies à l'arthrose fémoro-tibiale.

Les indications opératoires se sont affinées depuis que des analyses de longues séries d'ostéotomies avec des reculs de 10 ans et plus ont été publiées. Il n'y a pas de consensus pour toutes les composantes qui entrent dans la décision, mais tous les auteurs sont d'accord pour proposer des ostéotomies à des arthroses purement unicompartmentales et de stade peu avancé (Aglietti et Rinonapoli [35], Insall [1,36], Kettelkamp [1]).

- Moins l'usure est importante au départ, meilleurs sont les résultats. Dans les stades I et II, Looftvoet [45] obtient respectivement 84 % et 60 % de bons résultats, avec une bonne stabilité dans le temps alors que dans les stades III et IV les résultats sont plus aléatoires. Dans ces cas évolués, on propose plutôt des prothèses après 70 ans, mais chez des patients jeunes une ostéotomie est encore sus-



Fig. 10. – A : Ostéotomie d'ouverture avec un coin de substitut osseux (©Biosorb). Aspect de la consolidation après 18 mois et après ablation des agrafes. B : autre cas avec une allogreffe de tête fémorale cryoconservée. Valgisation de 17° avec en plus, correction de la pente tibiale pour diminuer un flexum. Aspect après 8 ans.



Fig. 11. – A : Ostéotomie de valgisation avec en plus, rotation (indication rare dans la gonarthrose en dehors des déformations traumatiques ou constitutionnelles). Le trait doit se situer en zone métaphysaire étroite, donc assez bas sous le tendon rotulien. La tubérosité tibiale est déplacée et refixée par des vis de part et d'autre de l'ostéotomie. Une plaque solide est indiquée. B : Ostéotomie de valgisation très oblique en haut et en avant qui permettait de faire une rotation et une translation du tendon rotulien (Dejour). B : Exemple avec ostéotomie du col du péroné qui montre l'effet de rotation et de translation. Le cal vicieux en rotation ainsi créé est parfois très gênant lors de la reprise de telles ostéotomies par prothèse totale.

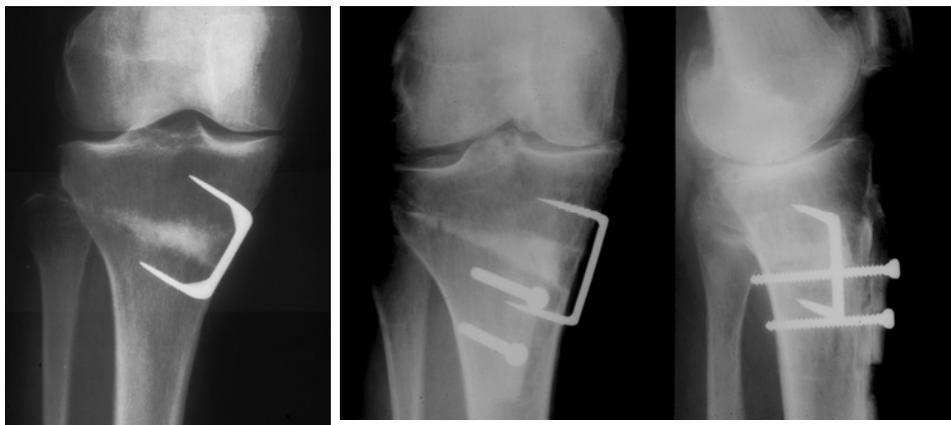


Fig. 12. – A : Aspect après 7 ans d'une ostéotomie d'ouverture avec allogreffe provenant d'une tête fémorale cryo-conservée. B : En cas de rotule basse ou d'arthrose fémoro-patellaire, on peut dé-

ceptible de faire gagner de précieuses années avant l'arthroplastie. Lorsque l'usure a créé des rails sur les deux surfaces, il est préférable de s'abstenir de faire une ostéotomie.

- Les résultats sont meilleurs quand on opère une arthrose développée sur un varus osseux constitutionnel que quand on opère une gonarthrose où l'usure et la décompensation n'ont été générées que par une surcharge pondérale (Dejour et Lévine [51]).

- L'âge de 65 ans constitue une limite pour beaucoup d'auteurs, mais une ostéotomie peut donner un très bon résultat, même lorsqu'elle est pratiquée plus tard. Langlais (in Segal [60]) a montré que passé 60 ans et même après 70 ans, le risque d'échec était le même à stade d'arthrose comparable. L'âge n'est pas à prendre en compte isolément, mais plutôt l'espérance de vie de chaque patient, quand elle est prévisible. Il faut aussi tenir compte de l'activité et faire une évaluation de ce que sera le niveau d'activité après l'opération et préférer l'ostéotomie à la prothèse pour les patients actifs.

- Le poids est aussi un facteur important car les résultats des ostéotomies sont meilleurs chez les sujets de poids normal, la surcharge contribue à détériorer les prothèses du genou, sauf dans la série de Mont [61]. L'arthrose fémoro-patellaire interne sur genu varum est fréquemment notée après les ostéotomies qu'elles soient d'ouverture ou de fermeture (Aglietti et Rinonapoli [35]). La présence d'une atteinte fémoro-patellaire n'est pas une contre-indication, car elle n'a pas affecté le résultat des ostéotomies pour Lootvoet [38], Goutallier [1], Hernigou [1,46] et l'arthrose fémoro-patellaire n'est pas apparue ou ne s'est pas aggravée dans les suites lointaines des ostéotomies, même après 20 ans pour Hernigou [46]. Maquet [1] a proposé en cas de lésions fémoro-patellaires importantes, de translater en avant le fragment inférieur et l'insertion du tendon rotulien, lors de l'ostéotomie curviline, ce qui est susceptible de diminuer les pressions fémoro-patellaires et les douleurs.

- La mobilité n'influence pas beaucoup le pronostic. La flexion du genou n'est généralement pas altérée par une ostéotomie, sauf dans la série de Weill [1] mais elle n'est pas améliorée non plus, sauf légèrement parfois grâce à la disparition de la douleur. Une flexion de moins de 60° serait le minimum pour retenir une indication d'ostéotomie, 110° au moins pour Jackson [10] et Kettelkamp [1]. Le flexum peut parfois récupérer partiellement lorsqu'un ostéophyte tibial antérieur qui vient buter sur le fémur est enlevé. C'est le principal bénéfice que l'on peut retirer d'un nettoyage articulaire associé à l'ostéotomie car les gestes articulaires associés auraient plutôt tendance à diminuer la flexion. Le flexum peut être corrigé dans l'ostéotomie en enlevant plus d'os en avant qu'en arrière, mais cela est obtenu au prix d'une perte du secteur de la flexion. Le fait de corriger un flexum peut être une bonne chose sur le plan fonctionnel, car tout flexum entraîne une fatigabilité accrue. L'existence d'un flexum de 30° constitue une contre-indication à l'ostéotomie pour Philips et Krackow [2].

- La laxité et l'instabilité jouent un rôle important.

L'instabilité n'est pas toujours liée à la laxité mais souvent à la douleur ou aux lésions de surface. Pour Kettelkamp [1], c'est la déformation des surfaces qui risque d'empêcher une bonne répartition des contraintes sur les deux plateaux d'où instabilité et mauvais résultats. La laxité ligamentaire externe n'est pas une contre-indication pour une ostéotomie, mais elle rend plus difficile la planification opératoire. Pour Nagel et Insall [44] la laxité ligamentaire, qui est importante dans les grosses déviations, empêche de prévoir l'axe postopératoire en charge. La mesure du bâillement articulaire sur la goniométrie en charge permet de prendre en compte la laxité dans le calcul de la correction et dans les cas difficiles on peut s'aider de radiographies dynamiques.

- La rupture du ligament croisé antérieur survient au cours de l'évolution de l'arthrose varisante à cause des ostéophytes acérés qui se développent sur le rebord de l'échancrure et à cause de la subluxation. La rupture constitue souvent un tournant dans l'évolution de l'arthrose et la rotation anormale qui en découle explique la constitution de cupules postérieures dans le plateau tibial. La rupture ne s'accompagne pas systématiquement d'instabilité à cause du faible niveau d'activité de ces patients, mais on retrouve une assez grande quantité de genoux sans LCA lors des arthroplasties totales (taux allant de 50 à 80 % selon les auteurs). Quant à la rupture traumatique du LCA, elle entraîne à long terme une arthrose et il est parfois indiqué de faire une reconstruction du LCA en même temps que l'ostéotomie, ainsi que nous l'avons fait pour la première fois en 1976. Notre indication est une arthrose de stade 1 ou 2 et un ressaut antéro-latéral dynamique net (ou « pivot shift test ») avec une instabilité patente. Nous reconstruisons le LCA avec le tendon rotulien que nous préparons avant de faire l'ostéotomie, puis nous fixons le ligament après l'ostéosynthèse. Nous avons eu de meilleures corrections avec les ostéotomies d'ouverture qu'avec les fermetures. Les résultats ont été bons à moyen terme, permettant la reprise des sports de loisir (Lerat, Moyen et Garin [62]). D'autres séries le confirment (Dejour et Neyret [63], Noyes [64]).

- Le degré de la déformation n'a pas d'importance. Pour Maquet [1], l'importance du varus n'influence pas le résultat (32 excellents résultats sur 41 ostéotomies dépassant 15°), on peut même opérer quand il y a une destruction partielle du plateau interne et même en cas de subluxation. Hernigou [1,46] est du même avis sauf que le calcul de la correction est plus délicat. Pour Aglietti et Rinonapoli [35], Insall [1] et Kettelkamp [1] il est préférable d'opérer les déformations en varus ne dépassant pas 10°. Les résultats dépendent en fait de la précision de la correction et du calcul préopératoire de la déformation, mais la technique opératoire est essentielle et l'on peut avoir de bons résultats dans des cas extrêmes si la technique est parfaite.

- La pente du tibia mérite parfois d'être corrigée ce qui permet de diminuer légèrement le flexum avec des conséquences fonctionnelles bénéfiques. Au cours d'une ostéotomie de fermeture ou d'ouverture, les possibilités sont très limitées et l'on ne peut pas corriger un gros

flexum (fig 9D). Au cours d'une ostéotomie, il faut surtout veiller à ne pas créer ou aggraver un flexum (Hernigou [1]).

- Le profil du bon candidat à une ostéotomie pour arthrose interne serait pour Vielpeau [60] un sujet jeune avec un varus tibial, un bon interligne externe (radio en valgus forcé éventuellement), un ligament croisé antérieur et un ligament interne normaux, un pincement de l'interligne interne de stade 1 ou 2. On peut néanmoins faire une ostéotomie avec succès chez un sujet âgé, obèse et présentant une arthrose de stade 3 et 4, à condition que la réalisation technique soit correcte. La figure 13 montre l'évolution de nos indications respectives d'ostéotomies, de prothèses uni-compartmentales et totales.

## Résultats des ostéotomies. Facteurs prédictifs

La comparaison des séries de la littérature est difficile en raison de la différence entre les indications, les méthodes de mesure, les procédés de corrections et d'évaluation. Les reculs sont aussi très différents. On peut retenir des grandes idées simples. L'action sur la douleur est le critère principal. Il y a un effet biologique bénéfique de l'ostéotomie par la diminution de pressions intra-osseuses en plus des effets mécaniques. Cet effet suffit à expliquer la plupart des bons résultats initiaux et c'est seulement avec le temps que l'on voit les échecs liés à une insuffisance de correction. La douleur est influencée par une meilleure répartition des forces sur les deux compartiments du genou et l'amélioration se juge après une année. L'amélioration de la fonction, du périmètre de marche et éventuellement de l'activité sportive de loisir, demande ce délai minimum pour pouvoir s'exprimer. La disparition totale de la douleur n'est

obtenue que dans la moitié des cas. Certains auteurs ont vu une reconstruction de l'espace usé, d'ailleurs imprévisible, qu'ils ont appelé une régénération cartilagineuse. La régénération cartilagineuse aurait été constatée par des contrôles arthroscopiques (Kettelkamp [1] et Fujisawa [65]).

## Résultats fonctionnels

Plusieurs séries ont montré que l'ostéotomie de valgisation du tibia était capable de s'opposer pendant au moins une dizaine d'années à la récurrence de la douleur dans la gonarthrose interne. Langlais (in Segal [60]) notait 81 % de bons résultats après 5 ans. Certaines études ont des reculs de 15 ans (Yasuda [66], Rinonapoli [67], Odenbring [68]) et même 20 ans, pour (Hernigou [46], Coventry [1,34] avait 60 % de bons résultats après 10 ans. Yasuda [66], avait 63 % de bons résultats après 10 à 15 ans de recul, Bouharras Hoet et Watillon [69] avaient 74 % de bons résultats après 5 ans et 64 % après 10 ans. Lootvoet [38] avait 71 % de bons résultats après 8 ans, pour une série de 193 ostéotomies, résultats semblables à ceux d'Aglietti et Rinonapoli [35], et Berman [5]. Les résultats se dégradent avec le temps pour tous les auteurs. Pour Vainionpaa [1] les bons résultats notés dans 65 % des cas après deux ans, n'existaient plus après 6 ans. Pour Insall [1, 36,40] les bons résultats étaient de 97 % après 2 ans, de 85 % après 5 ans et 63 % après 10 ans. Pour Matthews [70] il y avait 86 % de bons résultats après 1 an, 64 % après 3 ans, 50 % après 5 ans, 28 % après 9 ans. Pour Yasuda [66] 88 % de bons après 6 ans et 63 % après 10 ans. Pour Naudie, Bourne et Rorabeck [71] il y avait 95 % de résultats après 5 ans, 80 % après 10 ans et 60 % après 15 ans. Pour Rinonapoli [67], les bons résultats dans 73 % des cas après 8 ans diminuent jusqu'à 46 % après 18 ans. Pour Hernigou [46], sur 93 genoux, il y avait 45 % de bons résultats à

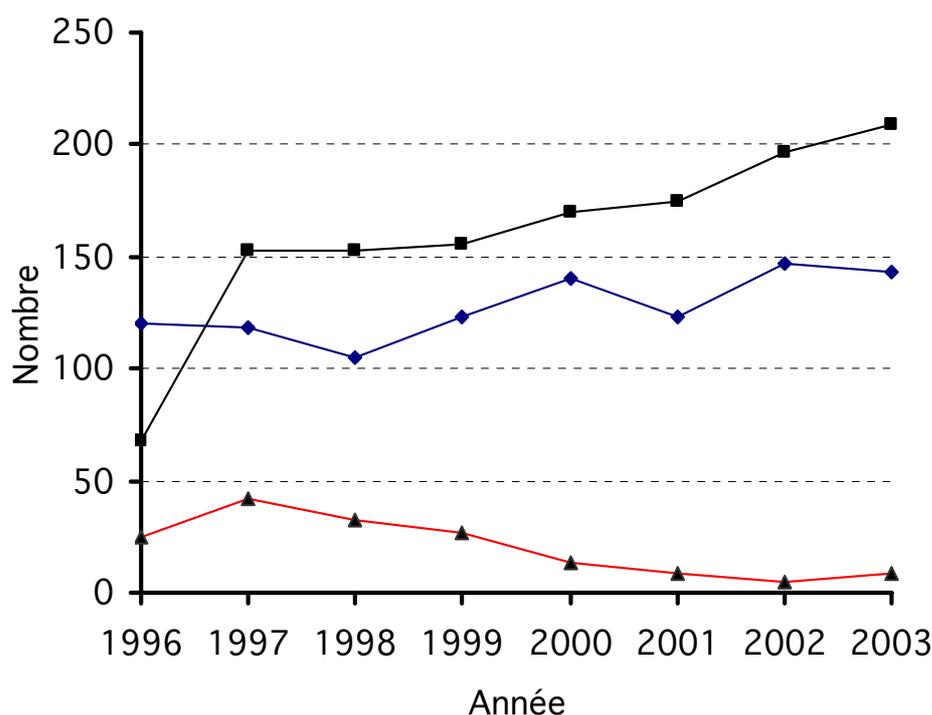


Fig. 13 – Evolution des indications comparatives du traitement de la gonarthrose à la fin 2004: 2346 Prothèses totales (ligne noire), 1844 Ostéotomies (ligne bleue) 388 Prothèses unicompartmentales (ligne rouge). L'ostéotomie, tient encore une place importante malgré les progrès des prothèses.

10 ans et 13 % le restaient après 20 ans. Parmi les échecs, il y a eu 31 cas non réopérés, 28 réopérés dont 15 par prothèse et 13 par ostéotomie itérative (12 perdus de vue).

### Complications des ostéotomies

- Les paralysies du nerf péronier sont plus fréquentes dans les grosses corrections que dans les petites, mais toutes les techniques ont leur lot de complications nerveuses, sauf les ouvertures où cela est exceptionnel : 1 cas sur 93 pour Hernigou [1] aucun pour nos 900 cas. Les fermetures donnent des taux variables : Pour Lemaire [1] aucune pour 105 cas, pour Aglietti et Rinonapoli [35] 1 sur 139 cas, pour Sundaram [74] 2 sur 105 et il y a 6,5 % pour Schuster [37] qui fait pourtant l'ostéotomie au tiers moyen du péroné et qui signale aussi 5 cas de syndrome des loges. La résection de la tête du péroné entraîne 3 % de complications nerveuses (Insall [1]) et l'arthrolyse de l'articulation péronéo-tibiale supérieure entraîne 1,5 % de complications. Les complications nerveuses de l'ostéotomie curviplane existent : Maquet [1] déplore 3 % de lésions motrices (dont 1,7 % définitives) 9,4 % de lésions sensitives dont 4,4 % sont définitives. Donc atteintes neurogènes dans 12 % des cas, dont 6 % sont définitives. Pour Hsu [25] il y a 7 paralysies sur 118 cas, pour Sundaram [74] 7 sur 105, pour Lemaire [1] 4 %, pour Weill [1] 3,2 % et pour Aydogdu et Sur [31] 9,3 %.

- La nécrose cutanée est une complication heureusement rare. Elle est signalée par Schuster (37) qui a eu 4,6 % de nécroses d'évolution bénigne sans recours à des gestes de chirurgie plastique, après des ostéotomies de fermeture avec lame-plaque «col-de-cygne». Les nécroses seraient plus fréquentes pour les ouvertures quand la peau est mince, 12,5 % pour Blanchard [1]. Weill [1] ne signale que 0,5 % de nécrose cutanée dans ses ostéotomies curviplanes par voie antérieure.

- Les fractures peropératoires existent au plateau tibial interne dans les ostéotomies de fermeture externe : jusqu'à 14 %, pour Descamps et Schuster [1,37], 0,3 %, pour Aglietti [1] 3 sur 139, pour Vainionpaa [1], 1 cas sur 103 et pour Matthews [70] 8 sur 47. Dans les ostéotomies d'ouverture c'est le plateau externe qui peut se fracturer, dans 10 cas sur 193 pour Hernigou [1]. Les auteurs de l'ostéotomie curviplane ne parlent pas de cette complication.

- Les problèmes de consolidation existent avec toutes les techniques et tous les procédés d'ostéosynthèse. Le délai de consolidation est rarement précisé dans les séries. Vainionpaa [1] a noté qu'il y avait 3,6 % de retard de consolidation pour les ostéotomies au-dessus de la tubérosité alors qu'il y en a 14 % pour les ostéotomies situées en dessous. Cameron et Welsh [72] signalent un taux de 0,5 % pour 400 cas. Le taux de pseudarthrose après les ostéotomies tibiales est de 1 à 3 % et il est de 6 à 7 % pour le fémur. Le traitement de ces pseudarthroses est discuté par Cameron et Welsh [72] qui rapportent 10 cas de pseudarthroses après des ostéotomies tibiales de fermeture. 5 de ces cas ont été traités par double plaque et greffe et ils ont guéri, alors que 4 cas

ont été traités par une plaque simple et ont donné 2 échecs. La technique proposée par l'auteur, si le fragment proximal est trop petit pour que l'on puisse aviver le foyer de pseudarthrose, est de faire une série de fenêtres dans la pseudarthrose et de les greffer. Wolff et Krackow [73] traitent ces pseudarthroses par fixation interne. Les pseudarthroses du péroné sont rarement répertoriées. Schuster [37] signale 1,2 % de pseudarthroses du péroné contre 1 % au tibia.

### Les défauts de correction

De nombreux auteurs se déclarent déçus par les résultats initiaux qu'ils ont obtenu. Pour Bauer et Insall [36] dans 37 % des cas, la correction excédait la prévision et pour Matthews [70] dans 25 %. Pour Descamps [1] et Schuster [37], malgré une technique rigoureuse et une ostéosynthèse par lame-plaque «col de cygne», 19 % étaient insuffisamment corrigés (< 3°) dont 14,5 % étaient en varus. 68 % seulement avaient la correction souhaitée (entre 3 et 6°) et 13 % étaient trop corrigés. Langlais et Vielpeau (in Segal [60]) avec la même technique, déploieraient 45 cas sur 135 qui étaient toujours en varus ou en rectitude et seulement 44 cas qui avaient 3° ou plus de valgus post-opératoire. Les échecs après 5 ans étaient plus nombreux dans le premier cas (38 %) que dans le deuxième (10 %). Même avec une ouverture interne, procédé réputé plus précis, Hernigou [1] notait que 25 % des genoux étaient en dehors de la correction souhaitée de 3 à 6 degrés.

### La perte de correction

La perte angulaire a été notée par tous les auteurs. Un moment d'adduction préopératoire élevé pourrait entraîner une récurrence du varus, même si la correction a été suffisante (Prodromes, Andriacchi et Galante [27]). Pour Aydogdu et Sur [31], la perte de correction est due à une consolidation encore insuffisante lors de l'ablation du fixateur. Malgré la perte angulaire, l'amélioration a été constante et il n'y aurait pas de corrélation entre le résultat et l'alignement au recul ! Pour Descamps [1] et Schuster [37] la perte angulaire était en moyenne inférieure à 1 degré après 1 an, même dans 9 % des cas qui étaient bien corrigés en valgus. 4,5 % des cas avaient une récurrence du varus. Pour Lootvoet [38], le varus préopératoire était de 7,7°, le valgus souhaité était de 5° et le valgus postopératoire était de  $2,7 \pm 3^\circ$  avec une perte angulaire de  $0,1 \pm 5^\circ$  au recul.

### L'hypercorrection

L'hypercorrection en valgus est nécessaire dans les ostéotomies pour gonarthrose interne. De nombreux auteurs avancent des chiffres souhaitables ou des fourchettes, en fonction des résultats obtenus à moyen ou à long terme : 5° pour Aglietti et Rinonapoli [35], 5° pour Kettelkamp [1], 4° pour Vainionpaa [1], 4° pour Tjornstrand [1], 2 à 4° pour Philips et Krackow [2] ainsi que pour Yasuda [66] et pour Lootvoet [38] le valgus souhaitable est de 5° et la limite inférieure est de 2°. Pour Hernigou [1] tous les patients restés dans une fourchette de 3 à 6° étaient soulagés après 10 ans et au-delà de 6° il y avait des dégradations de l'interligne externe et c'était

aussi la conclusion du symposium de la SOFCOT 91 (Segal [60]). Le varus a récidivé dans 14 % des cas quand la correction était entre 3 et 6° de valgus et dans 38 % des cas quand la correction était entre zéro et 2° de valgus. Le varus peut récidiver à long terme ; Hernigou [1,46] a montré qu'il se reproduisait surtout en cas de normo-correction (30 fois sur 35), mais aussi lorsque le valgus était insuffisant (26 fois sur 29). Pourtant, 9 genoux restés en varus ont quand même eu un bon résultat après 10 ans. La perte de correction s'est poursuivie pour atteindre en moyenne 5° après 20 ans. Pour Odenbring [68] qui a étudié 314 genoux après 10 à 19 ans de recul, le taux de reprise a été de 32 % lorsque les genoux étaient insuffisamment corrigés et de 5,5 % pour les genoux hypercorrigés ou normo-axés et l'auteur faisait des constatations identiques pour le stade III de Ahlback. Pour Lootvoet [38] les genoux qui avaient de bons résultats radiologiques avaient  $2,4 \pm 3^\circ$  de valgus alors que les dégradations survenaient pour les genoux qui avaient  $2,3 \pm 7^\circ$  de varus. Les bons résultats sur la douleur avaient  $2^\circ$  de valgus alors que les mauvais avaient  $2,4^\circ$  de varus.

La dégradation du compartiment externe qui est survenue dans 13 % des cas dans la série de Lootvoet [38] n'est pas toujours liée à une hypercorrection (2 %). Pour Hernigou [1] qui notait 5 % de dégradations du compartiment externe après 10 ans, il n'y a pas eu d'aggravation après 20 ans (probablement à cause de la tendance à la récurrence du varus). Stuart [73] notait 60 % de dégradations du compartiment externe après 9 ans et 83 % d'aggravations du compartiment interne avec seulement  $1,5^\circ$  de perte angulaire. D'autres facteurs que la correction angulaire, peuvent expliquer la dégradation du compartiment externe, en particulier parce qu'il travaille dans des conditions anormales en raison de l'existence d'une cupule du compartiment interne ou de la rupture du LCA.

L'hypercorrection est donc nécessaire, mais elle doit être adaptée. Un valgus de 6 degrés est disgracieux, surtout chez une femme et il est visuellement majoré par de grosses cuisses. Il n'est pas utile de dépasser 6 degrés ce qui constitue pour la plupart des auteurs la limite supérieure tolérable sur le plan esthétique et sur le plan fonctionnel et pour préserver l'avenir du compartiment externe. L'influence du varus initial qui donnerait de moins bons résultats au-delà de  $20^\circ$  de déformation initiale pour Coventry (1,34), inciterait à hypercorriger davantage les grandes déformations [Vainionpaa (1)]. Le stade de l'arthrose est à prendre en compte et pour Tjornstrand [1] le risque d'hypocorrection doublerait dans les stades 3 et 4 d'Ahlback. Il ne faut pas faire des hypercorrections aussi importantes chez les sujets âgés et chez les sujets jeunes. Une hypercorrection de plus de  $6^\circ$  après 70 ans chez un obèse a toutes les chances de tenir au moins 10 ans et le risque de dégradation du compartiment externe est acceptable avec un bon espoir de n'avoir pas besoin d'une autre opération ou alors d'une prothèse totale. Une hypercorrection de  $6^\circ$  chez un sujet jeune risquera au contraire d'apporter une dégradation externe en 10 à 15 ans et lorsque l'effet de

l'ostéotomie sera épuisé, on ne pourra plus refaire une autre ostéotomie. Inversement, une correction de 2 ou  $3^\circ$  seulement expose à la récurrence du varus avant 10 ans, mais il sera toujours possible sur une arthrose restée mono-compartmentale, de faire une nouvelle ostéotomie, laissant espérer une stabilisation longue (Segal [60]). Pour notre part, 3 à 4 degrés sont le but à atteindre dans la majorité des cas, mais on peut moduler en fonction de l'âge et du poids et de l'activité.

La stabilité est un facteur très subjectif qui entre dans l'évaluation fonctionnelle. Nombreux sont les patients qui jugent leur stabilité améliorée. Elle n'est pas uniquement liée à la laxité ligamentaire. Néanmoins la laxité latérale est susceptible de diminuer après valgisation. Pour Blaimont [1], les ligaments qui ne sont plus sollicités auraient la capacité de se retendre et nous avons pu vérifier ce phénomène régulièrement.

## Choix du type d'ostéotomie

Certains auteurs ne pratiquent qu'un seul type d'ostéotomie ce qui rend leur pratique plus aisée et leurs résultats réguliers. Chaque type d'ostéotomie présente pourtant des avantages qui devraient permettre de les utiliser à bon escient en fonction des cas à traiter. Il paraîtrait donc souhaitable de pouvoir maîtriser plusieurs techniques parmi les principales et nous pensons que l'on peut obtenir une correction parfaite avec toutes les techniques, à condition de bien les réaliser.

La hauteur de la rotule intervient dans le choix d'une ostéotomie d'ouverture ou de fermeture. L'ouverture a tendance à abaisser la rotule et une rotule basse préexistante pourrait être une contre-indication, sauf si l'on détache la tubérosité tibiale pour la refixer à la bonne hauteur après l'ouverture. Pour Pleyber et Julliard [74], les conditions critiques pour qu'un relèvement de la tubérosité tibiale soit nécessaire sont une ouverture supérieure à 17 mm pour une rotule dont la hauteur est de 0,7 (selon l'index de hauteur de Caton). Les partisans de l'ostéotomie curviplane insistent sur la préservation de la hauteur de la rotule dans cette méthode.

Le lieu de l'ostéotomie. Presque tous les auteurs préfèrent les ostéotomies au-dessus de la tubérosité tibiale pour des raisons essentiellement de consolidation osseuse et parce qu'il est logique de corriger la déformation le plus près possible du centre du genou. Pourtant, Catagni et al. [75] n'auraient pas de pseudarthrose sur 55 ostéotomies sous-tubérositaires avec fixateur d'Illizarov.

On oublie souvent, à tort, les effets nocifs de l'inégalité des membres inférieurs que l'on crée en faisant une ostéotomie au genou. Toute inégalité devrait être compensée par une talonnette sous peine d'aggraver l'autre côté, de détériorer le résultat ou de créer un déséquilibre lombaire. Un allongement ou un raccourcissement de 7 à 8 mm accompagne toujours une ostéotomie cunéiforme de  $15^\circ$ . C'est un des principaux avantages de l'ostéotomie curviplane que de ne pas modifier la longueur du membre. Il faut tenir compte de l'état du membre controlatéral qui peut être atteint lui aussi, surtout en

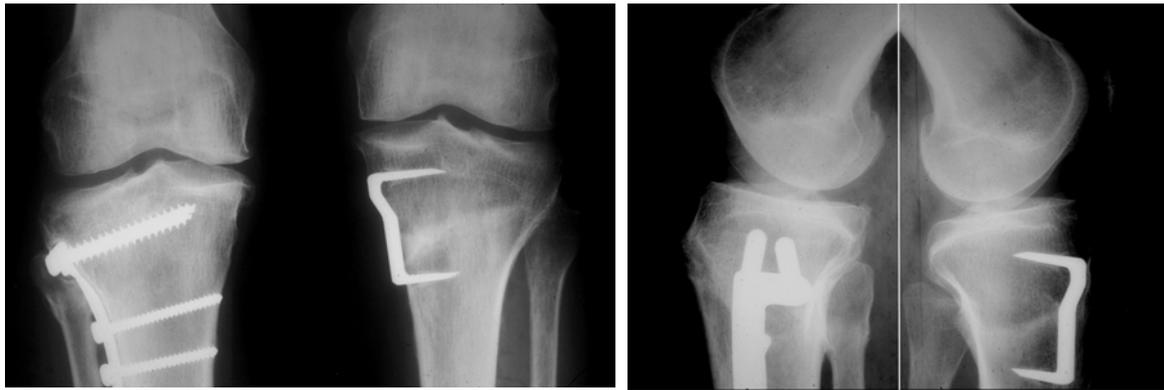


Fig. 14. – A : Il faut éviter d'aggraver une inégalité des membres inférieurs en associant malencontreusement chez le même patient une ostéotomie d'ouverture d'un côté et une ostéotomie de fermeture de l'autre. B : Cet exemple montre que la pente tibiale a été préservée avec les deux méthodes.

cas de genu varum souvent bilatéral et symétrique (fig. 14).

Dans notre pratique, presque toutes les techniques et tous les procédés d'ostéosynthèse et de greffes ont été utilisés et nous continuons à pratiquer des ouvertures, des fermetures pour les corrections inférieures à 15 degrés et l'ostéotomie curviplane au-delà. Néanmoins, dans la majorité des cas nous préférons depuis 6 ans l'ostéotomie d'ouverture avec un substitut osseux (Biosorb R) et nous avons pu comparer les résultats anatomiques et fonctionnels après 5 ans nous confortent dans ce choix (Lerat et al [76])

## Choix de l'ostéosynthèse

Le plâtre est peu utilisé actuellement de façon isolée comme Bauer et Insall [1,36], Aglietti et Rinonapoli [35]). La fixation est réalisée habituellement par des agrafes, des plaques ou des fixateurs externes.

- Les agrafes constituent un bon moyen de fixation à condition que la charnière de l'ostéotomie soit stable et que les piques soient suffisamment éloignées pour avoir une bonne tenue de part et d'autre de l'ostéotomie. En cas d'ostéotomie d'ouverture, on utilise des agrafes larges. Le montage par agrafes demande la protection complémentaire d'une gouttière ou d'une attelle, mais pour Hsu [25] les agrafes sont aussi stables que des plaques.

- Les plaques vissées apportent une bonne solidité, mais elles demandent un abord plus large. On utilise beaucoup des plaques en L qui permettent de placer deux vis dans le fragment proximal. Il existe actuellement des plaques dans lesquelles les vis sont orientables à volonté et deviennent solidaires de la plaque par un système d'auto blocage. La solidité de ce genre d'ostéosynthèse pourrait permettre une remise en charge précoce et diminuer les pertes angulaires secondaires, mais on ne sait pas encore dans quelle mesure le taux de consolidation va être influencé par la rigidité d'un tel montage.

- Les lame-plaques sont aussi un matériel solide mais plus difficile à mettre en place. La rigidité d'une lame-plaque s'oppose au contact des surfaces osseuses lors de l'appui et du côté opposé à la plaque, l'os peut par

contre s'impacter et les vis finissent par jouer et l'on peut assister à une perte angulaire. Malgré une fixation par lame-plaque il y a 10 % de cas qui ont eu une perte angulaire pour Schuster [37]. L'appui doit donc être très partiel ou différé.

- Les fixateurs sont très utilisés, en cadre (Blaimont [1] Maquet [1]) ou en monoplan (Price [77]), ou fixateur d'Ilizarov (Catagni et al. [75]). Ils permettent de faire des réglages précis et leur avantage principal est de permettre des modifications secondaires. Ils nécessitent des soins constants au niveau des broches pour éviter les infections qui sont néanmoins fréquentes. C'est l'inconvénient principal de ce système, surtout quand l'infection concerne un os susceptible de recevoir une prothèse ultérieurement. Lemaire [1] a abandonné les plaques «col-de-cygne» pour le fixateur en cadre. Geiger et al. [78], après avoir étudié trois modes de fixateurs différents chez 134 patients, a noté 35 % d'infections de broches, 17 % de pertes de correction et 10 % de déficits neurologiques divers. Dans 33 % des cas, une complication au moins est survenue et les auteurs considèrent le fixateur externe avec défiance. Notre choix se porte sur les agrafes pour les ouvertures internes, les plaques pour les fermetures externes et les agrafes couplées à une plaque ou les lame-plaques pour les curviplanes.

- L'ablation du matériel est un problème à discuter. Elle est évidemment obligatoire pour un fixateur externe, mais ne nécessite pas toujours une anesthésie. Les agrafes et les plaques ne sont pas enlevées de façon systématique et seulement à la demande en cas de gêne, ce qui est rare pour les agrafes en raison de leur faible volume, mais plus fréquent pour les plaques (20 % des cas pour Schuster [36] avec les plaques « col-de-cygne »).

- L'ostéosynthèse interne est donc reconnue actuellement par la majorité des auteurs comme le moyen le plus sûr pour diminuer les complications de toutes sortes : les paralysies, les pertes de correction, les infections, tout en autorisant un appui précoce mais partiel et progressif et une mobilisation susceptible de diminuer le taux des complications thrombo-emboliques qui restent toujours préoccupantes, quel que soit le mode de prévention.

## Rééducation

Les techniques chirurgicales actuelles doivent toutes permettre d'obtenir un montage assez stable pour permettre une mobilisation précoce qui reste la meilleure prévention des complications thrombo-emboliques. Il s'y ajoute systématiquement un traitement anticoagulant préventif. La mobilisation passive est toujours possible sur attelle motorisée ou manuellement et elle sera intensifiée après la sixième semaine, au moment où la consolidation osseuse permettra de reprendre un appui progressif. L'appui précoce sous couvert de deux cannes-béquilles est autorisé par beaucoup d'auteurs, en particulier par les utilisateurs des lame-plaques. Chaque opérateur adaptera ses prescriptions en fonction de sa technique et de son expérience, mais la prudence s'impose car la perte angulaire reste le dénominateur commun de toutes les séries publiées.

La restauration d'un hauban musculaire externe puissant, parfois impossible avant l'opération, reste un objectif essentiel après la consolidation de toute ostéotomie.

## Les échecs des ostéotomies dans la gonarthrose

Les causes des échecs des ostéotomies sont de mieux en mieux connues, mais toutes les séries publiées font néanmoins état d'un grand nombre de complications. Le symposium de la SOFCOT dirigé par Segal [60] en 1990 a fait le point sur la prévention et sur les possibilités qui s'offrent en matière de reprise. Les ostéotomies itératives sont possibles en cas d'hypercorrection comme en cas d'hypocorrection et elles posent des problèmes techniques particuliers, mais on obtient des succès dans un si grand nombre de cas que cette indication ne doit pas faire reculer les opérateurs et il faut savoir que le recours à l'arthroplastie n'est pas l'unique solution, surtout chez les sujets jeunes. Il est aussi important pour un opérateur de connaître parfaitement les techniques d'ostéotomies et leurs indications que de savoir comment il faut réopérer les échecs précoces ou tardifs de ces techniques.

- En cas de récurrence du varus, la solution la plus simple

est de faire une ostéotomie d'ouverture quelque soit la technique initialement utilisée, car une ostéotomie itérative de fermeture externe avec ostéotomie du péroné est toujours une opération difficile et dangereuse. Les difficultés sont plus importantes que lors d'une première ostéotomie (fig. 15). Les fractures sont fréquentes, 3 cas sur 38 pour le symposium de la SOFCOT (Segal [60])

- En cas d'hypercorrection en valgus, nous conseillons une ostéotomie de fermeture interne, même si elle présente l'inconvénient de raccourcir un peu plus le membre, surtout si la première ostéotomie a été une fermeture. Dans les hypercorrections, les possibilités d'amélioration par une ostéotomie itérative sont moindres que dans les hypo-corrections et il faut les corriger tôt, avant que le compartiment externe ne se dégrade. Malgré les difficultés, les ostéotomies itératives sont susceptibles de donner de bons résultats (Segal [60]). Hernigou [29] a fait état de 13 cas repris par ouverture interne 10 ans après la première ostéotomie et qui ont encore des bons résultats 20 ans après la première opération.

- Il est important d'insister sur les difficultés spécifiques que l'on peut rencontrer lors de la mise en place des prothèses après des ostéotomies (Lerat [79], Burdin, Cartier, Raguet, Vielpeau : in Segal [60]). L'ablation du matériel peut se faire en même temps que la prothèse mais des problèmes cutanés sont à craindre quand la voie d'abord initiale ne peut pas être reprise et dans ces cas, deux voies séparées doivent être assez éloignées pour ne pas risquer de nécrose. Parfois, il faudra savoir enlever le matériel dans un premier temps. Les prothèses mises en place pour les hypercorrections tibiales en valgus sont les plus difficiles à poser et plusieurs séries relatent les problèmes techniques mais les résultats obtenus ne sont finalement pas différents des prothèses de première intention pour Vielpeau [60] et Amendola, Rorabeck et Bourne [80] sauf pour la flexion qui est inférieure de 14° aux prothèses simples. Les résultats sont moins bons pour Mont, Krackow et Hungerford [61] de même que pour Nizard et Witvoet [81]. Pour Windsor, Insall et Vince [82] 45 cas ont des résultats semblables aux reprises de prothèse mais inférieurs aux prothèses de première intention.

- Dans certaines déformations majeures après des ostéo-



Fig. 15. - Cal vicieux après échec de 2 ostéotomies de valgisation successives par fermeture externe et ostéosynthèse avec une plaque rigide. La plaque a été laissée en place mais avec conservation seulement de 2 vis distale et proximale pour servir de charnière à une ouverture interne. L'ostéotomie d'ouverture a été faite par la même incision externe. Un coin de substitut osseux de 13 mm a été mis en place, puis après serrage des vis de la plaque, 2 agrafes internes ont assuré un montage solide.

tomies, lorsque l'arthrose est tellement évoluée et invalidante que l'on ne peut plus proposer une ostéotomie itérative et qu'une prothèse ne peut pas être placée en raison de la déformation, on peut envisager une arthroplastie et une ostéotomie dans le même temps (Lerat [79], Lerat et Godenèche [83]). Cela peut permettre d'éviter des prothèses extensives à charnière.

- On peut donc être relativement rassuré pour les ostéotomies réalisées chez des patients jeunes puisqu'il n'y a pas lieu de les hypercorriger de façon caricaturale pour les stabiliser pendant une quinzaine ou une vingtaine d'années. Une nouvelle ostéotomie pourra éventuellement les équilibrer encore pour quelques années en attendant que les prothèses du genou prennent le relais d'autant qu'elles seront devenues encore plus performantes qu'aujourd'hui.

- Pour les sujets dont l'espérance de vie est de plus de 20 ans, l'ostéotomie est préférable aux prothèses unicompartimentales ou totales car ces prothèses n'ont pas encore fait la preuve d'une longévité comparable, surtout avec l'usure inéluctable du polyéthylène. Après 70 ans, les échecs des ostéotomies sont le plus souvent opérés par des arthroplasties soit unicompartimentales qui donnent 22 bons résultats sur 25 cas pour Cartier [in 60]), soit par des prothèses totales (Lerat [83], Burdin [in 60]). La dégradation des ostéotomies n'est pas uniquement mécanique et il y a des facteurs biologiques, comme la présence de cytokines, toxiques pour le cartilage, dont on ignore encore presque tout.

- Les échecs des ostéotomies peuvent avoir une origine au niveau des hanches. Le plus souvent c'est une coxarthrose banale, qui si elle est située au-dessus d'une gonarthrose, oblige le genou à fonctionner en rotation externe. Une hanche sus-jacente au genou malade, en abduction, ou une hanche controlatérale en adduction, auront le même inconvénient, c'est à dire d'incliner le bassin du côté du membre et de diminuer le moment gravitaire. Cela impose logiquement une correction de l'attitude vicieuse de la hanche avant de réaliser l'ostéotomie du genou. Une luxation congénitale de hanche complique l'évaluation du genu valgum sous-jacent et elle mérite d'être traitée en premier.

## Conclusion

Le traitement des gonarthroses fémoro-tibiales par ostéotomie s'est imposé depuis un demi-siècle comme un traitement de choix. Il se doit de réaliser une correction angulaire avec précision, de la maintenir jusqu'à la consolidation et de ne pas altérer la mobilité de l'articulation. Il faut donc privilégier les méthodes les plus fiables. Parmi les nombreuses techniques possibles, la meilleure est celle que l'on maîtrise le mieux. Pourtant il paraît nécessaire de savoir utiliser à bon escient les ouvertures et les fermetures tibiales, mais aussi les ostéotomies curviplanes qui seules peuvent corriger les grandes déviations.

Dans l'arthrose interne, les résultats qui sont bons sur les douleurs à court terme, après ostéotomie de valgisation, restent bons aussi à long terme à condition que les

contraintes en valgus demeurent. C'est au prix d'une hypercorrection que l'on peut y parvenir et il y a un consensus pour situer ce valgus entre 3 et 6°. Il faut savoir que des dégradations de certaines ostéotomies sont opérables avec succès par une nouvelle ostéotomie.

Les prothèses articulaires sont encore limitées par l'usure du métal et du polyéthylène et les ostéotomies ont encore une place importante, isolément ou, dans l'avenir, en association avec les resurfaçages cartilagineux.

Les bases théoriques sont de plus en plus claires mais la planification d'une ostéotomie reste un exercice difficile où se mélangent des mesures radiologiques précises et des correctifs liés à la laxité ligamentaire. Finalement l'expérience de l'opérateur compte encore pour beaucoup dans le succès de cette opération où les complications et les échecs existent et sont très souvent liés à la technique elle-même.

## Références

La plupart des références antérieures à 1989 sont à rechercher dans Thomine (1).

1. Thomine JM - Les ostéotomies dans la gonarthrose fémoro-tibiale latéralisée. Théorie et pratique. Cahiers d'Enseignement de la SOFCOT. Conférence d'Enseignement, 1989 : 99-112.
2. Philips MJ, Krackow KA - High tibial osteotomy and distal femoral osteotomy for valgus or varus deformity around the knee. AAOS Instructional Course Lectures, 1998 ; 47 : 429-36.
3. Berthonnaud E - Les mesures sur radiographies planes et tridimensionnelles en orthopédie. Applications cliniques. Thèse de doctorat en Génie Biologique et Médical N° 05- 2000. Université Claude Bernard, Lyon I, France.
4. Selvik G, Alberius P, Aronson AS - A roentgen stereophotogrammetric system. Construction, calibration and technical accuracy. Acta Radiol Diagn (Stockh), 1983 ; 24 : 343-52.
5. Berman AT, Bosacco SJ, Kirschner S, Avolio A - Factors influencing long-term results in high tibial osteotomy. Clin Orthop 1987 ; 272 : 192-8.
6. Merle d'Aubigné R, Ramadier JO - Arthrose du genou et surcharge articulaire. Acta Orthop Belg, 1961 ; 27 : 365-71.
7. Judet R, Dupuis JF, Honnard F, Furno P - Désaxations et arthrose du genou. Le genu varum de l'adulte. Indications thérapeutiques, résultats. Actualités de Chir Orthop de l'Hôpital R Poincaré. Masson, Paris, 1964 ; 13 : 1-28.
8. Debeyre J, Artigou JM - Résultats à distance de 260 ostéotomies tibiales pour déviations frontales du genou. Rev Chir Orthop, 1972 ; 58 : 335.
9. Cauchoix J, Duparc J, Lemoine A, Deburge A - L'ostéotomie dans les gonarthroses avec déviation angulaire dans le plan frontal. Résultats et indications thérapeutiques. Rev Chir Orthop, 1968 ; 54 : 343.
10. Jackson JP, Waugh W - Tibial osteotomy for osteoarthritis of the knee. J Bone Joint Surg (Br), 1961 ; 43 : 741-6.
11. Viton JM, Atlani L, Mesure S, Francheschi JP, Massion J, Roshwenger A, Delarque A - Modalités de transfert du poids du corps chez le patient gonarthrosique. Rev Chir orthop, 1998 ; 84 : 705-11.
12. Ogata K, Yoshii I, Kawamura H, Miura H, Arizono T, Sugioka Y - Standing radiographs cannot determine the correction in high tibial osteotomy. J Bone Joint Surg (Br), 1991 ; 73 : 927-31.
13. Rudan JF, Harrison M, Simurda MA - Optimizing femorotibial alignment in high tibial osteotomy. JCC 1999 ; 42 : 366-70.
14. Cooke TDV, Scudamore RA, Bryant JT, Sorbie C, Siu D, Fisher B - Quantitative approach to radiography of the lower limb. J Bone Joint Surg (Br), 1991 ; 73 : 715-20.
15. Wright JG, Treble N, Feinstein - Measurement of lower limb alignment using long radiographs. J Bone Joint Surg (Br), 1991 ; 73 : 721-3.

16. Swanson KE, Stocks GW, Warren PD, Hazel MR, Janssen HF - Does axial limb rotation affect the alignment measurement in deformed limbs ? Clin Orthop, 2000 ; 371 : 246-52.
17. Lerat JL, Taussig G - Anomalies de rotation des membres inférieurs. Rev Chir Orthop, 1982 ; 68 : 61-3.
18. Teinturier P, Boulleret J, Terver S, Delisle JJ - Les ostéotomies supra-condyliennes. Rev Chir Orthop, 1975 ; 61 (suppl II) : 291-5.
19. Duparc F, Thomine J.M, Simonet J, Biga N- Torsions osseuses fémorales et tibiales associées à la gonarthrose fémoro-tibiale interne. L'index de cumul des torsions. Rev Chir Orthop. 1992 ; 78 : 430-7.
20. Paley D, Maar DC, Herzenberg JE - New concepts in high tibial osteotomy for medial compartment osteoarthritis. Orthop Clin North Am, 1994 ; 25 : 483-98.
21. Slocum DB, Larson RL, James SL, Greiner R - High Tibial Osteotomy. Clin Orthop, 1974 ; 104 : 239-43.
22. Goutallier D, Julieron A, Hernigou Ph - La cale de ciment remplaçant les greffons iliaques dans les ostéotomies tibiales d'addition interne. Revue Chir Orthop, 1992 ; 78 : 138-44.
23. Langlais F, Thomazeau H - La prévention des erreurs angulaires dans les ostéotomies tibiales. Symposium SOFCOT. Rev Chir Orthop 1992 ; 78 (suppl 1) : 102-4.
24. Langlais F, Thomazeau H - Ostéotomies du genou. Encycl Med Chir (Paris), Techniques Chirurgicales. Orthopédie, 1989 ; 4 : 44825.
25. Hsu RWW, Himeno S, Coventry MB, Chao EYS. Normal axial alignment of the lower extremity and load-bearing distribution at the knee. Clin Orthop, 1990 ; 255 : 215-27.
26. Paley D, Tetsworth K - Mechanical axis deviation of the lower limbs: Preoperative planning of uniapical angular deformities of the tibia or femur. Clin Orthop, 1992; 280: 48-64.
27. Prodromos CC, Andriacchi TP, Galante JO - A relationship between gait and clinical changes following high tibial osteotomy. J Bone Joint Surg (Am), 1985; 67: 1188-94.
28. Sundaram NA, Hallett JP, Sullivan MF - Dome osteotomy of the tibial for osteoarthritis of the knee. J Bone Joint Surg (Br), 1986; 68: 782-6.
29. Wada M, Imura S, Nagatani K, Baba H, Shimada S, Sasaki S - Relationship between gait and clinical results after high tibial osteotomy. Clin Orthop 1998 ; 354 : 180-8.
30. Christodoulou N, Moussas Th, Karaindros C, Poyatzis C, Vretos C - Ostéosynthèse des ostéotomies tibiales de valgisation par fixateur externe "Goniometric" CH-N. Rev Chir Orthop, 1996 ; 82 : 331-5.
31. Aydogdu S, Sur H - Ostéotomies tibiales hautes valgissantes de plus de 20°. Rev Chir Orthop, 1997 ; 83 : 439-46.
32. Gabel GT, Rand JA, Sim FM - Total knee arthroplasty for osteoarthritis in Paget's disease of bone at the knee. J Bone Joint Surg (Am), 1991; 73: 739-44.
33. Garipey R - Genu varum treated by high tibial osteotomy. J Bone Joint Surg (Br), 1964 ; 46 : 783-84.
34. Coventry MB, Ilstrup DM, Wallrichs SL - Proximal tibial osteotomy: a critical long-term study of eighty-seven cases. J Bone Joint Surg (Am), 1993; 75: 196-201.
35. Aglietti P, Rinonapoli E, Stringa G, Taviani A - Tibial osteotomy for the varus osteoarthritic knee. Clin Orthop, 1993; 176: 239-51.
36. Bauer GCH, Insall J. Koshino T - Tibial osteotomy in gonarthrosis (osteo-arthritis of the knee). J Bone Joint Surg (Am), 1969 ; 51 : 1545-63.
37. Abisset-Bouvier C - Arthrose fémoro-tibiale interne sur genu varum. Ostéotomie de valgisation selon Descamps à propos de 327 cas. Thèse Médecine, Lille. 1987. Thèse inspirée par Schuster P.
38. Lootvoet L, Massinon A, Rossillon R, Himmer O, Lamber K, Ghosez JP - Ostéotomie tibiale haute de valgisation externe pour gonarthrose sur genu varum (193 cas après 6 à 10 ans). Rev Chir Orthop, 1993 ; 79 : 375-84.
39. Holden DL, James SL, Larson RL, Slocum DB - Proximal tibial osteotomy in patients who are fifty years old or less. A long term follow-up study. J Bone Joint Surg (Am), 1988; 70: 977-82.
40. Jakob RP, Murphy SB - Tibial osteotomy for varus gonarthrosis : Indication, planning, and operative technique. Instructional Course Lectures. AAOS, 1992 ; 41 : 87.
41. Hutchinson CR, Cho B, Wong N, Agnidis Z, Gross A - proximal valgus osteotomy for osteoarthritis of the knee. AAOS Instructional Course Lecture, 1999. Vol 48: 131-134.
42. Hofman AA, Wyatt RWB, Beck SW - High tibial osteotomy. Use of an osteotomy jig, rigid fixation, and early motion versus conventional surgical technique and cast immobilization. Clin Orthop, 1991; 271: 212-7.
43. Kirgis A, Albrecht S - palsy of the deep peroneal nerve after proximal tibial osteotomy for osteoarthritis. J Bone Joint Surg (Br) 1992; 74: 1180-5.
44. Nagel A, Insall JN, Scuderi GR - Proximal tibial osteotomy: A subjective outcome study. J Bone Joint Surg (Am), 1996; 78: 1353-8.
45. Miniacci A, Ballmer FT, Ballmer PM, Jakob RP - Proximal tibial osteotomy. A new fixation device. Clin orthop, 1989 ; 246 : 250-9.
46. Hernigou P - Recul à plus de 20 ans de la gonarthrose fémoro-tibiale interne après ostéotomie tibiale de valgisation. Rev Chir Orthop, 1996 ; 82 : 241-50.
47. Schultz W, Göbel D - Articular regeneration of the knee joint after proximal tibial valgus osteotomy: a prospective study of different intra and extra-articular operative techniques. Knee Surg, Sports Traumatolol, Arthrosc, 1999; 7: 29-36.
48. Akizuki S, Yasukawa Y, Takizawa T - Does arthroscopic abrasion arthroplasty promote cartilage regeneration in osteoarthritic knee with eburnation ? A prospective study of high tibial osteotomy with abrasion versus high tibial osteotomy alone. Arthroscopy, 1997; 13: 9-17.
49. MacIntosh D, Welsh P - Joint debridement. A complement to high tibial osteotomy in the treatment of degenerative arthritis of the knee - J Bone Joint Surg (Am), 1977; 59: 1094-7.
50. Bobichon R - L'arthrose fémoro-tibiale avec déviation axiale. Problèmes physiopathologiques et anatomo-cliniques. Résultats du traitement par ostéotomie tibiale (à propos de 124 cas) Thèse Médecine, Lyon, 1973. Thèse inspirée par H. Dejour.
51. Dejour H - Les gonarthroses. Monographies 7 èmes journées de chirurgie du genou. 1991, Lyon, 413 pp.
52. Segal Ph - Les échecs des ostéotomies tibiales de valgisation pour gonarthrose. Symposium SOFCOT. Rev Chir Orthop, 1992 ; 78 (suppl 1) : 85-125.
53. Mont MA, Antoniadis S, Krackow KW, Hungerford DS - Total knee arthroplasty after failed high tibial osteotomy. A comparison with a matched group. Clin Orthop, 1994 ; 299 : 125-30.
54. Lerat JL, Moyen B, Garin C, Mandrino A, Besse JL, Brunet-Guedj E - Laxité antérieure et arthrose interne du genou. Rev Chir Orthop, 1993 ; 79 : 365-74.
55. Dejour H, Neyret P, Boileau P, Donell S - Anterior cruciate reconstruction combined with valgus tibial osteotomy. Clin Orthop, 1994; 299: 220-8.
56. Noyes FR, Barber SD, Simon R - High tibial osteotomy and ligament reconstruction in varus angulated, anterior cruciate ligament deficient knees : A two-to seven-year follow-upstudy. Am J Sports Med, 1993; 21: 2-12.
57. Fujisawa Y, Masuhara K, Shiomi S - The effect of high tibial osteotomy on osteoarthritis of the knee. An arthroscopic study of 54 knee joints. Orthop Clin North Am, 1979; 10: 855-608.
58. Yasuda K, Majima T, Tsuchida T, Kaneda K - A ten to fifteen year follow-up observation of high tibial osteotomy in medial compartment osteoarthritis. Clin Orthop, 1992; 282: 186-19.
59. 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.
60. Odenbring S, Lindstrand A, Egund N, Larsson J, Heddson B - Prognosis for patients with medial gonarthrosis. A 16-year follow-up of 189 cases. Clin Orthop, 1991; 266, 152-5.
61. Bouharras M, Hoet F, Watillon M et al. - Results of tibial valgus osteotomy for internal femoro-tibial arthritis with an average 8-year follow-up. Acta Orthop Belg, 1994; 60: 163-9.

70. Matthews LS, Goldstein SA, Malvitz TA, Katz BP, Kaufer H - Proximal tibial osteotomy. Factors that influence the duration of satisfactory function. Clin Orthop, 1988; 229: 193-200.
71. Naudie D, Bourne RB, Rorabeck CH, Bourne TJ - Survivorship of the high tibial valgus osteotomy. A 10 to 22-year follow-up study. Clin Orthop, 1999; 367: 18-27.
72. Cameron HU, Welsch RP, Jung YB, Nofthall F - Repair of nonunion of tibial osteotomy. Clin Orthop, 1993; 287: 167-9.
73. Wolff AM, Krackow KA - The treatment of non union of proximal tibial osteotomy with internal fixation. Clin Orthop, 1990 ; 250 : 207-15.
74. Pleyber A, Julliard R, Vermont J - Evaluation statistique du risque de rotule basse dans les ostéotomies tibiales de valgisation par ouverture interne. Rev Chir Orthop, 1992 ; 79 : 145-71.
75. Catagni MA, Guerreschi F, Ahmad TS, Cattaneo R - Treatment of genu varum in medial compartment osteoarthritis of the knee using the Ilizarov method. Orthop Clin North Am, 1994 ; 25 : 509-14.
76. Durand JC, Besse JL, Grosclaude S, Lerat JL, Moyen B. Ostéotomie tibiale haute de valgisation pour gonarthrose sur genu varum. Comparaison de deux groupes d'ostéotomie d'ouverture interne et de fermeture externe à 5 ans de recul. Rev Chir Orthop, 2004, 90, suppl n°6, 2S137.
77. Price CT - Unilateral fixators and mechanical axis realignment. Orthop Clin North Am, 1994; 25: 499-508.
78. Geiger F, Schneider U, Lukoschek M, Ewerbeck V - External fixation in proximal tibial osteotomy : a comparison of three methods. International Orthopaedics (SICOT), 1999; 23 : 160-3.
79. Lerat JL, Moyen B, Renouard D, Puch JM - In Symposium Segal Ph : les échecs des ostéotomies tibiales de valgisation pour gonarthrose réopérés par des prothèses conservant les deux ligaments croisés. Revue Chir Orthop, 1992, supplément n° 1 ; 78 : 115-8.
80. Amendola A, Rorabeck CH, Bourne RB, Apyan PM - Total knee arthroplasty following high tibial osteotomy for osteoarthritis. J Arthroplasty, 1989; 4: 511-7.
81. Nizard RS, Cardinne L, Bizot P, Witvoet J - Total knee replacement after failed osteotomy. J of Arthroplasty, 1998; 13: 847-53.
82. Windsor RE, Insall JN, Vince KJ - Technical consideration of total knee arthroplasty after proximal tibial osteotomy. J Bone Joint Surg (Am), 1988 ; 70 : 547-55.
83. Lerat JL, A Godenèche, B.Moyen B, Besse JL - Prothèse du genou et ostéotomie dans le même temps opératoire pour déviation axiale majeure (11 cas). Revue de Chirurgie Orthopédique, 1998, 84, suppl. II, 42-3

## Discussion

### Intervention de Ph Vichard

On doit féliciter JL Lerat sur le caractère didactique de son exposé et sur les encouragements qu'il procure aux chirurgiens orthopédistes qui réalisent encore cette intervention et aux médecins qui en posent l'indication.

Je l'interrogerai sur l'ostéotomie curviplane, car je trouve qu'on devrait abandonner le montage par fixateurs externes, instable, source de surinfection (des prothèses notamment).

Qu'en pense-t-il ?

### Réponse de JL Lerat

L'ostéotomie curviplane est une ostéotomie difficile à pratiquer et à réserver aux déformations importantes, supérieures à 15 degrés. Contrairement aux ostéotomies d'ouverture et de fermeture où l'on ménage une charnière fibreuse et qui sont stables, l'ostéotomie curviplane n'a aucune stabilité fibreuse et en plus le péroné est coupé, donc l'ostéosynthèse doit permettre un montage solide. Blaimont et Maquet utilisaient le fixateur parce qu'ils souhaitaient pouvoir modifier secondairement le montage sans réouvrir, en cas de correction défectueuse constatée sur les radiographies. En pratique, cela était exceptionnel dans leur pratique. Effectivement cet avantage potentiel de ce fixateur externe ne compense pas les inconvénients que sont les surinfections très fréquentes des broches. Le nombre d'incisions cutanées est aussi un inconvénient car outre les deux incisions pour l'ostéotomie du tibia et celle du péroné, il y a les quatre incisions pour les broches. Pour ma part, j'ai toujours utilisé des plaques ou des lames-plaques donnant un montage plus rigide et beaucoup mieux accepté par les patients que ce fixateur qu'il fallait laisser en place 6 à 8 semaines au moins.

### Intervention de M Prémont

Qu'entend-on par substitut osseux ?

### Réponse de JL Lerat

Les substituts osseux sont des matériaux synthétiques reproduisant autant que possible la matrice osseuse et qui ont des propriétés ostéo-conductrices utilisées afin que la colonisation par l'os hôte entraîne la consolidation osseuse. Ils ont des propriétés mécaniques telles que l'ostéotomie d'ouverture est maintenue et ils se présentent sous forme de coins de degré variable qui réalisent l'ouverture souhaitée. Une ostéosynthèse complémentaire les protège car ils n'ont pas de résistance suffisante en charge. Il en existe de nombreuses formes dans le commerce. Ceux que nous utilisons sont des phosphates tricalciques.

### Intervention de Ph Maury

Quel est l'intérêt d'une ostéotomie double fémorale et tibiale de soustraction externe dans les genu varum de plus de 15° par rapport à l'ostéotomie curviligne, car c'est une indication exceptionnelle en raison de la prévalence du varus au niveau du tibia.

### Réponse de JL Lerat

Je n'ai pas parlé de ce type d'association car l'indication est tout à fait exceptionnelle. Dans ma pratique de plus de 1200 ostéotomies je ne l'ai réalisé que 2 fois où il y avait des déformations mixtes. En effet, la gonarthrose interne survient essentiellement sur un morphotype de genu varum qui a presque toujours une déformation tibiale et il est logique de la corriger au tibia, contrairement à ce qui se passe pour l'arthrose externe sur genu valgum où la déformation est fémorale. Il y a très rarement dans le genu varum, un fémur valgus, comme l'ont montré plusieurs études (dont la nôtre, qui va être publiée dans la Revue de Chirurgie Orthopédique) et il n'excède pas 2 ou 3 degrés. Donc la majorité de la déformation est tibiale et la correction faite exclusivement au tibia n'aura dans ces cas qu'un petit inconvénient d'entraîner un interli-