

# Le clou de Grosse et Kempf

## Enclouage verrouillé des fractures diaphysaires

Gilbert Taglang

Strasbourg

**Résumé** – L'enclouage centromédullaire est, depuis le milieu du vingtième siècle, le traitement de choix des fractures diaphysaires des os longs du membre pelvien. Les premiers pionniers, comme G. Küntscher, furent assez vite confrontés à des problèmes liés aux manques de stabilité de l'implant dans les fractures complexes. Le verrouillage de l'implant à l'os fut la solution entrevue par Küntscher lui-même à la fin de sa vie en 1970. Cette idée fut reprise et développée par K. Klemm et W.D. Schellmann puis surtout par Grosse et Kempf au Centre de traumatologie de Strasbourg dès 1975.

Le verrouillage permet ainsi de contrôler les phénomènes de rotation des segments proximal et distal des os fracturés, mais également le télescopage dans les fractures comminutives. La mise au point des implants, des ancillaires, de même que la codification de la technique opératoire furent poursuivies durant de nombreuses années sous l'égide de I. Kempf et de A. Grosse. Les évolutions vers les clous de deuxième génération, actuellement largement utilisés de par le monde, découlent de cette phase de mise au point. L'évolution des implants et des ancillaires, des techniques et des indications de l'enclouage verrouillé est analysée dans ce chapitre.

**Mots clés:** diaphysaires, enclouage centromédullaire, verrouillage.

**Abstract** – Since mid-twentieth century, intramedullary nailing has been the treatment of choice for diaphyseal fractures of the long bones of the lower limb. The first pioneers, like G. Küntscher, were soon confronted with problems related to lack of stability of the implant in complex fractures. Locking the bone to the implant was Küntscher's own solution at the end of his life in 1970. This idea was echoed and developed by K. Klemm and W.D. Schellmann and especially by Grosse and Kempf at the Strasbourg Traumatology Center in 1975.

The locking thus made it possible to control the rotation phenomena of the proximal and distal segments of the fractured bones, but also the telescoping effect in the comminuted fractures. The development of implants, ancillaries, as well as the codification of the operative technique were continued for many years under the aegis of I. Kempf and A. Grosse. The developments towards the second-generation nails, currently widely used around the world, stem from this development phase. The evolution of implants and ancillaries, techniques and indications of locked nailing are analyzed in this chapter.

**Keywords:** diaphyseal fractures, intramedullary nailing, locking nail.

## Introduction

La méthode de traitement des fractures diaphysaires par l'enclouage verrouillé prit son essor en France au sein du Centre de traumatologie et d'orthopédie de Strasbourg (CTO) dès 1974. Replaçons cette méthode dans le contexte de l'époque. Il faut tout d'abord rendre hommage à Gerhard Küntscher, père de l'enclouage centromédullaire moderne, qui dès le mois de novembre 1939 réalisa son premier enclouage diaphysaire sur une fracture fémorale survenue après un accident aux chantiers navals de Kiel en Allemagne du Nord. Malgré les vicissitudes liées au conflit mondial, cette technique fut ensuite diffusée partout en Europe. En France également, où elle fut reprise entre autres par C. Rocher à Bordeaux (1942) puis l'équipe du Centre de traumatologie de Strasbourg (CTO) et en particulier G. Pfister (1944) qui en fit le sujet de sa thèse en 1946.

L'enclouage centromédullaire se faisait alors de façon classique à l'aide de clous creux et munis d'une fente postérieure qui leur donnait une certaine élasticité transversale. Mais au fur et à mesure de leur utilisation, on devait mettre en évidence

leurs limites biomécaniques dans la stabilisation transversale et longitudinale de certaines fractures. Les solutions proposées alors pour augmenter cette stabilité (clou introduit l'un dans l'autre – clou de diamètre plus important) conduisirent à la nécessité de calibrer le canal médullaire. L'alésage des canaux médullaires débuta donc (après des études menées par G. Küntscher et son ingénieur E. Pohl sur le chien) à partir de 1957 et autorisa la mise en place de clous plus performants. La stabilisation des fractures comminutives, mais également celles situées en zone métaphysaire, posait encore problème. De nombreux orthopédistes français des années 1960-1970 se penchèrent alors sur la question de la stabilité des clous standards (J. Decoulx, J. Zucman, E. Schvingt, S. Babin et J. Butel entre autres) [1]. Dans ses dernières années d'activité (1970), Küntscher mit au point un clou (*Detensionsnagel*) qui fixait dès le départ les grands principes du verrouillage. Il transmit ensuite à deux chirurgiens du Centre de traumatologie de Francfort, K. Klemm et W. Schellmann, ses idées qui leur permirent de développer la première version du clou verrouillé (*Verriegelungsnagel*). Les premiers résultats furent présentés en 1973 au Congrès de traumatologie de Berlin, auquel assista

le Pr I. Kempf, alors directeur du Centre de traumatologie de Strasbourg. Désireux d'améliorer les techniques d'enclouage, il rapporta l'idée dans le Service. Il mit ensuite ses équipes au travail pour améliorer et diffuser la technique, et en particulier A. Grosse qui occupait un poste de chef de clinique au CTO. L'aventure française puis internationale du clou verrouillé pouvait débuter.

### Phase de mise au point

Dans un environnement national où le traitement chirurgical des fractures diaphysaires se faisait par des clous centromédullaires standards mais également encore largement par des plaques, il a fallu promouvoir l'apport du verrouillage puis l'améliorer avant d'en définir les modalités d'application et les indications. Les partisans de l'enclouage standard en avaient reconnu les insuffisances mécaniques tant au niveau fémoral que tibial, et avaient proposé alors des techniques adjuvantes [2] :

- traction squelettique continue fémorale ou tibiale haute dans les fractures fémorales ;
- plâtre cruro-pédieux ou traction transcalcanéenne pour les fractures tibiales.

L'application de ces techniques adjuvantes faisait perdre les bénéfices mécaniques de ce qu'on était en droit d'attendre d'un enclouage à foyer fermé : la mobilisation immédiate des articulations sus- et sous-jacentes à la lésion osseuse et la mise en charge la plus rapide possible du membre concerné par la fracture.

Le premier matériel utilisé (dérivé de celui de K. Klemm et W. Schellmann) [3] au niveau fémoral devait rapidement montrer ses défauts :

- flambage du clou en raison de la présence d'une fente sur toute la hauteur de l'implant ;
- faible tenue de la vis de verrouillage supérieure en raison de son inclinaison à 150° par rapport à l'axe longitudinal du clou, augmentant ainsi les risques d'arrachage (fig. 1).

La mise au point d'une nouvelle génération de clou fut menée par la société Howmedica située à Kiel en Allemagne du Nord (sur le site où Küntscher fit fabriquer ses premiers implants) en collaboration avec l'équipe strasbourgeoise et en particulier avec le Groupe de recherche de biomécanique ostéo-articulaire de Strasbourg (GEOAS) [4]. Cette mise au point conduisit à des modifications importantes que nous allons détailler.

### 1<sup>re</sup> génération de clous : vers le clou de Grosse & Kempf

Lorsque l'on revoit les clous prototypes qui ont servi à la mise au point des clous de première génération, on est frappé par plusieurs aspects (plutôt négatifs *a posteriori*) concernant à la fois le clou et le matériel ancillaire.

*Sur le plan de l'implant lui-même*, la forme trifoliée avait été conservée pour suivre le concept de Küntscher d'enclavement



Figure 1.

du clou dans le canal médullaire (par analogie avec le clou de charpentier « piégé » au sein des fibres ligneuses lors de son enfoncement dans le bois). De plus, l'enclavement élastique du clou était facilité par la présence d'une fente postérieure sur toute la hauteur de l'implant. La faible épaisseur du métal associée à la présence de cette fente favorisait la déformation de l'implant lors de sa mise en place. Il en résultait des troubles rotatoires et des valgus/varus parfois importants, et ceci survenait encore plus fréquemment en cas de canaux médullaires particulièrement étroits et alésés de façon insuffisante.

Le verrouillage proximal du clou fémoral se faisait à l'aide de deux vis (de diamètre 6,35 mm), la plus proximale oblique vers le bas et le dedans (angle de 130°), la suivante transversale (fig. 2).

Le verrouillage proximal du clou tibial se faisait avec deux vis frontales uniquement et donc sans aucune prise dans la partie postérieure du tibia, ce qui provoqua des démontages du matériel et des pseudarthroses par insuffisance de tenue du montage.

*Sur le plan du matériel ancillaire*, et particulièrement au niveau fémoral, l'adaptation entre le clou et la poignée d'enclouage ne se faisait pas correctement. Cela pouvait provoquer des déformations de la partie proximale du clou et surtout des risques de fausse route des vis de verrouillage proximales.



Figure 2.

Il fallut donc trouver des solutions aux problèmes posés. La première consista à rigidifier la partie proximale des clous (fémoraux et tibiaux) en supprimant la fente postérieure sur les premiers centimètres de ceux-ci. Ainsi on décida de réaliser la fabrication des clous en ne débutant la fente postérieure qu'en dessous des orifices de verrouillage proximaux. L'histoire montrera plus tard que cette configuration provoquera une concentration de contraintes à la jonction entre la partie proximale du clou (non fendue) et la partie fendue et donc des bris de matériel liés à cet état de fait et surtout lors du traitement de fractures relativement proximales. Ceci se vérifiera pour les clous fémoraux et tibiaux.

La présence du deuxième orifice de verrouillage au niveau fémoral proximal (très proche de la portion fendue du clou) provoquera également des ruptures de l'implant à ce niveau-là. Ceci survenant plus fréquemment lorsque l'orifice de verrouillage était laissé sans vis.

Ces quelques défauts faisaient que les indications de verrouillage et de mises en charge dépendaient fortement du type de fractures et de la localisation. Ainsi les premières indications d'enclouage verrouillé étaient posées schématiquement de la façon suivante :

- les fractures distales étaient verrouillées au niveau distal uniquement (*montage dit dynamique inférieur*) ;
- les fractures proximales étaient verrouillées au niveau proximal uniquement (*montage dit dynamique supérieur*) ;



Figure 3.

- les fractures comminutives étaient verrouillées à la fois au niveau proximal et distal (*montage dit statique*) (fig. 3) ;
- les fractures médiadiaphysaires avec respect de plus de 50 % de la diaphyse bénéficiaient d'un enclouage parfois non verrouillé.

Quel que soit le type d'enclouage effectué, précédée par un alésage (avec des alésoirs souples et tranchants) mené à 1 mm au-dessus du diamètre nominal du clou, la réduction se faisait sur table orthopédique en traction (y compris pour le tibia).

Restait la question du verrouillage distal des clous qui se faisait à mains libres et pour laquelle des solutions furent recherchées durant des décennies. Une solution élégante fut ultérieurement trouvée pour les clous de Grosse & Kempf.

### Le clou de Grosse & Kempf définitif

Des modifications furent apportées tant au niveau du dessin des implants que de celui du matériel ancillaire.



Figure 4.

#### Au niveau des implants fémoraux

- La fabrication du clou se fit à partir d'une seule pièce métallique usinée à partir d'un cylindre d'acier de 1,5 mm d'épaisseur et non plus par soudure de deux éléments tubulaires (évitant ainsi les risques de corrosion au niveau du point de soudure et par ce fait des risques de fracture à ce niveau-là).
- La partie supérieure du clou fut laissée sans fente postérieure sur les 52 premiers millimètres afin de rigidifier le clou dans sa partie proximale pour donner un bon ancrage à la vis de verrouillage supérieur.
- La deuxième vis fémorale proximale transversale fut abandonnée définitivement permettant dans certains cas de « pousser » les indications de l'enclouage vers la partie proximale du fémur (les clous cervico-diaphysaires n'existant pas encore dans leur version actuelle).
- Le diamètre des clous existait de 12 à 16 mm pour les clous standards fendus mais une demande se fit sentir pour des fémurs particulièrement étroits. Ainsi virent le jour des clous de diamètre 10 et 11 mm mais *sans* fente, ce qui signifia un début d'abandon des concepts de Küntscher. L'abandon de la fente sur ces clous fémoraux de faible diamètre s'explique par le désir de ne pas trop diminuer le diamètre des vis de verrouillage au niveau distal. En effet, il convient de conserver suffisamment de métal autour des orifices de verrouillage.
- Les vis de verrouillage étaient différentes au niveau proximal et distal (6,35 mm de diamètre pour les premières avec un filetage continu et 6 mm pour les dernières avec un filetage uniquement distal) (fig. 4).

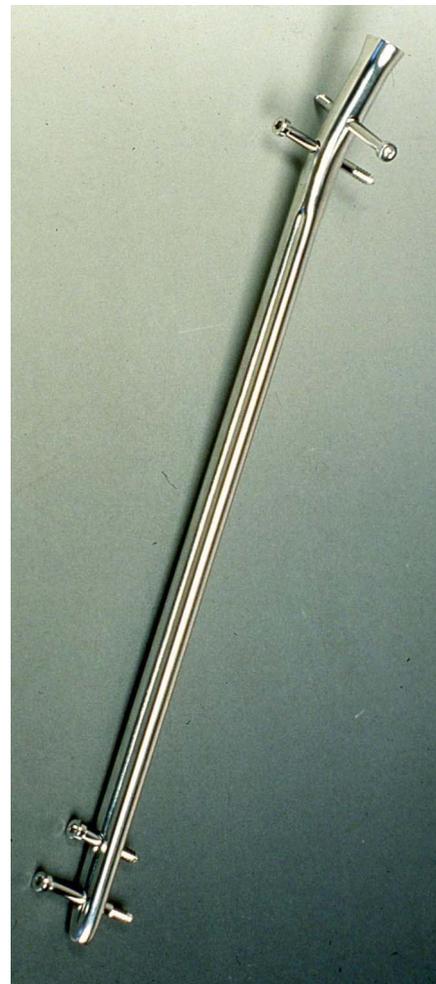


Figure 5.

#### Au niveau des implants tibiaux

- La principale amélioration fut d'apporter au niveau proximal une possibilité de verrouillage antéro-postérieur. Même si ce verrouillage fut contesté en raison des risques vasculaires postérieurs lors d'échappée de mèche, il permit de bien contrôler la bascule antéro-postérieure de la zone métaphysaire proximale.
- Les modifications de procédures de fabrication du clou furent les mêmes que celles apportées au niveau fémoral (usinage à partir d'un cylindre d'acier et non plus soudures de deux tubes dont l'un était fendu) (fig. 5).
- Aux diamètres standards de clous fendus entre 11 et 15 mm furent ajoutés des clous *sans* fente de diamètre 9 et 10 mm.

- Les vis étaient standards de 5 mm de diamètre au niveau proximal et distal.

#### Au niveau des ancillaires

- L'amélioration de la fixation des ancillaires sur les clous permit de diminuer les problèmes de verrouillages proximaux tant au niveau fémoral que tibial.
- Pour diminuer l'importance de l'irradiation au niveau des mains des opérateurs effectuant les techniques à mains libres, des travaux furent entrepris dans deux directions. La première vers des viseurs externes solidaires du clou, la seconde vers des viseurs externes solidaires des amplificateurs de brillance. Il faut dire que de nombreux chirurgiens européens (D. Pennig et E. Brug par exemple) étaient plutôt en faveur de l'optimisation de la visée à main libre en développant des viseurs en partie radio-transparents. Un viseur externe avait été mis au point dès 1978 pour le fémur, puis pour le tibia. Mais cette idée fut assez rapidement abandonnée car l'absence de fiabilité s'expliquait par la déformation possible des clous lors de leur mise en place. Cette déformation survenait dans tous les plans de l'espace et rendait difficile le rattrapage par le viseur, en particulier dans le plan transversal. C'est A. Grosse et D. Lafforgue qui eurent l'idée de solidariser un viseur à l'amplificateur de brillance (fig. 6). Ce viseur consistait en une fourche de visée stérile sur laquelle on pouvait fixer une douille. Cette fourche était elle-même fixée à l'amplificateur de brillance grâce à une embase basculante. Une fois installé, ce viseur était réglé de façon à ce que le rayon passe en son centre.

La visée, consistant à superposer l'image de l'orifice de verrouillage du clou et celle de la douille du viseur, était effectuée par le manipulateur d'électroradiologie [5]. Ceci mettait à l'abri l'opérateur qui à aucun moment n'était proche du rayonnement. Ce viseur fut utilisé pendant plus d'un quart de siècle dans le Service. Il ne fut abandonné qu'à cause du désintérêt des fabricants (des ancillaires stériles et d'amplificateurs de brillance).

#### La question de l'alésage

La question de l'alésage fit débat dans les années 1990. En effet, alors que l'École strasbourgeoise continuait à prôner la poursuite de l'alésage (dans des proportions moindres toutefois car l'utilisation de clous de plus faibles diamètres était devenue la règle), d'autres mettaient en avant la dangerosité de ce processus.

De nombreuses publications (en particulier émanant de l'école suisse) tentèrent de prouver que l'alésage à foyer fermé favorisait l'apparition du syndrome des loges, de l'embolie graisseuse voire de l'infection postopératoire. Il s'ensuivit une véritable mode de clous mis en place sans alésage, sans guide d'enclouage. Cette mode perdura quelques années et on se rendit compte que les risques étaient nettement plus élevés que les bénéfices et que l'effet délétère de l'alésage avait été considérablement surestimé [6, 7]. En effet, le faible diamètre des implants (clous mais également vis de verrouillage) entraînait des conséquences mécaniques indésirables telles que ruptures des implants mais également interdiction de la mise en charge du patient. À telle enseigne que les

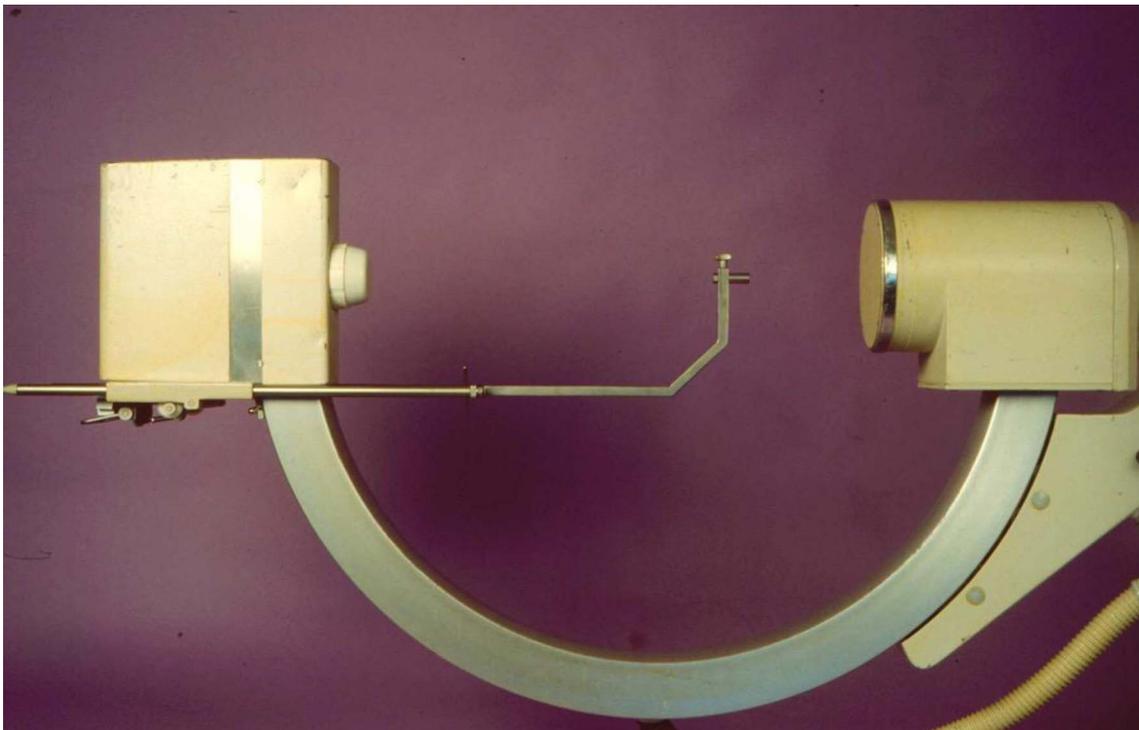


Figure 6.

adeptes de ces techniques remettaient en place des immobilisations complémentaires (plâtre ou traction squelettique) afin de sécuriser leur montage ! De plus les détracteurs de la technique ne considéraient aucunement les effets bénéfiques de l'alésage tant au niveau du contenu des produits d'alésages que des effets sur la vascularisation périostée [8-10].

### Les indications du clou de Grosse & Kempf

L'amélioration des qualités mécaniques des clous permit d'étendre les indications surtout pour ses fractures comminutives diaphysaires. La crainte de voir les implants se rompre lors de la mise en charge du patient faisait que la tendance était de mettre en place des implants de gros calibre afin de minimiser ce risque. Il faut également se souvenir de l'héritage des premiers auteurs qui préconisaient le remplissage maximal du canal médullaire afin de réaliser l'enclavement transversal du clou. Ce concept fut battu en brèche plus tard et il fut admis que l'enclavement se faisait plutôt de façon longitudinale dans le plan sagittal [11]. Ainsi l'utilisation de clous de 14 voire de 15 mm de diamètre au fémur et de 12, 13 mm au tibia n'était pas exceptionnelle. Le fait d'avoir mis au point des clous plus résistants permit de diminuer l'utilisation de ces gros diamètres pour revenir à des diamètres de 12 mm au fémur et 11 mm au tibia. L'alésage restait donc nécessaire, mais le corollaire était de verrouiller les clous de façon statique, c'est-à-dire au niveau des deux extrémités afin de garantir une tenue rotatoire de ceux-ci. Dès le milieu des années 1980, le mot d'ordre était qu'en cas de fractures fraîches, l'enclouage devait se faire après alésage avec des clous verrouillés de façon statique, quelle que soit la localisation de la fracture. La mise en charge était autorisée sauf en cas de comminution ou d'association à des lésions épiphysaires impliquant la présence de lésions cartilagineuses.

### Indications pour le traitement des fractures récentes au niveau fémoral

Les fractures en pleine zone diaphysaire constituent l'indication préférentielle de l'enclouage. Dans cette zone idéale sur le plan biomécanique, l'apport du verrouillage n'a permis que de diminuer le diamètre des clous utilisés.

Dès que l'on s'éloigne de cette zone optimale, le verrouillage apporte la stabilité rotatoire du fragment le plus proche de la fracture.

Ainsi les indications furent poussées au **fémur proximal** pratiquement jusqu'au niveau de la zone trochantérienne (les clous cervico-diaphysaires n'ayant pas encore été développés à cette époque). La limite proximale de l'utilisation du clou fut définie par le fait de pouvoir mettre en place le dispositif de verrouillage en amont de la fracture. Comme nous l'avons vu, le clou Grosse & Kempf élaboré ne disposait plus que d'une vis de verrouillage proximal oblique à 130° vers le bas, ce qui permit de traiter des fractures quasi inter-trochantériennes transversales en regard du petit trochanter. Le corollaire de ces indications limitées proximales était toutefois de ne pas autoriser l'appui pendant une durée minimale de huit

semaines. La sollicitation importante du matériel avait d'ailleurs amené des ruptures du clou en regard du début de la fente postérieure du clou. Ces observations ont mené par la suite aux réflexions mécaniques qui donnèrent naissance à l'idée du clou cervico-diaphysaire.

Dans les **fractures comminutives** diaphysaires, la difficulté majeure consistait à introduire l'extrémité distale du clou dans le canal médullaire du fragment distal. Ceci était rendu possible par le béquillage du guide d'alésage qui permettait d'orienter l'extrémité de celui-ci dans les différents plans de l'espace. La deuxième difficulté résidait dans le fait qu'il fallait donner la longueur exacte au fémur fracturé, la référence étant donnée par la mesure du fémur controlatéral. Cette mesure se faisait encore à l'époque par des techniques classiques, l'utilisation du mode radio d'un examen scanographique n'étant pas encore développée au début des années 1980.

Le grand intérêt de l'utilisation du clou verrouillé de façon statique dans ce type de lésion était de pouvoir autoriser la mobilisation immédiate des articulations du membre pelvien concerné. L'appui était toutefois prohibé durant les 8 à 12 semaines postopératoires. Pour des raisons mécaniques et biologiques, déjà évoquées par ailleurs, et dans l'optique d'obtenir une meilleure qualité du cal osseux périphérique, Kempf et Grosse préconisaient la *dynamisation du montage* ; la dynamisation consistant en l'ablation du verrouillage, soit proximal, soit distal, en fonction de la localisation principale de la fracture. Ainsi une fracture comminutive siégeant plutôt dans la partie proximale du fémur était « dynamisée » par ablation des vis de verrouillage distales [12].

Pour les **fractures fémorales distales**, la règle de base reposait sur la possibilité de mise en place dans de bonnes conditions techniques des deux vis de verrouillage dans le fragment distal [13].

Pour pousser les indications encore plus loin, nous fûmes obligés de couper l'extrémité distale du clou avant de faire procéder à des modifications du design que nous décrirons plus loin (fig. 7a et b). Mais comme pour tous les enclouages, la qualité du résultat était fortement dépendante de la qualité de la réduction. Toutes les astuces de réduction, telles que la position du clou de Steinmann permettant de fixer l'étrier de traction peropératoire, le fait de mettre le genou en extension, furent dès cette époque (et le sont encore aujourd'hui) enseignées par l'école strasbourgeoise.

### Autres Indications au niveau fémoral

L'enclouage de Grosse & Kempf permit également de traiter les **pseudarthroses** [14]. La technique avait été bien codifiée, en particulier en ce qui concerne l'étape préliminaire d'ablation du matériel encore en place. Cette ablation ne posait pas de problème en cas de plaques vissées, si ce n'est l'extraction des vis parfois cassées. En revanche, les problèmes pouvaient être plus complexes lorsqu'il s'agissait de rupture de clous cassés. Dans ces situations, l'utilisation de crochets d'extraction introduits dans l'âme du clou, déjà décrits par Küntscher, a été grandement améliorée. Comme en cas de fractures fraîches, l'étape de l'alésage s'avère indispensable. Elle permet en effet d'apporter dans le foyer de pseudarthrose les produits d'alésage



Figure 7.

riches en éléments cellulaires et en inducteurs de l'ossification. Comme déjà décrit plus haut, le rôle de stimulation de la vascularisation périostée est particulièrement important pour permettre la consolidation de ces pseudarthroses. Les traitements adjuvants, tels la décortication/greffe selon R. Judet, ne furent plus nécessaires sauf dans les cas de pseudarthroses atrophiques sévères.

Un autre champ d'application qui bénéficia grandement du verrouillage des clous fut celui des **ostéotomies** réalisées à foyer fermé et utilisant des scies endomédullaires décrites elles par G. Küntscher [15] et améliorées par R. Winquist [16] (fig. 8). Les limites dans l'allongement extemporané étant de 3 centimètres, tout allongement au-delà de cette longueur dut être traité par d'autres techniques progressives (fixation externe par exemple). Les ostéotomies de dérotation bénéficièrent grandement de cette technique.

#### Indications pour le traitement des fractures récentes au niveau tibial

Concernant les **fractures tibiales proximales**, c'est encore l'installation et le point d'entrée du clou qui conditionnent la qualité du résultat final de l'enclouage verrouillé. La compression postérieure du fragment proximal par un appui mal positionné dans le creux poplité a été l'un des problèmes le plus rapidement identifié et résolu. Le conflit entre l'extrémité du clou et la corticale tibiale postérieure entraîne un risque de fracture iatrogène de celle-ci, surtout si le marteau est utilisé de façon brutale. L'hyper alésage (+ 2 mm) et la mise en place

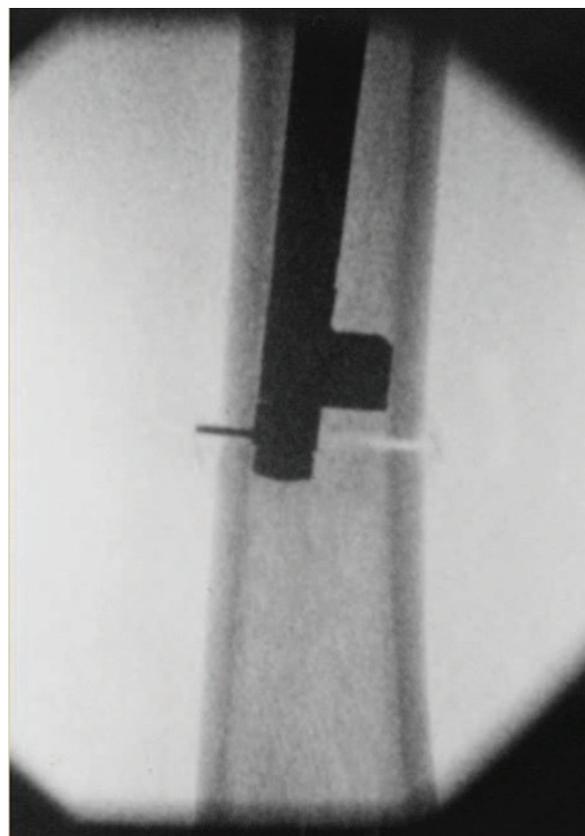


Figure 8.

du clou à la main furent donc dès cette époque fortement encouragés.

La présence de la vis antéro-postérieure a permis de solutionner bien des bascules dans le plan sagittal, à condition que la prise de la vis dans la corticale tibiale postérieure soit effective [17]. Le problème qui se posait fut celui du risque de fausse route au moment du méchage avec lésions vasculaires au niveau du paquet poplité. On verra par la suite que ce risque fut pris en compte dans le développement des clous de deuxième génération, évolution logique des clous de Grosse & Kempf.

Les **fractures comminutives** ne présentent pas de différences notables avec les fractures fémorales du même type. Là aussi l'appui est différé jusqu'à la 8<sup>e</sup> semaine en moyenne.

Dans les **fractures bifocales**, le risque majeur est celui d'entraînement avec rotation du fragment intermédiaire au moment de l'alsage. Celui-ci doit être mené de 0,5 en 0,5 mm et le fragment intermédiaire doit être contrôlé de façon percutanée à l'aide d'un davier à pointe.

Pour les **fractures distales**, les indications du clou G & K purent être poussées jusque dans des zones anatomiques précédemment réservées au traitement par longues plaques avec les risques que l'on connaît. Cependant le dessin du clou faisait que, pour les fractures très distales, nous avons été parfois obligés de couper les clous afin de respecter la règle de pouvoir mettre deux vis dans le fragment distal (fig. 9). Pour éviter ceci, le clou de Grosse & Kempf fut l'objet de modifications qui menèrent aux clous de deuxième génération.

Comme pour toutes les fractures fraîches, l'indication d'un verrouillage statique (c'est-à-dire aux deux extrémités du clou) est recommandée quel que soit le type de fracture. Mais lorsque la fracture reste relativement distale, le verrouillage proximal n'est effectué qu'avec une vis de verrouillage transversal, toujours dans l'idée de ne pas prendre de risque avec le méchage antéro-postérieur.

### Autres Indications au niveau tibial

Les **pseudarthroses tibiales**, relativement fréquentes après traitement orthopédique, bénéficièrent grandement du traitement par enclouage verrouillé. Deux questions restèrent cependant en suspens au début de l'expérience : celle du type de verrouillage (statique ou dynamique) et celle de la nécessité d'une ostéotomie associée de la fibula. Afin de stimuler de façon mécanique le site de pseudarthrose, le verrouillage dynamique fut retenu en positionnant les vis de verrouillage proches du foyer de pseudarthrose (ainsi pour une pseudarthrose distale un verrouillage uniquement distal est préconisé, laissant les orifices de verrouillage proximal libres).

Malgré les réticences de procéder à une ostéotomie fibulaire associée, réticences exprimées par les tenants d'une éventuelle greffe inter-tibiofibulaire future, il fut décidé de réaliser l'ostéotomie de la fibula de façon quasi systématique.

Les **ostéotomies tibiales à foyer fermé**, plus difficiles sur le plan technique mais également plus risquées sur le plan de la



Figure 9.

survenue d'un éventuel syndrome compartimental, ne furent pas trop encouragées.

### Évolutions ultérieures du clou de Grosse & Kempf

À la lumière des premières expériences du clou de Grosse & Kempf, des modifications du dessin du clou s'imposèrent.

*Au niveau du clou fémoral* tout d'abord, le dessin de l'extrémité distale fut modifié avec des orifices distaux plus resserrés et plus proches de la pointe du clou. Ceci permit d'étendre les indications de l'enclouage à des fractures encore plus distales que précédemment.

*Au niveau du clou tibial*, la même modification fut effectuée au niveau de la disposition des orifices de verrouillage distaux.

### Vers les clous de deuxième génération (S2<sup>®</sup> - T2<sup>®</sup>)

Quelques années passèrent et c'est à la fin des années quatre-vingt-dix que de nouvelles modifications sont effectuées.

#### • Évolution des clous fémoraux

Les clous n'ont plus de fentes postérieures et perdent leur forme trifoliée, abandonnant ainsi définitivement les concepts d'enclavement transversal. Le clou n'est plus introduit en force au marteau mais le plus souvent à la main et il est verrouillé de façon statique quasi systématiquement. Ceci, d'autant plus que des clous de faible diamètre sont développés (9 mm au fémur et 8 mm au tibia).



Figure 10.

De nouvelles indications apparaissent notamment pour le fémur proximal donnant naissance aux clous cervico-diaphysaires (Gamma®).

Les clous fémoraux subissent des modifications avec l'apparition en plus de la vis oblique, de vis transversales frontales avec l'idée de les utiliser de **façon rétrograde** également et avec le même matériel ancillaire ! Ces clous avec de nombreuses options sont encore fabriqués en acier (S2®).

Sous la poussée des industriels, les clous sont peu à peu fabriqués en alliage de titane (T2®) car les procédés de fabrication sont simplifiés. Des clous spécifiques sont alors mis au point en fonction des indications : clous de reconstruction, clous supra-condyliens par exemple (fig. 10).

#### • Évolution des clous tibiaux

Parallèlement, l'évolution est la même au niveau tibial et concerne tout d'abord les orifices de verrouillage. Au *niveau proximal* tout d'abord, disparition de l'orifice antéro-postérieur trop dangereux et passage à deux vis frontales (S2®) puis dans les dernières versions à une vis transversale et deux vis obliques dans le plan sagittal (T2®).

Au *niveau distal*, les orifices de verrouillage sont toujours plus distaux et on ajoute un orifice de verrouillage antéro-postérieur. Ceci va permettre de traiter des fractures de plus en plus distales et la fixation de fragments tibiaux distaux et postérieurs.

La standardisation de la visserie (pratiquement que des vis de 5 mm de diamètre, sauf les vis particulières au niveau des condyles fémoraux) facilite également la gestion des stocks dans les blocs opératoires et simplifie le matériel ancillaire.

Enfin les ancillaires se sont adaptés au dessin des nouveaux clous.

## Conclusion

Le développement puis l'utilisation de clous verrouillés permirent de transformer le traitement des fractures diaphysaires en particulier au niveau du membre pelvien porteur. En apportant un montage stable dans les fractures complexes, la mobilisation des articulations put être encouragée dès le lendemain de l'intervention. Le montage solide dans les fractures avec appui cortical conservé autorise même la mise en charge complète immédiate.

Le concept imaginé par Küntscher fut repris, développé et amélioré au fil des décennies en particulier par l'école strasbourgeoise et reste encore à la base de tous les nouveaux développements actuels.

*L'auteur tient à remercier I. Kempf pour son enseignement et les anecdotes recueillies lors de leurs nombreux échanges récents. Il tient aussi à remercier A. Grosse de lui avoir communiqué sa passion pour la traumatologie.*

## Références

- [1] Butel J. Clou fasciculé pour l'enclouage centromédullaire. *Rev Chir Orthop*, 1969; 51: 563-565.
- [2] Schvingt E., Jacquemaire B., Babin S., Katzner M. L'enclouage d'alignement des fractures diaphysaires du fémur. *Rev Chir Orthop*, 1976; 62: 137-149.
- [3] Klemm K., Schellmann WD. Dynamische und statische Verriegelung des Marknagels, *Monatsschr Unfallheilk*, 1972; 75 : 568-575.
- [4] Jaeger J.H., Grosse A., Bouchet P., Kempf I. Étude biomécanique de l'enclouage centromédullaire du fémur et du tibia. *GEBOAS*, 1976; 4-5.
- [5] Kempf I., Grosse A., Taglang G. Enclouage verrouillé du fémur et du tibia. In : *Cahiers d'enseignement de la SOFCOT*, 39: 25-26. Paris, Expansion Scientifique Française, 1990.
- [6] Clatworthy M.G., Clark D.I., Gray D.H., Hardy A.E. Reamed versus unreamed femoral nails A randomized prospective trial. *J Bone Joint Surg (Br)*, 1998; 80-B: 485-9.
- [7] Bhandari M., Guyatt G.H., Tong D., Adili A., Shaughnessy S.G. Reamed versus nonreamed intramedullary nailing of lower extremity long bone fractures: a systematic overview and meta-analysis. *J Orthop Trauma*, 2000; 14: 2-9.
- [8] Reichert I.L.H., McCarthy I.D., Hughes S.P.F. The acute vascular response to intramedullary nailing: microsphere estimation of blood flow in the intact ovine tibia. *J Bone Joint Surg (Br)*, 1995; 77-B: 490-3.
- [9] Frölke J.P., Nulend J.K., Semeins C.M., Bakker F.C., Patka P., Haarman H.J. Viable osteoblastic potential of cortical reamings from intramedullary nailing. *J Orthop Res*, 2004; 22: 1271-1275.
- [10] Wenisch S., Trinkaus K., Hild A, *et al.* Human reaming debris: a source of multipotent stem cells. *Bone*, 2005; 36: 74-83.
- [11] Kempf I., Jaeger J.H., Clavert J.M., Mochel D., Glaesener R. L'enclouage centromédullaire avec alésage. Critique théorique et expérimentale des principes de Küntscher. *Rev Chir Orthop*, 1978; 64: 629-634.

- [12] Kempf I., Grosse A., Lafforgue D. L'apport du verrouillage dans l'enclouage centromédullaire des os longs. *Rev Chir Orthop*, 1978; 64: 635-651.
- [13] Leung K.S., Shen W.Y., So W.S., Mui L.T., Grosse A. Interlocking intramedullary nailing for supracondylar and intercondylar fractures of the distal part of the femur. *J Bone Joint Surg*, 1991; 73-A: 332-340.
- [14] Kempf I., Grosse A., Rigaud P. The treatment of non-infected pseudarthrosis of the femur and tibia with locked intramedullary nailing. *Clin Orthop Relat Res*, 1986; 212: 142-154.
- [15] Küntscher G. Operationstechnik – die Innensäge. *Chirurg*, 1964; 9: 413-415.
- [16] Winquist R.A. Closed intramedullary osteotomies of the femur. *Clin Orthop*, 1986; 212: 155-164.
- [17] Taglang G. Proximal and distal Tibia Fractures. In: *Practice of Intramedullary Locked Nails* (pp. 23-28), Berlin, Heidelberg, Springer Verlag, 2002.