

RADIOGRAPHIE STANDARD DU GENOU : LES SURFACES ARTICULAIRES

J. MALGHEM, B. MALDAGUE, F. LECOUVET, P. SIMONI, B. VANDE BERG

La lecture des radiographies standards du genou est complexe : l'anatomie de cette articulation est constituée de plusieurs compartiments qui peuvent se superposer. Ces compartiments comportent de multiples détails anatomiques qui sont facilement reconnus par l'imagerie en coupe mais dont la reconnaissance est également souvent possible sur des radiographies standards, pour autant que l'on prenne la peine d'en décrypter les superpositions.

Notre attention portera sur la lecture des surfaces articulaires avec :

- 1) la reconnaissance de l'anatomie différenciée des surfaces médiales et latérales ;
- 2) la reconnaissance de l'aspect particulier de l'os sous-chondral abrasé ;
- 3) la présence occasionnelle d'anomalies focales subtiles dans l'os sous-chondral, dans des cas de lésions osseuses isolées ou associées à une lésion cartilagineuse ou méniscale.

ANATOMIE DIFFÉRENCIÉE DES SURFACES ARTICULAIRES

Articulation fémoro-tibiale

Dans le plan frontal, la morphologie des surfaces articulaires fémorales et tibiales est relativement simple : régulièrement convexe pour les pôles inférieurs des condyles fémoraux et régulièrement concaves pour les plateaux tibiaux (fig. 1).

En revanche, dans le plan sagittal, les surfaces médiales et latérales ont des surfaces différentes, facilement reconnaissables sur les coupes sagittales en TDM ou IRM, mais également sur de simples radiographies de profil (fig. 2-3) :

- *Plateaux tibiaux* : dans le plan sagittal, le plateau tibial médial forme, de manière pratiquement constante, une surface largement concave [1, 2], tandis que le plateau tibial latéral, plus

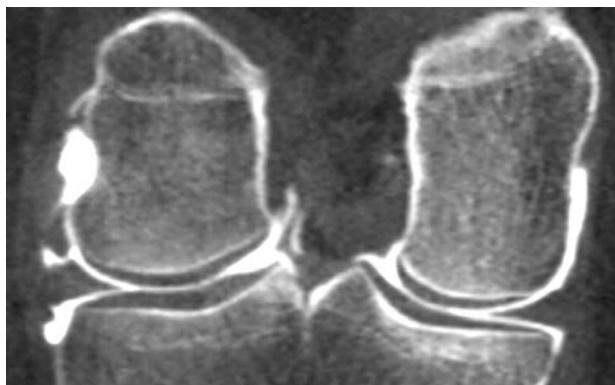


Fig. 1 : Morphologie des surfaces articulaires fémorales et tibiales dans le plan frontal : aspect régulièrement convexe des condyles fémoraux et régulièrement concave des plateaux tibiaux.

court, est généralement convexe (ibid.) ou pratiquement plat (dans plus d'un tiers des cas [2]). Cette différenciation des plateaux est liée à une différence fonctionnelle des deux compartiments fémoro-tibiaux : lors des mouvements de rotation dans un genou fléchi, la convexité du

plateau tibial latéral permet un glissement antéro-postérieur relativement important du condyle fémoral, tandis que la concavité du plateau tibial médial limite la mobilité antéro-postérieure du condyle correspondant [3, 4] (fig. 4). Cette mobilité moindre du compartiment médial est

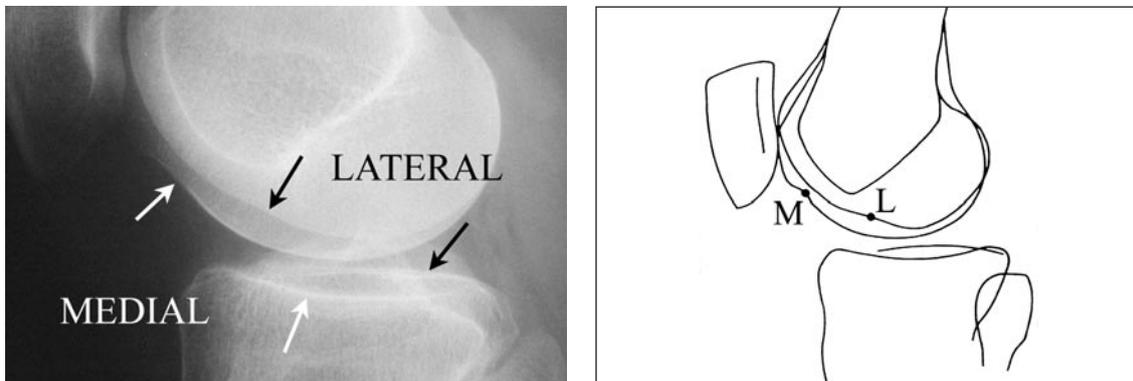


Fig. 2 : Différenciation des surfaces fémoro-tibiales de profil : dans le compartiment médial (flèches blanches), le plateau tibial est très régulièrement concave et le condyle comporte une encoche inconstante dans sa portion antérieure. Dans le compartiment latéral (flèches noires), le plateau tibial est généralement convexe (ou plat) et le condyle comporte pratiquement toujours une dépression relativement large dans la partie moyenne de son pôle inférieur.

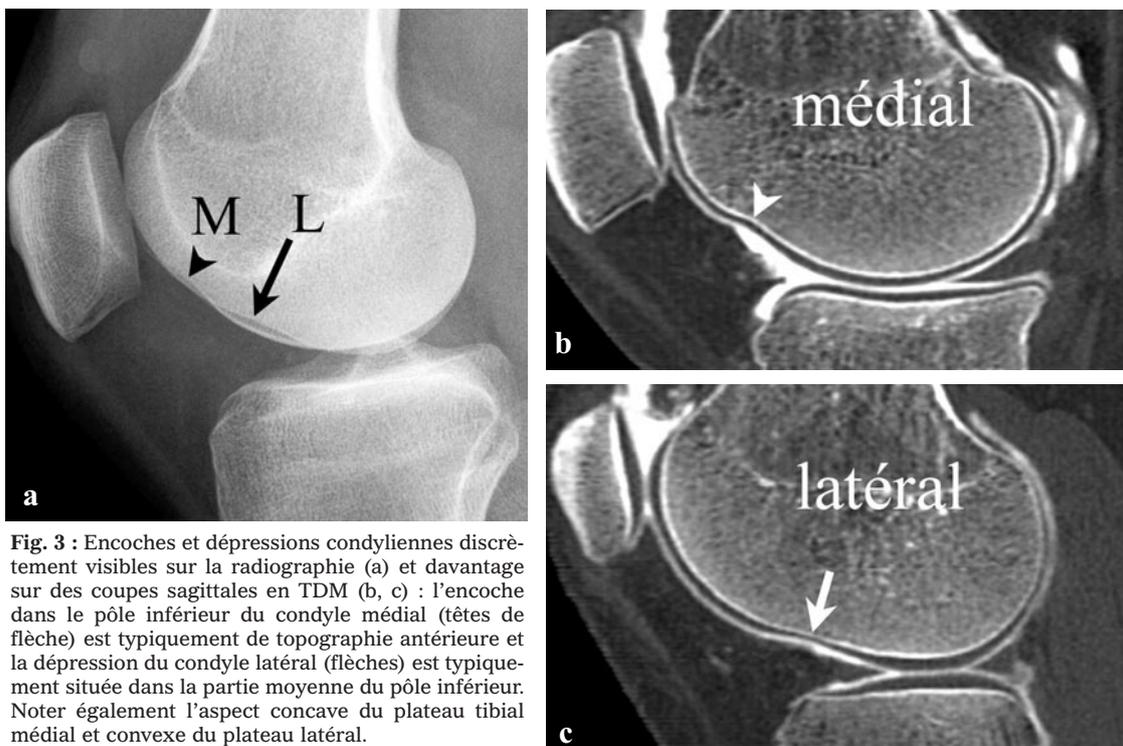


Fig. 3 : Encoches et dépressions condyliennes discrètement visibles sur la radiographie (a) et davantage sur des coupes sagittales en TDM (b, c) : l'encoche dans le pôle inférieur du condyle médial (têtes de flèche) est typiquement de topographie antérieure et la dépression du condyle latéral (flèches) est typiquement située dans la partie moyenne du pôle inférieur. Noter également l'aspect concave du plateau tibial médial et convexe du plateau latéral.

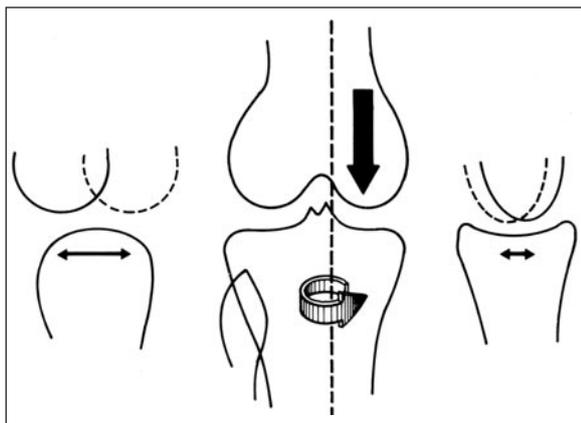


Fig. 4 : Schéma expliquant la fonction différenciée des compartiments fémoro-tibiaux : la rotation dans un genou fléchi résulte du glissement antéro-postérieur des condyles sur les plateaux tibiaux. Ce glissement est plus important dans le compartiment latéral grâce à la forme convexe des deux surfaces. En revanche, dans le compartiment médial, la forme concave du plateau tibial limite le déplacement antéro-postérieur du condyle. Il en résulte que l'axe de rotation du genou n'est pas strictement central mais décalé vers le compartiment médial (ligne pointillée verticale). Cette différenciation fonctionnelle est associée au fait que le compartiment médial supporte la majorité des charges mécaniques (grosse flèche) : "le compartiment médial est celui de la stabilité, le compartiment latéral celui de la mobilité".

associée au fait que ce compartiment supporte la partie dominante des charges mécaniques [5, 6] : en quelque sorte, "**le compartiment médial est celui de la stabilité et le compartiment latéral celui de la mobilité**".

- **Condyles fémoraux** : ils comportent, à des degrés variables, des particularités dans la convexité de leurs faces inférieures [2, 7, 8] (fig. 2) : le condyle latéral comporte une dépression relativement large dans la partie moyenne de son pôle inférieur [1], présente dans 90 % des cas et est même franchement marquée dans près de la moitié [2]. Le condyle médial est plus variable : il peut présenter une encoche dans la partie antérieure de son pôle inférieur mais, dans plus de la moitié des cas, cette encoche manque [2] ou elle est remplacée par des irrégularités subtiles [1] (fig. 5). La signification de

ces dépressions ou encoches condyliennes varie selon les auteurs : certains considèrent qu'elles marquent la zone frontière entre les surfaces articulaires fémoro-tibiales et fémoro-patellaires [9, 10], d'autres considèrent qu'elles résultent de l'empreinte des ménisques sur les condyles [1, 9-11] ou qu'elles résultent d'un

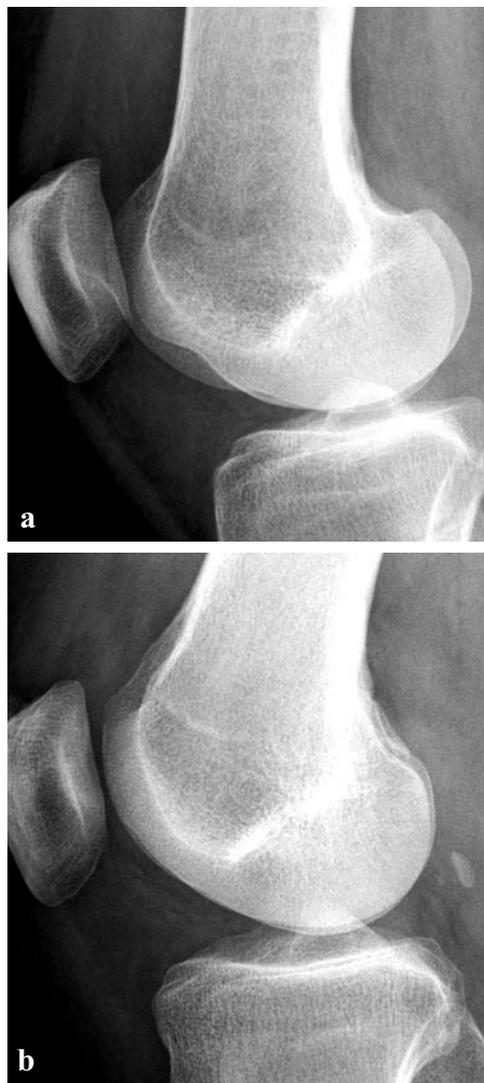


Fig. 5 : Variations dans la forme du pôle inférieur des condyles : selon les morphologies individuelles, les encoches et dépressions des pôles inférieurs des condyles peuvent être très marquées (a) ou très discrètes (b), l'encoche du condyle médial étant moins constante que la dépression du pôle inférieur du condyle latéral.



Fig. 6 : Rapports avec les ménisques : en hyperextension, les surfaces cartilagineuses fémoro-tibiales antérieures sont en contact intime dans le compartiment médial (a) et la petite corne antérieure du ménisque correspondant est extrudée en dehors de l'interligne. Dans le compartiment latéral en revanche (b), la dépression du pôle inférieur du condyle fémoral recouvre la partie antérieure du plateau cartilagineux et la large corne antérieure du ménisque.

contact avec le bord antérieur des plateaux tibiaux lors de l'extension du genou [12], accompagnant une extrusion hors des interlignes articulaires des cornes méniscales antérieures. En réalité, ces mécanismes sont justes ou faux selon les compartiments : lors de l'extension maximale du genou, la dépression relativement large du pôle inférieur du condyle latéral moule une surface régulièrement convexe formée par le cartilage tibial et la corne antérieure du ménisque, qui est donc recouvert par le condyle. En revanche, dans le compartiment médial, l'encoche condylienne antérieure correspond strictement à l'empreinte du rebord antérieur du plateau tibial concave, la corne antérieure du ménisque étant extrudée en avant de l'interligne articulaire [2] (fig. 6). La morphologie des condyles fémoraux correspond donc à une image en miroir des plateaux tibiaux correspondants : la dépression de la partie moyenne du pôle inférieur du condyle latéral moule la convexité régulière du plateau tibial latéral, tandis que l'encoche antérieure –

inconstante – du condyle médial correspond au rebord antérieur du plateau tibial médial concave, en contact intime lors de l'extension maximale du genou (fig. 7).

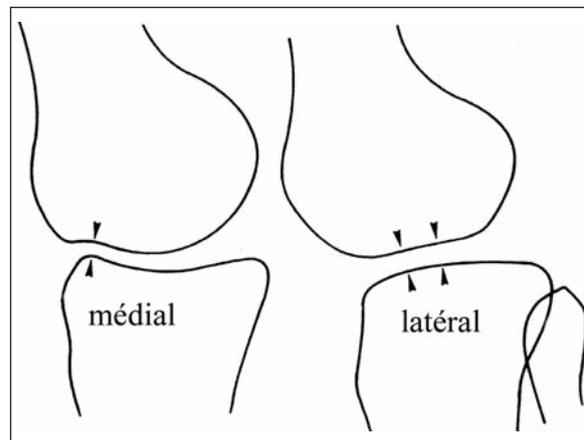


Fig. 7 : Rapport des surfaces fémoro-tibiales en extension maximale : la forme des pôles inférieurs des condyles correspond à l'image "en miroir" des plateaux tibiaux correspondants. L'encoche antérieure du condyle fémoral médial correspond au rebord antérieur du plateau tibial et la dépression du pôle inférieur du condyle latéral correspond à la convexité du plateau tibial correspondant (têtes de flèches).

La lecture attentive de ces lignes et la connaissance de leurs variantes permet d'en reconnaître des anomalies focales significatives : par exemple le décrochement focal d'une surface articulaire en cas de fracture ou le collapsus débutant d'une lésion d'ostéonécrose (fig. 8) ou d'une ostéochondrite disséquante mal visible sur le cliché de face (fig. 9). Dans ce cas, l'examen attentif du cliché de profil peut permettre de reconnaître le segment condylien

à amener en vue tangentielle pour réaliser un nouveau cliché de face en position de flexion ajustée (fig. 9c). Un autre exemple de l'intérêt de cette reconnaissance des variantes normales est de pouvoir différencier la dépression normale du pôle inférieur du condyle latéral d'une encoche produite au cours d'une rupture du ligament croisé antérieur, par impaction du pôle inférieur du condyle contre le bord postérieur du plateau tibial (fig. 10) : ces

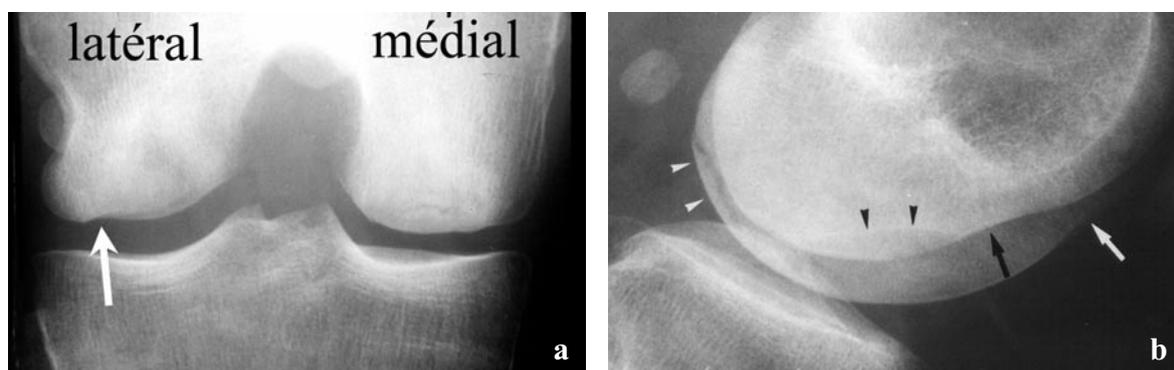


Fig. 8 : Ostéonécrose des condyles fémoraux, d'origine systémique (patiente sous cortico-thérapie) : (a) le cliché de face en flexion objective une condensation hétérogène des deux condyles et un collapsus débutant du pôle inférieur du condyle latéral (flèche). Le condyle médial, dans cette incidence, paraît de contour normal. En revanche, sur le cliché de profil (b), les contours condyliens comportent non seulement les déformations anatomiques normales (flèche blanche pour le condyle médial et noire pour le latéral) mais également des lignes additionnelles anormales (têtes de flèches), notamment une dissection osseuse sous-chondrale très typique dans le pôle postérieur du condyle médial (têtes de flèches blanches), attestant également d'une fracture dans le territoire nécrotique du condyle médial.



Fig. 9 : Contrôle d'une ostéochondrite du condyle fémoral médial : (a) le cliché de face de routine, réalisé en position de flexion montre une hétérogénéité de la structure osseuse, sans déformation nette de la surface : cet aspect pourrait être considéré comme correspondant à une lésion intra-osseuse non disséquée. L'examen attentif du cliché de profil (b) montre une petite ligne anormale (tête de flèche), en territoire condylien inférieur. Un cliché de face additionnel (c), réalisé dans une position de très faible flexion, tangente au territoire suspect repéré de profil, visualise une dépression focale nette avec fine dissection osseuse (flèche) attestant d'une ostéochondrite disséquante non guérie.

encoches anormales se distinguent par une profondeur supérieure à 1.5 à 2 mm [13, 14] ou par son rayon de courbure plus court ou plus anguleux, ou encore par son caractère asymétrique ou par une topographie décalée et dédoublée par rapport au centre de la dépression condylienne anatomique.

Sur des clichés de face en légère flexion, cette encoche anguleuse peut créer une image de double contour du pôle inférieur du condyle [15] (fig. 11). L'impaction du condyle contre le bord postérieur du plateau tibial peut également entraîner une déformation de celui-ci [16].

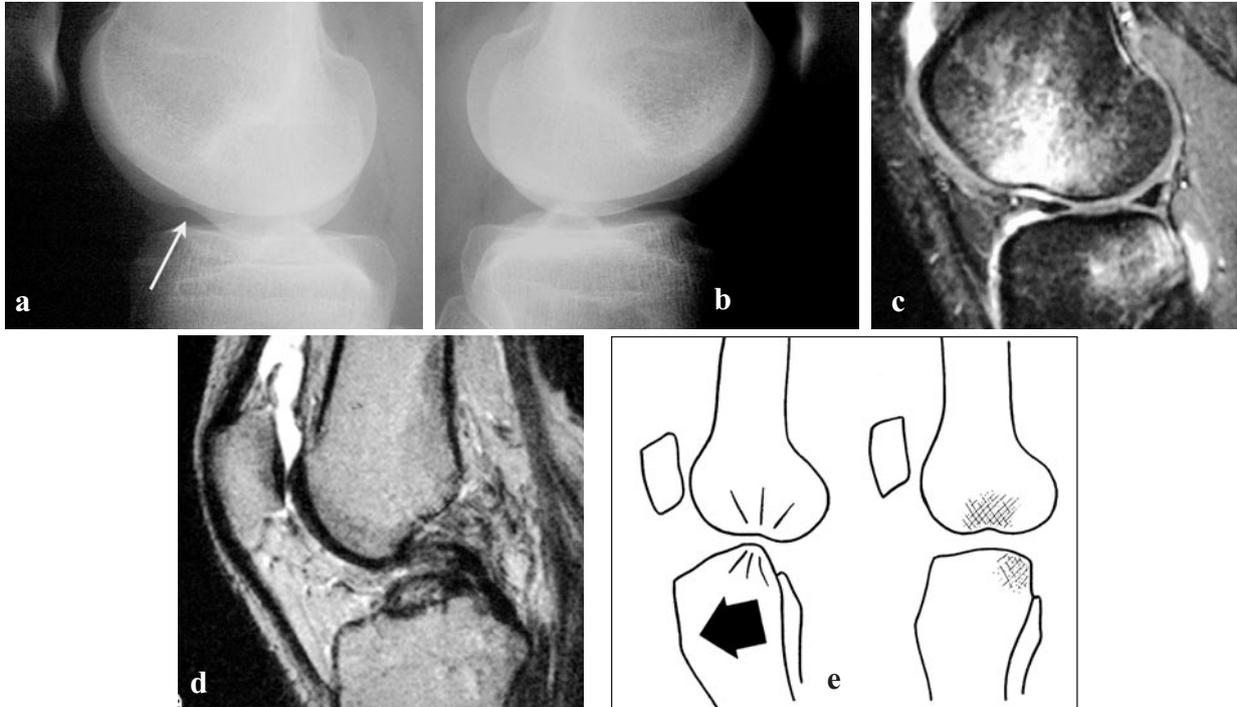


Fig. 10 : Encoche profonde dans le pôle inférieur du condyle fémoral latéral (flèche en a) nettement trop marquée par rapport au côté controlatéral (b). La coupe sagittale en IRM pondérée T2 (c) montre que cette déformation anormale du pôle inférieur du condyle fémoral est associée à une importante infiltration de type œdémateux de la moelle osseuse adjacente, ainsi que de celle de la partie postérieure du plateau tibial correspondant. Ces lésions sont consécutives à la rupture du ligament croisé antérieur (d) : coupe sagittale médiane. Le mécanisme de ces impactions, au cours de la rupture du LCA, est illustré par le schéma (e).

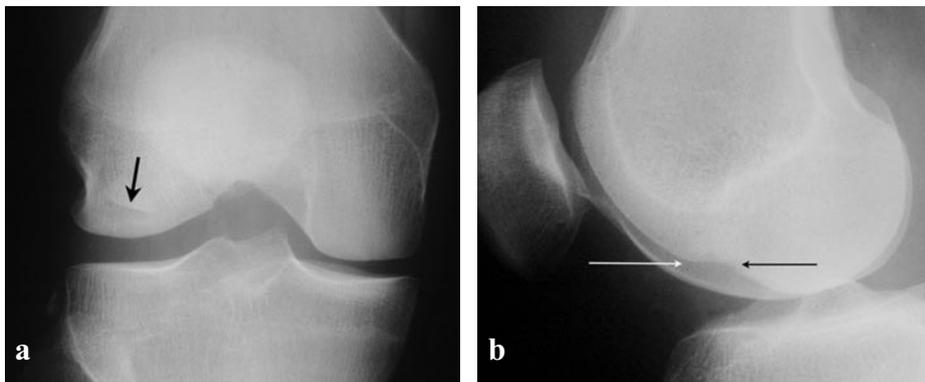


Fig. 11 : Visualisation d'un double contour anormal dans le pôle inférieur du condyle fémoral latéral (flèche en a) sur un cliché de face en légère flexion. Cette ligne est consécutive à une tangence à une partie de cette dépression visible de profil (flèches en b).

Articulation fémoro-patellaire

Dans le plan axial, la patella est constituée de deux surfaces situées de part et d'autre d'une crête. La surface médiale, la plus petite, est généralement convexe et la surface latérale, plus large, est concave. La patella s'articule avec la trochlée fémorale, dont la surface médiale est également plus petite et dont la surface latérale plus large et convexe moule la facette patellaire correspondante (fig. 12). Dans l'articulation fémoro-patellaire, les contraintes dominantes portent sur le compartiment latéral, en raison de l'orientation en haut et en dehors de l'axe du quadriceps.

Le cliché standard de profil permet également d'individualiser ces deux compartiments articulaires :

- pour la patella, en vue de profil strict, le rayon incident est tangent à la crête et à la partie latérale de la facette latérale concave, de topographie plus antérieure. La facette médiale, plus plate ou convexe, n'offre pas de tangence au rayon incident.
- pour la trochlée fémorale, le rayon incident de profil est tangent au fond de la gorge et, plus en avant, aux deux berges trochléennes (fig. 13).

La reconnaissance individuelle des berges trochléennes est le plus souvent possible : la latérale se prolonge plus haut et apparaît presque toujours plus dense que la médiale [2] : cette différence résulte de ce que cette berge latérale,

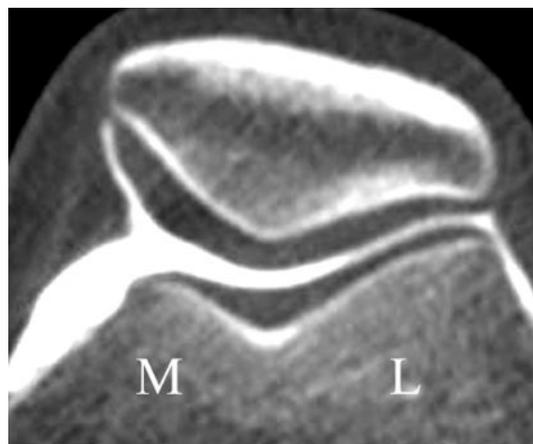


Fig. 12 : Rappel de l'anatomie de l'articulation fémoro-patellaire dans le plan axial : la patella comporte une facette latérale concave, dont la partie la plus latérale est située dans un plan pratiquement frontal. La facette médiale, plus plate ou convexe, est d'obliquité plus marquée (pas de tangence sur le cliché de profil). L'asymétrie se retrouve également dans la trochlée, dont la berge médiale est plus petite que la latérale. Noter également la densité plus marquée de l'os sous-chondral de la facette patellaire latérale, résultant des contraintes dominantes dans ce compartiment.

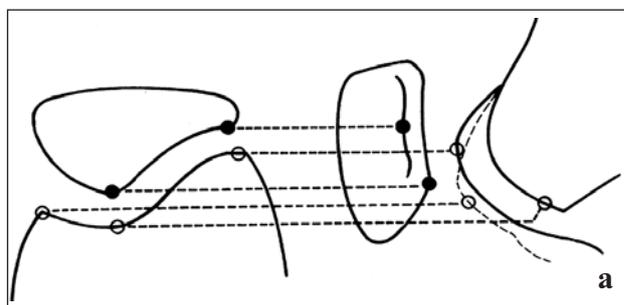


Fig. 13 : Schéma (a) et radiographie (b) montrant la visualisation de surfaces articulaires fémoro-patellaires de profil : pour la patella et la trochlée, les surfaces les plus postérieures vues tangentiuellement correspondent à la crête patellaire et au fond de la gorge trochléenne (flèches), tandis que les structures plus antérieures correspondent à la facette patellaire latérale et aux berges antérieures de la trochlée (têtes de flèche). Noter que la berge antérieure du condyle fémoral médial (tête de flèche blanche) apparaît moins dense que celle du condyle latéral (tête de flèche noire) car l'une correspond à un simple bord et l'autre à une surface plus large.



convexe dans le plan transverse, offre au rayon incident de profil la tangence à une surface tandis que la berge interne ne correspond qu'à un simple bord.

Les applications de la lecture de ces repères sont multiples : reconnaître sur les clichés de profil des pincements d'interlignes articulaires (fig. 14) mais également reconnaître indirectement les instabilités patellaires ainsi que les insuffisances de creusement de la trochlée fémorale qui les favorisent. En position de profil strict, la facette patellaire latérale se projette normalement un peu en avant de la crête. En cas de bascule modérée, les deux lignes se superposent ("faux-profil latéral") et en cas de bascule majeure, le bord latéral de la patella se projette en arrière de la crête ("faux-profil latéral dépassé") [17] (fig. 15). Cette analyse indirecte de la position patellaire dans le plan transverse a l'avantage de pouvoir être effectuée dans tous les degrés de flexion du genou, y compris les plus faibles, et même en extension (qui n'est pas accessible à la radiographie standard en vue axiale) (fig. 16).

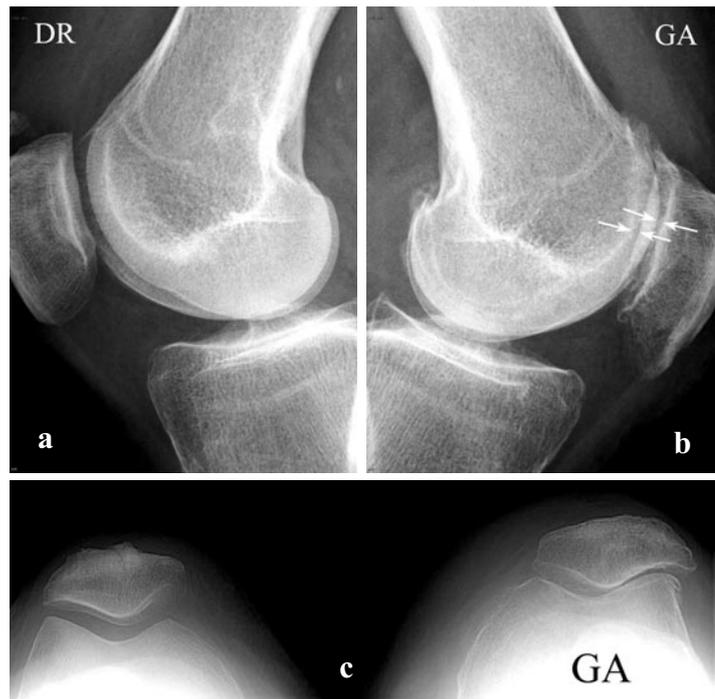


Fig. 14 : Dans un cas d'arthrose fémoro-patellaire unilatérale, la comparaison des clichés de profil (droit en a et gauche en b) permet de reconnaître le pincement des interlignes articulaires du côté gauche (flèches). Cette lésion est confirmée par la vue axiale (c).

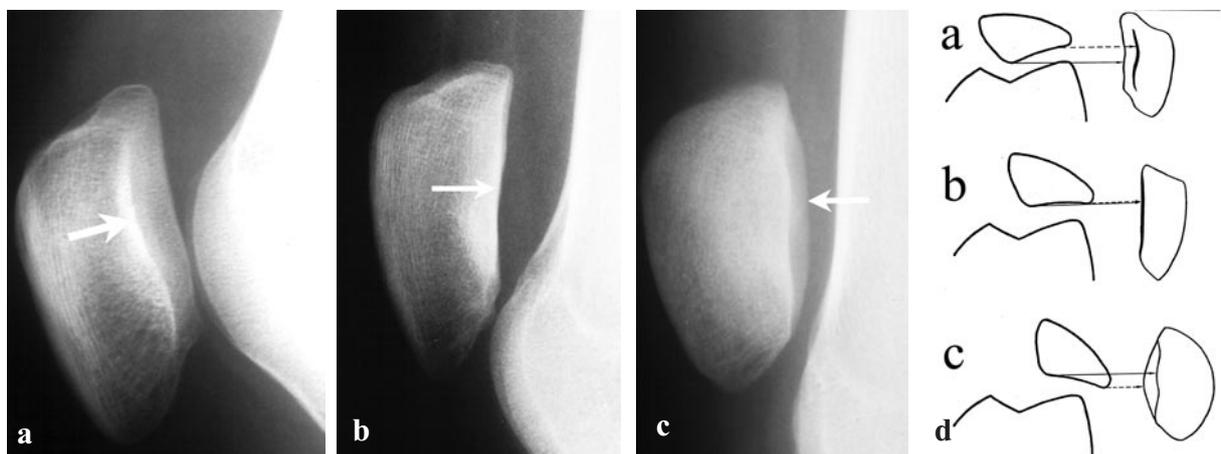


Fig. 15 : Aspect de la patella de profil en fonction de sa position dans le plan axial : en position normale (a), la facette latérale (flèche) se projette en avant de la crête. En cas de bascule latérale modérée, la facette latérale peut être alignée sur la crête (flèche en b). En cas de bascule plus importante (c), le bord latéral de la patella (flèche) se projette en arrière de la crête. Le schéma (d) illustre ces situations. Noter que tant en position normale (a) que très basculée (c), la portion latérale de la patella visible tangentielllement (flèches) est plus courte que la crête, ce qui permet de différencier ces deux situations.

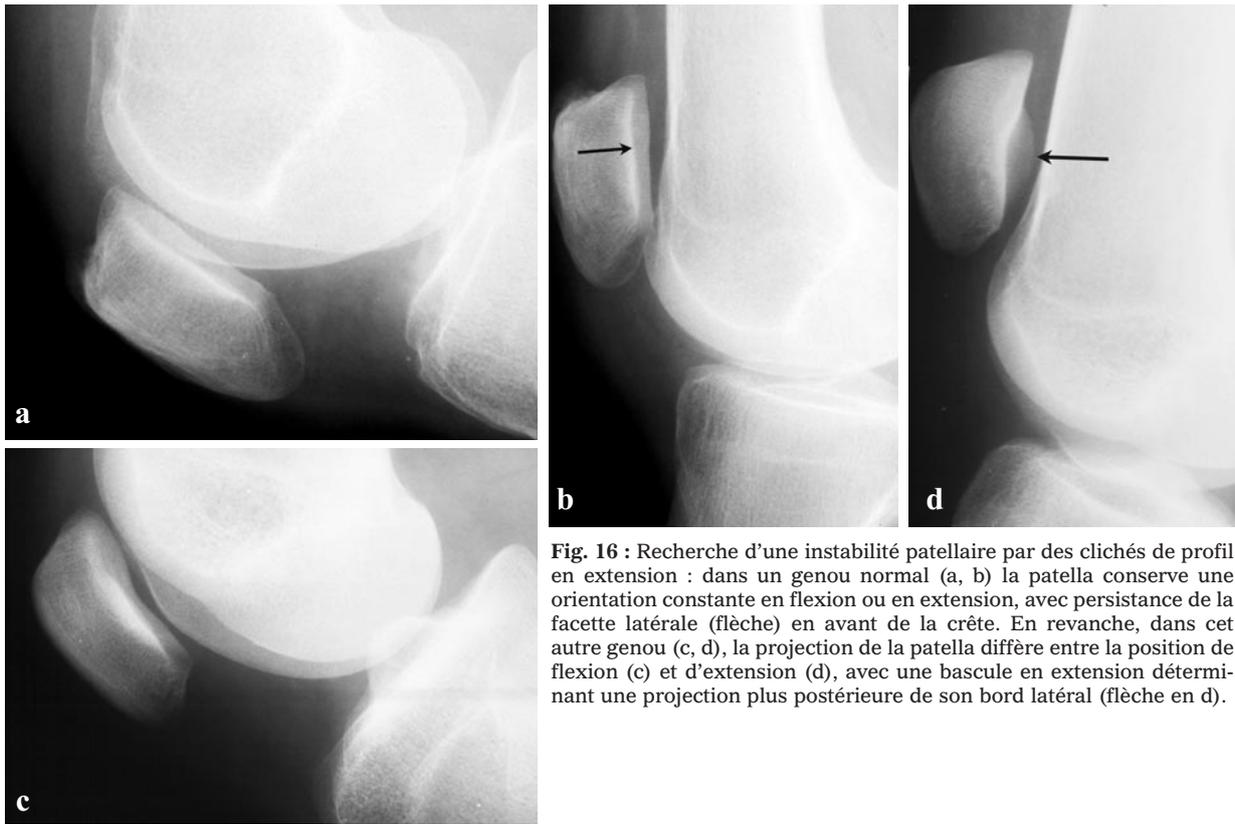


Fig. 16 : Recherche d'une instabilité patellaire par des clichés de profil en extension : dans un genou normal (a, b) la patella conserve une orientation constante en flexion ou en extension, avec persistance de la facette latérale (flèche) en avant de la crête. En revanche, dans cet autre genou (c, d), la projection de la patella diffère entre la position de flexion (c) et d'extension (d), avec une bascule en extension déterminant une projection plus postérieure de son bord latéral (flèche en d).

Pour la trochlée fémorale, l'insuffisance de creusement, qui est facteur d'instabilité patellaire, peut être facilement appréciée sur le cliché de profil : la distance séparant les berges antérieures du fond de la trochlée est représentative du degré de creusement de la gorge trochléenne. La dysplasie se reconnaît donc par une distance trop faible entre les bords antérieurs et le fond de la trochlée. Mesurée dans cette partie supérieure (1 cm en dessous de la limite supérieure de la gorge trochléenne) (fig. 17), la profondeur de la gorge est généralement supérieure à 5 mm dans la population normale et nettement inférieure à cette valeur pour les genoux présentant une instabilité patellaire majeure [18]. Si ce creusement trochléen diminue au point d'être nul (trochlée plate), le fond et les berges se confondent sur les clichés de profil, ce qui détermine le "signe du croisement" [19] ou "*lateral trochlear sign*" [20].

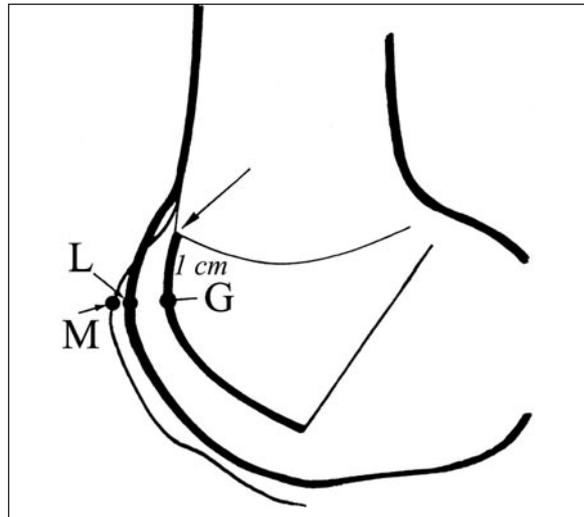


Fig. 17 : Schéma illustrant les repères permettant de quantifier de profil la profondeur de la trochlée fémorale : cette profondeur trochléenne correspondant à la moyenne de la distance entre chacune des deux berges et le fond de la gorge (moyenne des distances LG et MG). Mesurée à 1 cm en dessous de la limite supérieure de la gorge, cette profondeur est normalement supérieure à 5 mm chez 80 % des sujets normaux.

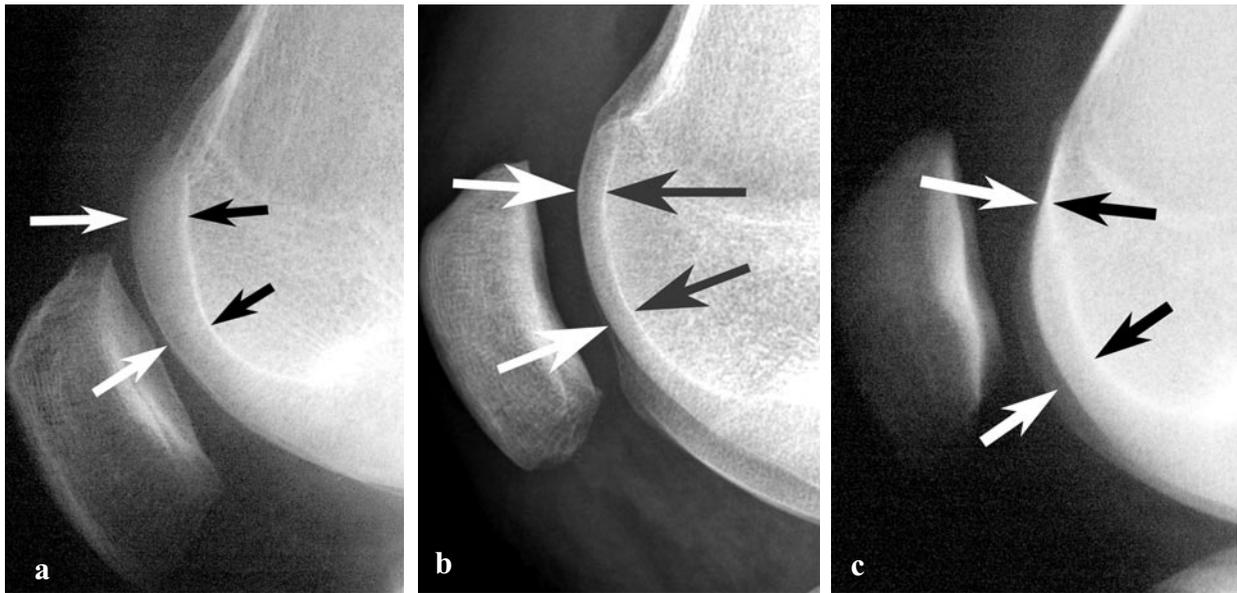


Fig. 18 : Exemples de trochlées fémorales variées : (a) en cas de trochlée normalement creusée, la distance entre les berges et le fond (flèches) est supérieure à 5 mm pratiquement jusqu'à l'extrémité supérieure de la trochlée. En cas d'insuffisance de creusement, la réduction de distance séparant les berges du fond trochléen peut porter sur toute la trochlée (b) ou, plus fréquemment, sur sa seule portion supérieure (c). Dans ce cas, la distance entre les berges antérieures et le fond de la trochlée se réduit dans la partie supérieure, pouvant aller jusqu'à se rejoindre ("signe du croisement"), en cas de trochlée devenue tout à fait plate.

Cette reconnaissance indirecte de profil est particulièrement intéressante pour reconnaître les dysplasies trochléennes qui ne portent que sur la portion la plus crâniale de la trochlée, difficilement accessible aux vues axiales (fig. 18).

OS SOUS-CHONDRAL ABRASÉ

En cas de destruction complète du cartilage, les surfaces osseuses entrent en contact intime, ce qui détermine usure et disparition de la lame osseuse sous-chondrale. Comme le montrent des coupes microradiographiques (fig. 19), cette disparition de la fine couche d'os compact sous-chondral s'accompagne d'un épaissement des travées spongieuses au contact articulaire, qui amène à la formation d'une surface dense et épaisse. Cette nouvelle surface présente quelques différences qualitatives par rapport à une lame osseuse sous-chondrale normale. La néo-surface

est plus épaisse mais qualitativement moins compacte que de l'os cortical normal, car persistent de fins espaces entre les travées épaissies. Elle est en outre moins bien différenciée par rapport à l'os trabéculaire sous-jacent, car elle résulte d'un épaissement progressif de celui-ci, de la profondeur vers la surface.

Sur des radiographies standards, l'os sous-chondral normal est constitué d'une fine couche d'os compact très dense qui paraît "dessinée à l'encre de Chine", tandis que la néo-surface d'un os sous-chondral abrasé apparaît comme "dessinée à la craie" [21]. Cet aspect particulier des surfaces osseuses abrasées peut permettre d'éviter d'être abusé par de faux interlignes sur des clichés qui n'ont pas été réalisés en charge. C'est un piège particulièrement fréquent pour l'articulation fémoro-tibiale (fig. 20), qu'on rencontre également pour d'autres compartiments articulaires. Dans le genou par exemple, le com-

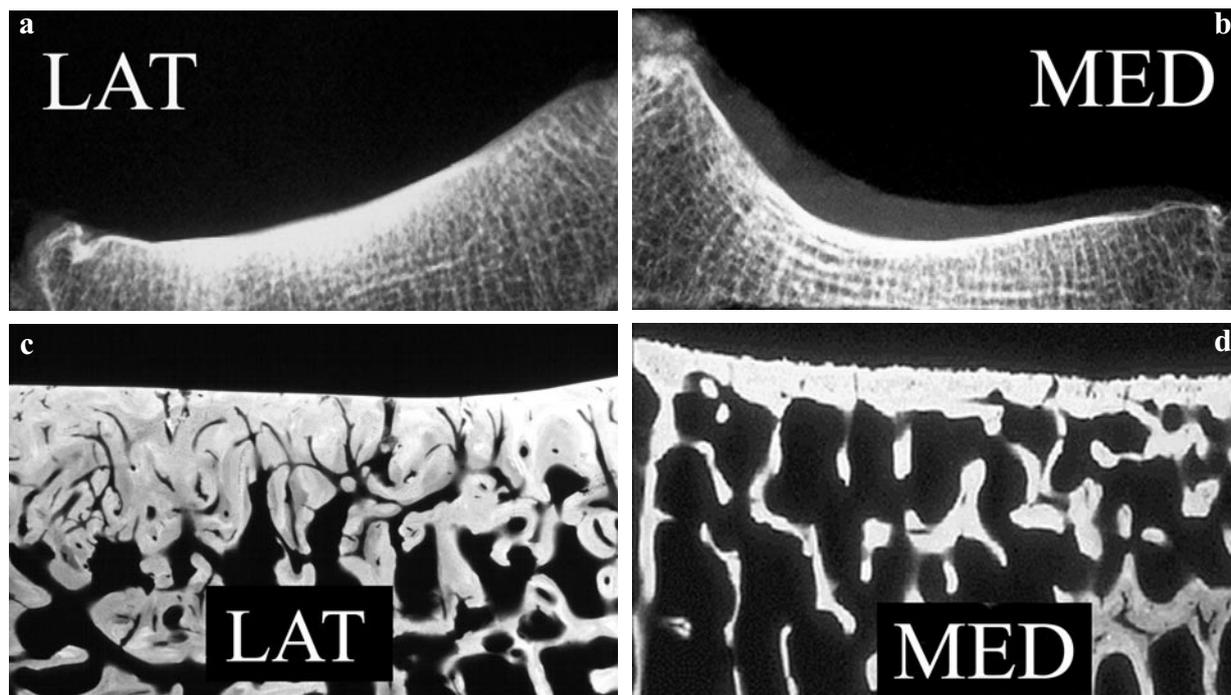


Fig. 19 : Aspect de l'os sous-chondral abrasé : radiographies (a et b) et microradiographies (labo. Pr. Ch. Delloye) (c et d) de coupes frontales des plateaux tibiaux dans un cas d'arthrose sévère du compartiment fémoro-tibial latéral (a et c) : noter en (a) que l'os sous-chondral abrasé a un aspect épais et flou ("comme dessiné à la craie") (a), résultant de l'épaississement et de la confluence des travées spongieuses (c) par comparaison avec le plateau tibial normal (b et d) où l'os sous-chondral est plus fin et plus net ("comme dessiné à l'encre de chine").

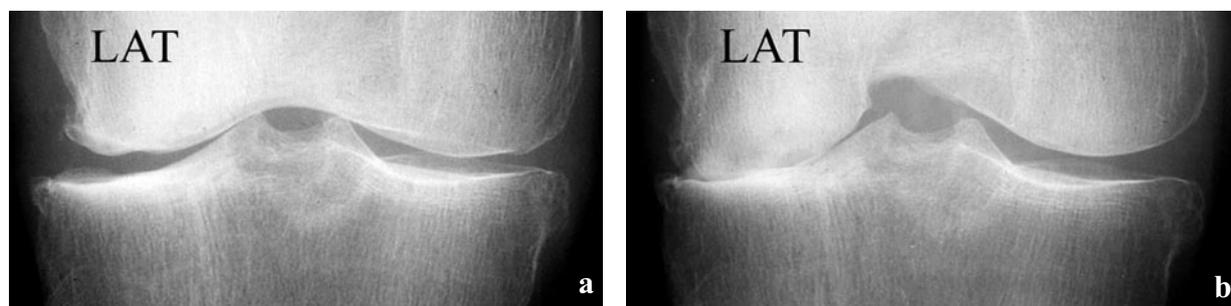


Fig. 20 : Radiographies du même genou que les pièces de la figure précédente : (a) sur un cliché réalisé en décubitus, le compartiment fémoro-tibial latéral présente un faux interligne articulaire résultant de surfaces non contraintes. Seul le cliché réalisé en charge, en position debout (b), est représentatif de l'épaisseur réelle des cartilages interposés entre les surfaces osseuses. Noter que sur le cliché en décubitus, l'aspect particulier des surfaces osseuses peut permettre d'éviter le piège : les surfaces du compartiment latéral sont d'aspect plus épais mais plus flou que les fines lames osseuses sous-chondrales normales du compartiment médial.

partiment fémoro-patellaire médial n'est habituellement pas en contrainte lors de la prise des clichés en vue axiale, très généralement réalisée en décubitus. Dans ce cas, la tendance banale à une

subluxation latérale même mineure peut suffire à décoapter les surfaces médiales et peut faire méconnaître une arthrose même au stade de destruction cartilagineuse "dépassée" (fig. 21).

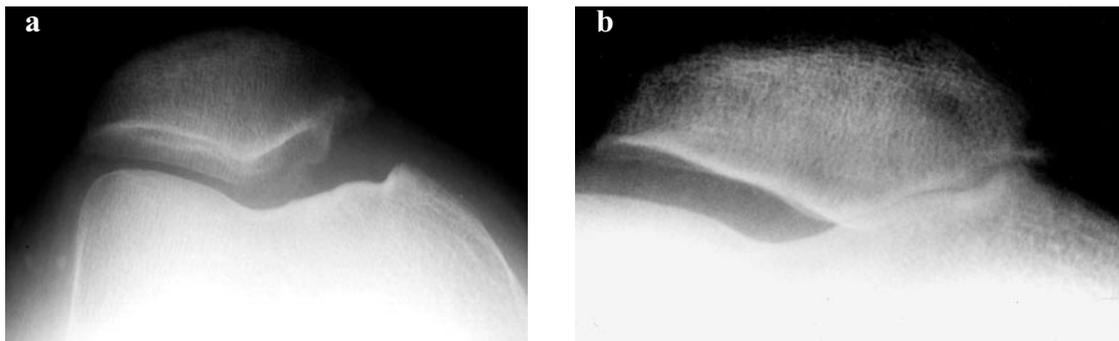


Fig. 21 : Faux interligne fémoro-patellaire : a) Large interligne fémoro-patellaire médial sur un cliché réalisé en décubitus et en décontraction ; noter l'aspect densifié et crénelé des surfaces osseuses correspondantes, pouvant faire suspecter une abrasion cartilagineuse "dépassée". b) Mise en évidence du pincement complet de cet interligne sur un cliché réalisé en charge.

L'aspect particulier d'"os sous-chondral abrasé" doit donc, dans ce cas, amener à réaliser des clichés en vue axiale en charge (debout), dont la technique de réalisation n'est pas bien compliquée [22] (fig. 22).

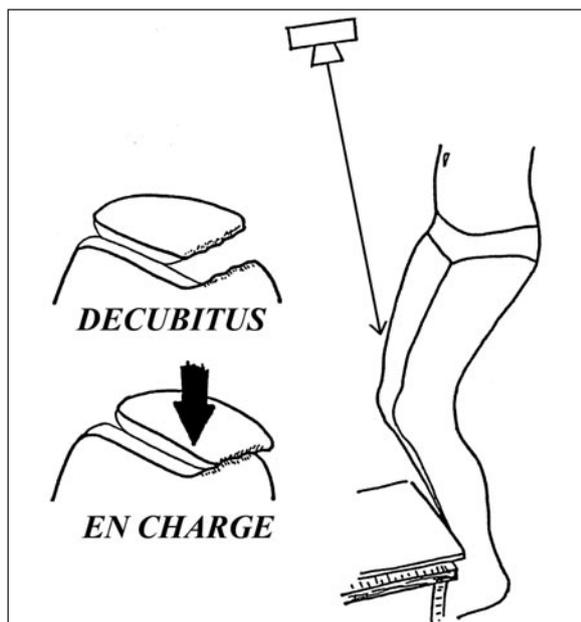


Fig. 22 : Schéma explicatif de la figure précédente : en décubitus, une tendance même légère à la latéralisation de la patella peut écarter des surfaces osseuses médiales, tandis qu'elle est obligatoirement plaquée vers l'arrière lorsque le cliché est réalisé en charge, forçant le contact réel des surfaces articulaires. Ce cliché en charge peut être facilement obtenu en position debout.

ANOMALIES FOCALES DE L'OS SPONGIEUX SOUS-CHONDRALE

L'os spongieux sous-chondral normal présente des variations de densité qui, pour l'essentiel, sont liées aux caractéristiques biomécaniques de la transmission des contraintes des surfaces articulaires vers les corticales métaphysaires. La densité osseuse locale est le reflet de cette fonction et est naturellement proportionnelle à l'intensité des contraintes [23]. C'est pour cette raison que la densité de l'os spongieux du plateau tibial médial est généralement plus élevée que celle du plateau latéral, car les contraintes dominantes passent par le compartiment médial [ibid.]. Le réseau trabéculaire sous-chondral est structuré en fonction des axes de transmission des contraintes, avec des travées dominantes plus ou moins perpendiculaires aux surfaces articulaires et unies par des travées transversales. Cette organisation est particulièrement bien visible sur les coupes TDM mais se devine également sur les clichés standards (fig. 23). La caractéristique de ce réseau trabéculaire normal est donc son organisation harmonieuse, ainsi que la progressivité de ses variations de densité. En revanche, des modifications focales de cette densité peuvent résulter d'un processus local de résorption ou d'hyperostose plus ou moins intriquées. Ces modifications locales

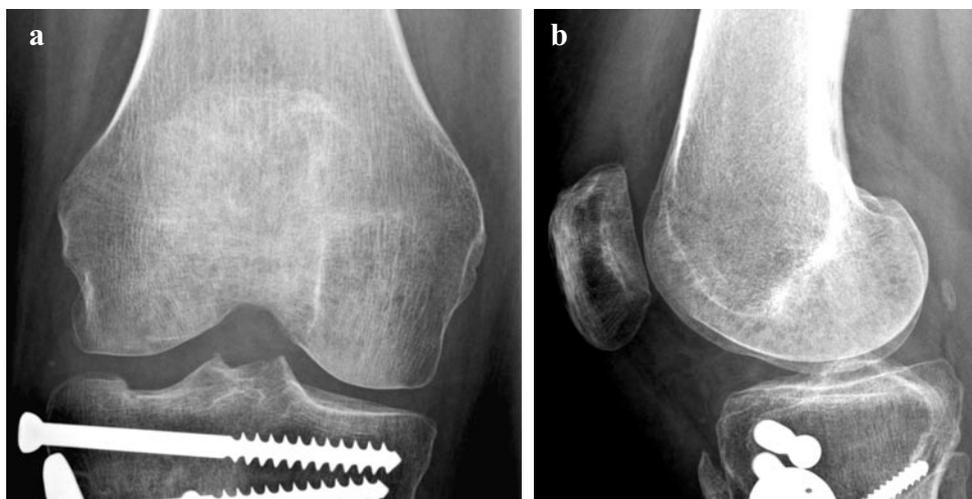
peuvent se produire dans des cas de processus strictement intra-osseux ou liés à une lésion cartilagineuse en regard.



Fig. 23 : Aspect harmonieux de l'os trabéculaire : l'os spongieux des épiphyses est organisé en fonction des lignes de force de transmission des contraintes, avec des travées dominantes s'étendant des surfaces articulaires vers les territoires corticaux métaphyso-diaphysaires. Les contraintes prédominent habituellement dans le compartiment médial, ce qui y rend compte de la densité plus élevée.

Parmi les lésions osseuses susceptibles d'entraîner résorption et/ou densification focale, on peut citer (liste non exhaustive), les conséquences d'impactions traumatiques, les fractures de contrainte, simples ou compliquées de nécrose secondaire, les ostéoporoses d'immobilisation ou de l'algodystrophie (fig. 24). La distribution des anomalies constitue souvent le meilleur élément d'orientation diagnostique : par exemple, une focalisation en zone de contraintes dans les fractures par insuffisance et ostéonécroses secondaires, une distribution plus diffuse de la raréfaction osseuse dans l'algodystrophie, un caractère plurifocal pour les infarctus d'origine systémique... Dans le diagnostic différentiel – difficile – entre fracture de contrainte simple ou compliquée de nécrose secondaire, l'élément radiologique le plus intéressant à rechercher est le collapsus sous-chondral focal (image de décrochement du contour épiphysaire et/ou de dissection sous-chondrale), qui signe la lésion de nécrose avérée. Cette recherche doit se faire par la réalisation de clichés strictement tangentiels au territoire suspect (fig. 25), éventuellement pré-repéré sur des clichés de profil.

Fig. 24 (a, b) : Raréfaction osseuse hétérogène dans une ostéoporose d'immobilisation : la caractéristique de cette hétérogénéité est qu'elle est de distribution quasi diffuse, dans des formes avancées du moins.



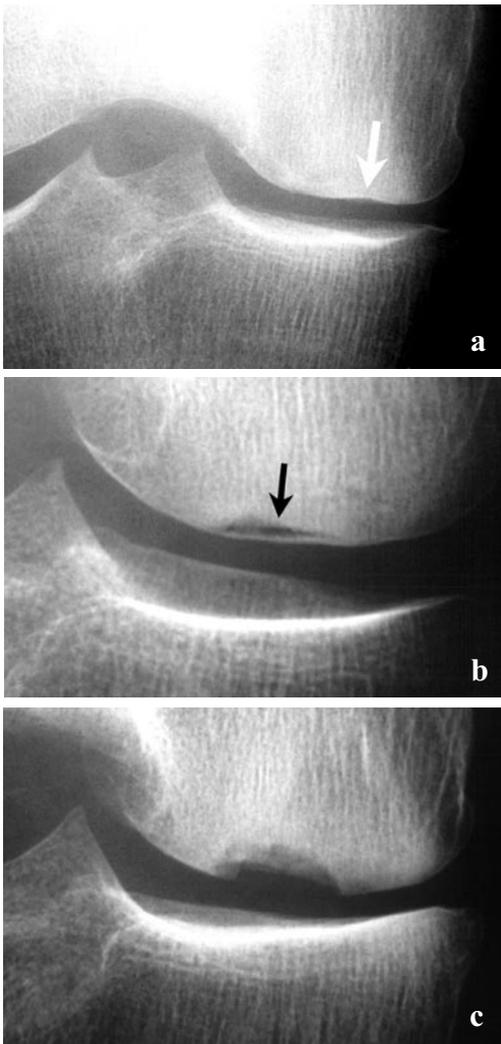


Fig. 25 : Aspect d'une nécrose spontanée débutante du condyle fémoral médial : intérêt des incidences radiologiques multiples : (a) le cliché de face standard montre une minime dépression du pôle inférieur du condyle fémoral interne avec légère densification de l'os spongieux adjacent (flèche). (b) un cliché additionnel, tangent à une portion plus postérieure du condyle objective une dissection sous-chondrale typique (flèche) démontrant formellement la lésion d'ostéonécrose. (c) un cliché quelques mois plus tard démontre le collapsus retardé de cette lésion de nécrose.

Des remaniements osseux focaux peuvent être induits par des lésions cartilagineuses étendues : dans ce cas, la structure osseuse trabéculaire désorganisée est plus ou moins intriquée à des phénomènes de nécrose, fibrose, œdème (fig. 26)... qui, en IRM, se manifestent par un spectre d'anomalies caractérisées par un hyposignal en T1 et des signaux variés en T2 [24] (fig. 27). Les modifications de l'os spongieux adjacentes aux chondropathies peu étendues sont souvent très difficiles à reconnaître en radiologie standard (fig. 28). Elles méritent cependant d'être recherchées car les remaniements microgéodiques focaux sont bien représentatifs de fissures/ulcérations cartilagineuses locales atteignant l'os sous-chondral. De telles lésions sont assez fréquemment reconnues au versant postérieur de la patella (fig. 29).

A noter que de subtiles déformations du contour épiphysaire, avec modification très focale de la densité osseuse adjacente, peuvent être également induites par des lésions méniscales s'accompagnant de la bascule d'un fragment pédiculé au-dessus ou en dessous du corps méniscal, créant en quelque sorte un "conflit ostéo-méniscal" [25] (fig. 30).

Ces modifications locales de la densité osseuse sous-chondrale sont certes intéressantes à reconnaître : elles constituent un excellent signe d'appel en faveur d'une lésion osseuse ou cartilagineuse significative, mais elles sont inconstantes et la sensibilité/spécificité – probablement faible – de cette sémiologie reste à évaluer.

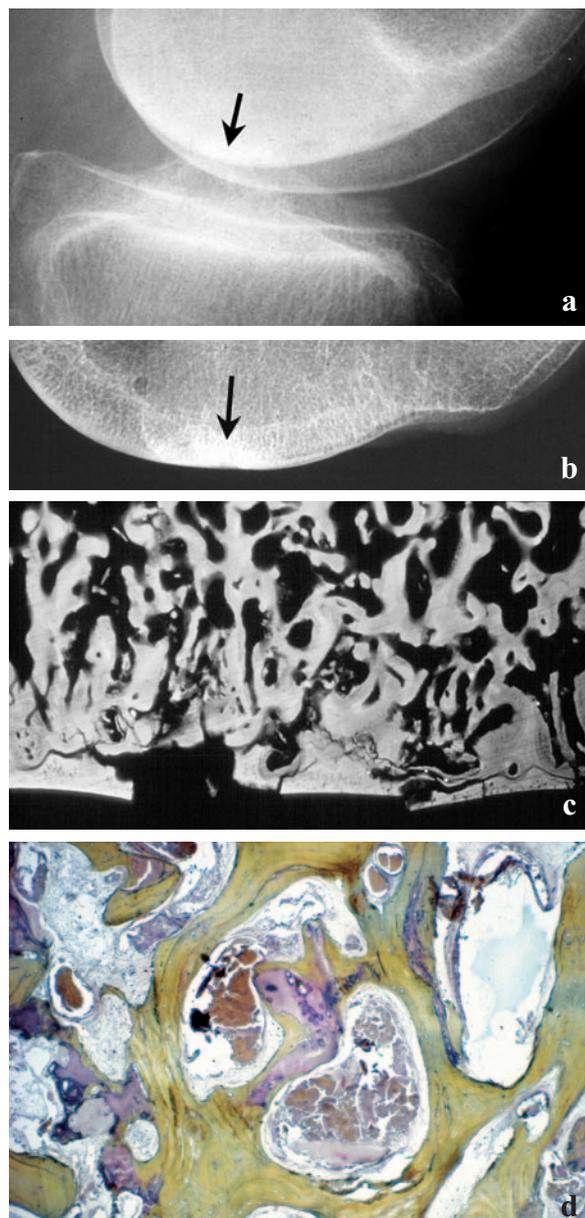


Fig. 26 (même genou que figures 19 et 20) : (a) le cliché de profil montre une plage d'os sous-chondral densifié et mal défini dans le pôle postéro-inférieur du condyle latéral (flèche). (b) la radiographie d'une tranche de la pièce confirme cette densification locale mal structurée (flèche). (c) la micro-radiographie de ce territoire objective un bouleversement complet de la structure osseuse trabéculaire, avec un mélange de fragmentation et d'épaississement des travées. (d) la coupe histologique (Pr. H. Noël) objective dans ce territoire un mélange d'épaississement des travées spongieuses, de plages de nécrose focale, de cals cartilagineux et de modifications variées de la moelle osseuse (nécrose, fibrose, œdème)...

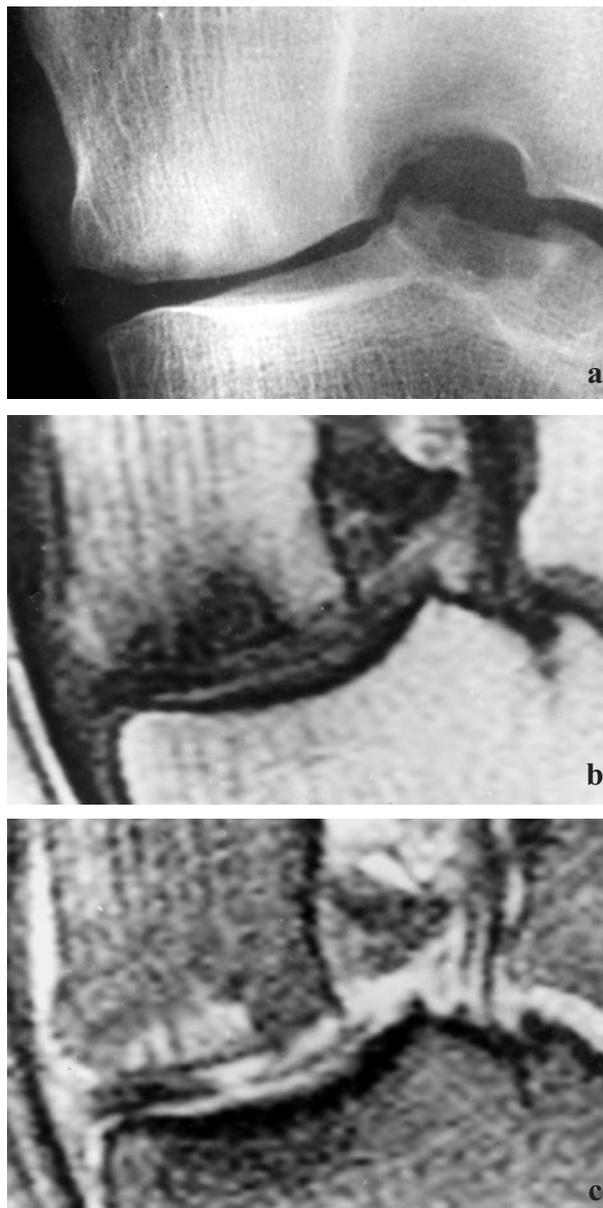


Fig. 27 : Modifications adjacentes à une chondropathie profonde : (a) le pincement modéré de l'interligne articulaire s'accompagne de petites plages de résorption osseuse et de densification hétérogène dans l'os sous-chondral avoisinant ; (b) en pondération T1, la moelle osseuse immédiatement sous-chondrale présente un hyposignal de type "œdémateux" ; (c) la coupe en pondération T2* montre un hypersignal de la zone d'"œdème" sous-chondral ainsi qu'un défaut cartilagineux focal profond en regard.

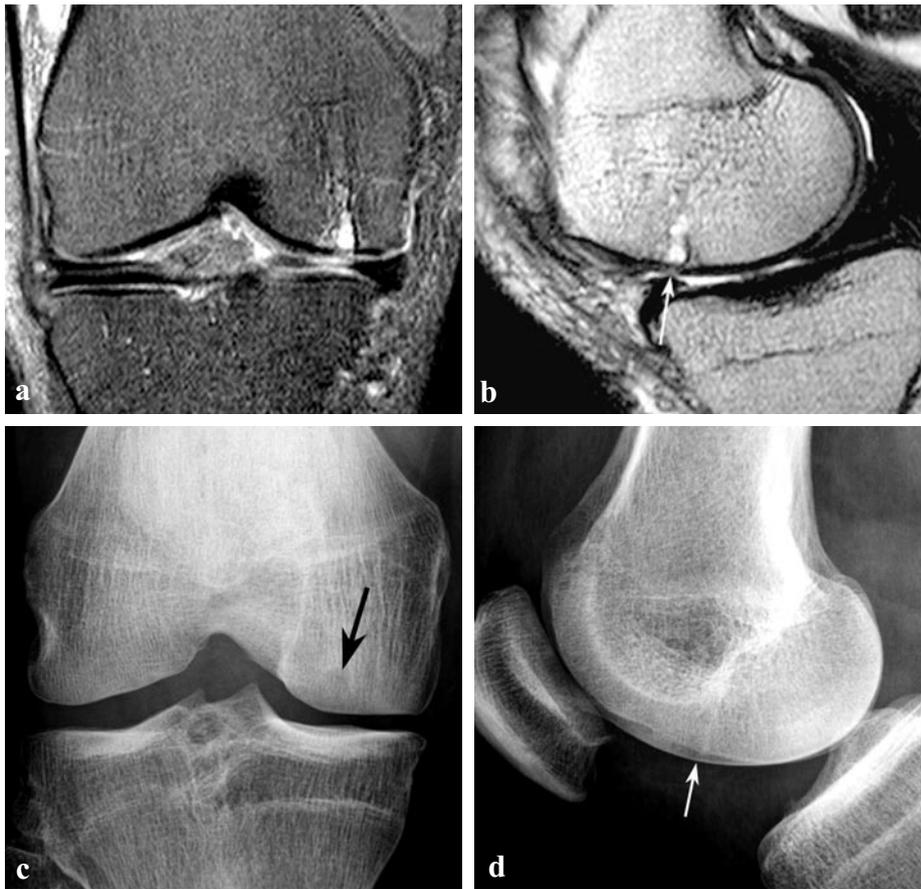
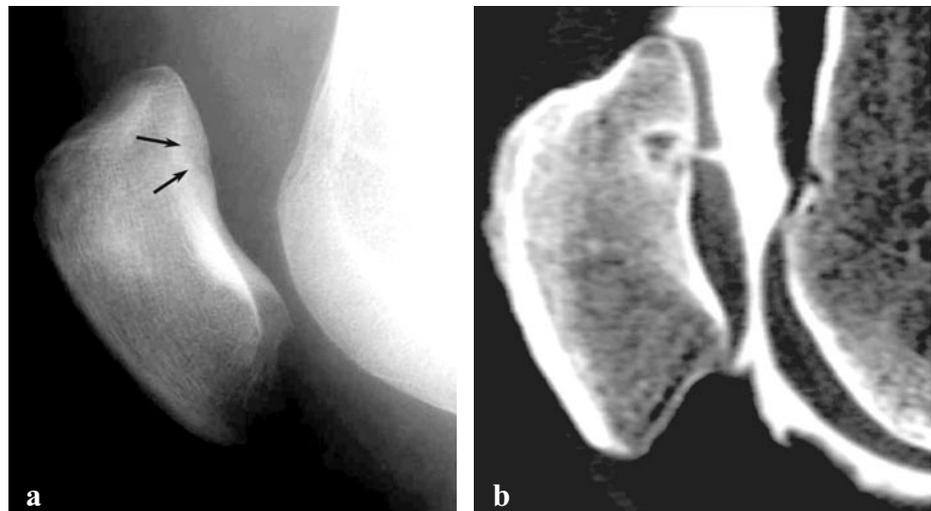


Fig. 28 : Les coupes en IRM objectivent dans le pôle inférieur du condyle fémoral médial une plage d'allure géodique, en regard d'une petite lésion cartilagineuse (flèche en b). (c, d) sur des clichés radiographiques de bonne qualité, ce remaniement est à peine soupçonnable, ne déterminant qu'une plage de très discrète hypodensité relative (flèches).

Fig. 29 : (a) le cliché de profil de la patella objective une petite plage de raréfaction osseuse focale au sein de la crête patellaire dense. (b) la coupe sagittale de l'arthroscanner montre que ce remaniement correspond à un réseau de micro-géodes, situé en regard d'une fissuration cartilagineuse profonde.



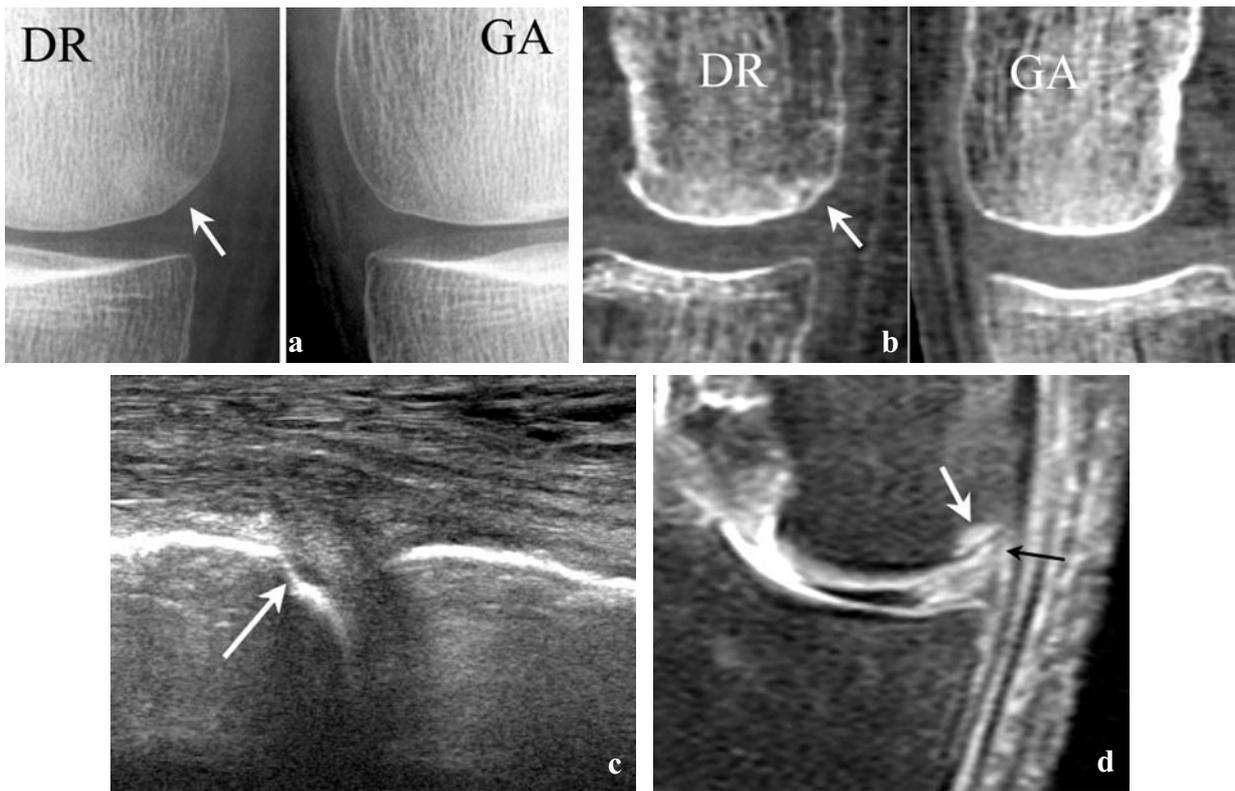


Fig. 30 : Modifications *a minima* dans un cas de "conflit ostéo-méniscal" : (a) la radiographie du bord inféro-médial du condyle fémoral droit, comparée au côté controlatéral, objective une déformation *a minima* (flèche) confirmée par les coupes TDM en reconstruction coronale (flèche en b). (c) ce territoire en échographie montrait la même déformation à minima (flèche). (d) la coupe en IRM (T2 avec saturation du signal de la graisse) confirme la présence d'une toute petite dépression du contour condylien avec infiltration de type œdémateux de la moelle osseuse adjacente (flèche blanche) en regard d'une lésion méniscale comportant probablement un minuscule fragment pédiculé (flèche noire) intercalé entre la face supérieure du ménisque et le bord du condyle, "comme un cil entre la paupière et l'œil".

CONCLUSION

Les quelques points que nous voulions faire ressortir de cette lecture des surfaces osseuses du genou sont :

- que l'anatomie différenciée des compartiments articulaires peut être reconnue facilement sur des clichés de profil, permettant de reconnaître des anomalies non visibles sur les autres incidences ;
- que l'aspect qualitatif d'une néo-surface osseuse abrasée est bien différent de celui d'une lame osseuse sous-chondrale normale et que cette

reconnaissance peut permettre d'éviter le piège de faux interlignes articulaires sur des clichés réalisés en décharge, dans des cas d'arthrose "dépassée" ;

- que la lecture d'anomalies focales subtiles de la densité osseuse sous-chondrale permet parfois de reconnaître des lésions osseuses très débutantes ou associées à des chondropathies profondes, mais que la sensibilité de cette séméiologie est probablement limitée.

Les points à retenir sont résumés dans le tableau (tableau 1).

Tableau 1 : Points à retenir

Anatomie différenciée des surfaces articulaires

- Dans le plan sagittal, le plateau tibial médial est concave et le plateau latéral convexe.
- Le pôle inférieur du condyle fémoral médial comporte une encoche de topographie antérieure.
- Le pôle inférieur du condyle fémoral latéral comporte une dépression dans sa partie moyenne.
- La forme des pôles inférieurs des condyles correspond donc à l'image en miroir des plateaux tibiaux correspondants, pour un genou en extension complète.
- Le cliché de profil normal de la patella visualise en arrière la crête et un peu plus en avant la partie latérale de la facette latérale, qui est située dans un plan frontal.
- En cas de bascule latérale de la patella, la facette latérale se surprojette à la crête ou même peut se projeter en arrière de celle-ci.
- Le cliché de profil visualise le fond de la trochlée fémorale et les deux berges antérieures.
- La distance entre les berges et le fond de la trochlée est représentative du creusement de celle-ci et permet de reconnaître les dysplasies.

Os sous-chondral abrasé

- L'os sous-chondral normal est constitué d'une fine couche d'os compact "comme dessiné à l'encre de chine".
- L'os sous-chondral abrasé a un aspect plus épais mais moins compact, "comme dessiné à la craie".
- La reconnaissance de cet aspect particulier de l'os sous-chondral abrasé peut permettre d'éviter le piège de faux interlignes articulaires sur des clichés réalisés en décharge, dans des cas d'arthrose sévère.

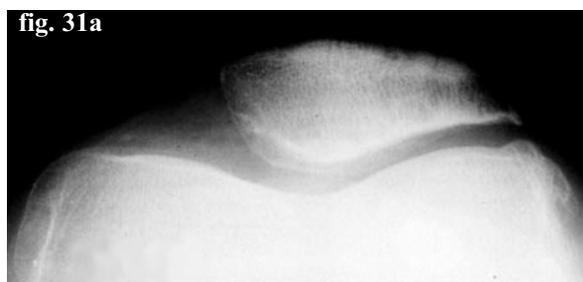
Anomalies focales de l'os spongieux sous-chondral

- L'analyse d'anomalies focales de densité de l'os sous-chondral peut permettre de reconnaître des lésions osseuses débutantes et faire compléter la mise au point par des incidences additionnelles (dans des cas d'ostéonécrose par exemple).
- Des remaniements osseux focaux peuvent être induits par des lésions cartilagineuses profondes (remaniement microgéodique par exemple).
- Occasionnellement, des lésions méniscales avec fragment pédiculé interposé entre le ménisque et les contours osseux peuvent déterminer de petites déformations du contour épiphysaire ("conflit ostéo-méniscal").
- Ces modifications locales de densité sont cependant subtiles et malheureusement inconstantes.

COMPLÉMENT : CAS CLINIQUES

CAS CLINIQUE N° 1

Histoire de la maladie : Douleur antérieure chronique du genou chez une personne âgée (fig. 31) .



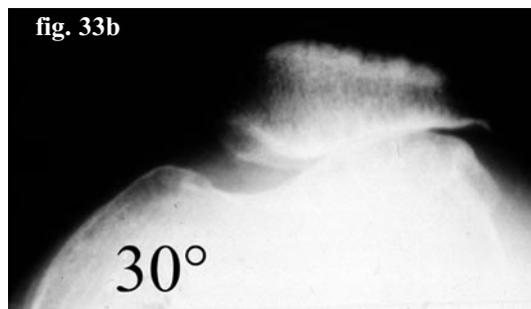
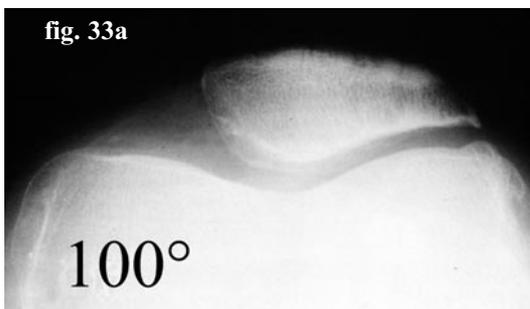
Questions

1. S'agit-il d'une arthrose fémoro-patellaire modérée ou sévère ?
2. S'il y a discordance entre le cliché de profil *1b* et la vue axiale de face *1a*, quelle est la cause potentielle de cette discordance ?
3. Comment reconnaître l'éventuel piège que comporterait la vue axiale *1a* ?

Réponses

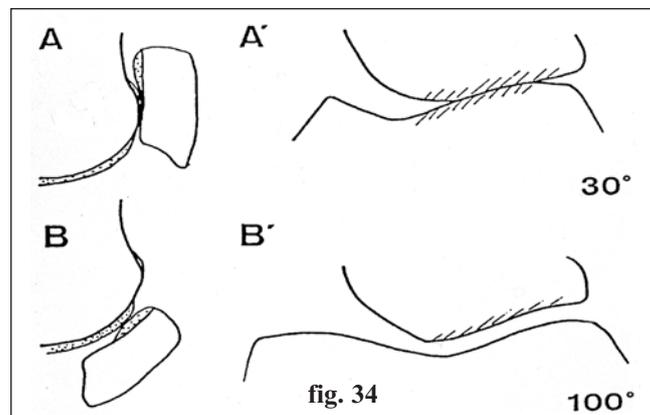
1. Il s'agit d'une arthrose fémoro-patellaire sévère, avec abrasion des surfaces osseuses, évidente sur le cliché de profil *1b*.
2. La discordance peut résulter d'un cliché axial (*1a*) qui a été réalisé en forte flexion sur table télécommandée, (comme illustré sur la fig. 32). Et oui, cela arrive... !

La preuve de cette erreur est que la même articulation radiographiée le même jour en faible flexion confirme le pincement complet de l'interligne articulaire latéral (fig. 33b comparée à 33a). Le schéma (fig. 34) illustre le mécanisme de cette cause d'erreur : en très faible flexion, les zones de contact fémoro-patellaire ne correspondent pas à la zone fonctionnelle : même en cas d'arthrose sévère, cette position peut recréer un interligne articulaire d'épaisseur quasi normale, en mettant en contact la surface articulaire patellaire avec le pôle inférieur des condyles fémoraux, où le cartilage peut être conservé (ce pôle inférieur appartient à l'articulation fémoro-tibiale).



3. Pour éviter ce piège, il faut reconnaître la différence de projection de la portion fémorale vue tangentiellement : à 30° de flexion (fig. 34 a'), la vue est tangente à la face antérieure de la trochlée, dont les berges sont très nettement asymétriques (berge latérale nettement plus grande que la médiale). En

revanche, à 100° de flexion (fig. 34 b'), la portion fémorale vue tangentiellement correspond au pôle inférieur des condyles, dont les courbures sont pratiquement symétriques : reconnaître qu'il ne s'agit pas de la trochlée mais du pôle inférieur des condyles permet donc d'éviter ce piège grossier.



CAS CLINIQUE N° 2

Histoire de la maladie : sujet jeune examiné quelques semaines après un accident de dérobement du genou (fig. 35).

Questions

1. La discrète subluxation patellaire objectivée par la vue axiale (fig. 35a) risque-t-elle d'être sous-estimée ?
2. Quels éléments vous font penser qu'une instabilité potentiellement plus importante pourrait être méconnue sur cette vue axiale ?
3. Quel cliché complémentaire simple peut-on réaliser pour sensibiliser en vue axiale la visualisation d'une subluxation patellaire ?

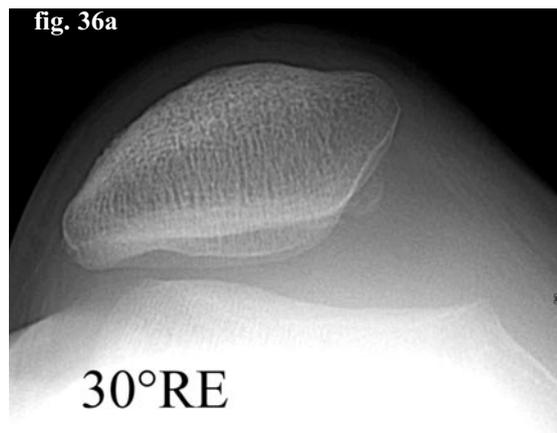
Réponses

1. Une sous-estimation de l'instabilité patellaire est probable sur cette vue axiale. Une calcifica-

tion/ossification irrégulière est d'ailleurs visible contre la facette médiale de la patella (pouvant être la séquelle d'une lésion focale survenue par contusion de ce territoire patellaire médial contre le rebord latéral du fémur au cours d'un épisode de luxation latérale de la patella).

2. Le cliché de profil (fig. 35b) montre d'une part que la patella présente une nette bascule latérale (bord latéral se projetant en arrière de la crête), d'autre part que la trochlée fémorale présente une importante insuffisance de creusement dans sa portion supérieure (berges antérieures très proches du fond de la trochlée avec même croisement des lignes dans l'extrémité tout à fait supérieure).
3. La visualisation en vue axiale de l'instabilité patellaire peut être sensibilisée par une incidence réalisée en faible flexion avec rotation externe (fig. 36a), dont la technique est de réalisation simple (fig. 36b) (*Malghem, Maldague ; Patellofemoral joint : 30° axial radiograph with lateral rotation of the leg, Radiology 1989;170 : 566-7*).





Références

- [1] JACOBSEN K. Landmarks of the knee joint on the lateral radiograph during rotation. *Fortschr Röntgenstr* 1976;125 : 399-404.
- [2] MALGHEM J, MALDAGUE B. Le profil du genou, anatomie radiologique différentielle des surfaces articulaires. *J Radiol* 1986; 67 : 725-35.
- [3] KAPANDJI IA. Physiologie articulaire. Le membre inférieur. *Fascicule II. Paris: Maloine; 1975;24 : 90-1.*
- [4] KAPLAN EB. Some aspects of functional anatomy of the human knee joint. *Clin Orthop* 1962; 23 : 18-29.
- [5] JOHNSON F, LEITL S, WAUGH W. The distribution of load across the knee. A comparison of static and dynamic measurements. *J Bone Joint Surg (Br)* 1980; 62 : 346-9.
- [6] MORRISON JB. The mechanics of the knee in relation to normal walking. *J Biomech* 1970;3 : 51-61.
- [7] KEATS TE, ANDERSON MW. Atlas of normal Roentgen variants that may simulate disease. *Saint-Louis: Mosby; 2001.*
- [8] FREYSCHMIDT J. Lower extremity. In: Freyschmidt J, Brossmann J, Wiens J, Sternberg A, editors. *Borderlands of normal and early pathological findings in skeletal radiography. Ludwigsburg: Thieme; 2003. p 860-75.*
- [9] HARRISON RB, WOOD MB, KEATS TE. The grooves of the distal articular surface of the femur. A normal variant. *AJR* 1976; 126 : 751-4.
- [10] TESTUT L, LATARJET A. *Traité d'anatomie humaine. Tome 1: ostéologie, arthrologie, myologie. Paris: Doin; 1948.*
- [11] DANZIG LA, NEWELL JD, GUERRA J, RESNICK D. Osseous landmarks of the normal knee. *Clin Orthop* 1981; 156: 201-6.
- [12] LACHMANN E. The roentgen anatomy of the knee joint: an experimental analysis. *Radiology* 1937;29 : 455-71.
- [13] COBBY MJ, SCHWEITZER ME, RESNICK D. The deep lateral femoral notch: an indirect sign of a torn anterior cruciate ligament. *Radiology* 1992;184 : 855-8.
- [14] PAO DG. The lateral femoral notch sign. *Radiology* 2001;219 : 800-1.
- [15] DELTOUR F, CECCALDI JP. Suspicion clinique de lésion méniscale, place de la radiologie standard et de l'arthrographie. In: Lequesne M, Maldague B, Morvan G, éditeurs. *Evaluation de l'imagerie de l'appareil moteur. GETROA, Opus XXI. Montpellier: Sauramps Médical; 1994. p. 197-202.*
- [16] STALLENBERG B, GEVENOIS PA, SINTZOFF SA, et al. Fracture of the posterior aspect of the lateral tibial plateau: radiographic sign of anterior cruciate ligament tear. *Radiology* 1993; 187 : 821-5.
- [17] MALDAGUE B, MALGHEM J. Apport du cliché de profil du genou dans le dépistage des instabilités rotuliennes. *Rev Chir Orthop* 1985; 71(suppl II) : 5-13.
- [18] MALGHEM J, MALDAGUE B. Depth insufficiency of the proximal trochlear groove on lateral radiographs of the knee: relation to patellar dislocation. *Radiology* 1989; 170 : 507-10.
- [19] DEJOUR H, WALCH G, NEYRET PH, ADELEINE P. La dysplasie de la trochlée fémorale. *Rev Chir Orthop* 1990;76 : 45-54.
- [20] GRELSAMER RP, TEDDER JL. The lateral trochlear sign. *Clin Orthop* 1992; 281: 159-62.
- [21] MALGHEM J, VANDE BERG B, LEBON CH, MALDAGUE B. Pathologie du genou. In: Morvan G, Laredo JD, Wybier M, éditeurs. *Imagerie ostéo-articulaire. Paris: Flammarion; 1998. p. 1092-183.*
- [22] MALGHEM J, VANDE BERG B, LECOUVET F, MALDAGUE B. Imagerie de la gonarthrose. *Rev Rhum* 2000; 67 suppl 3: 162-75.
- [23] MAQUET PG. Biomechanics of the knee. With application to the pathogenesis and the surgical treatment of osteoarthritis. *Berlin, Springer-Verlag, 1976.*
- [24] ZANETTI M, BRUDER E, ROMERO J, HODLER J. Bone marrow edema pattern in osteoarthritic knees: correlation between MR imaging and histologic findings. *Radiology* 2000; 215 : 835-40.
- [25] VANDE BERG B, LECOUVET F, CAMPAGNA R, POILVACHE P, MALDAGUE B, MALGHEM J. Le conflit ostéo-méniscal. In : Vande Berg B, Bianchi S, Sans N, Nizard R, Bard H, Cotten A, éditeurs. *Le Genou. Une approche pluridisciplinaire. GETROA, Opus XXIII. Montpellier: Sauramps Médical; 2006. p. 205-9.*