

Appareillage pour amputés fémoraux

Sommaire

- [1 PROTHESES DU MEMBRE INFERIEUR / Appareillage pour amputés fémoraux](#)
- [2 Niveau](#)
- [3 Architecture](#)
- [4 Emboitures](#)
 - [4.1 Morphologie](#)
 - [4.2 Interface](#)
 - [4.3 Accrochage et mise en place](#)
 - [4.4 Matériaux](#)
- [5 Effecteurs intermédiaires](#)
 - [5.1 Articulaires](#)
 - [5.1.1 Articulation de hanche, prothèse canadienne](#)
 - [5.1.2 Rotateur fémoral](#)
 - [5.1.3 Genou et cheville](#)
 - [5.2 Non articulaire : amortisseurs de choc et absorbeur de torsion](#)
- [6 Genoux prothétiques](#)
 - [6.1 Généralités](#)
 - [6.1.1 Stabilité en phase d'appui](#)
 - [6.1.2 Contrôle de l'oscillation lors de la phase pendulaire](#)
 - [6.2 Exemple de type de genou – avantages/inconvénients](#)
 - [6.2.1 A verrou](#)
 - [6.2.2 Monoaxial à frein](#)
 - [6.2.3 Dispositif Stanceflex](#)
 - [6.2.4 Polyaxial mécanique](#)
 - [6.2.5 Monocentrique avec assistance hydraulique](#)
 - [6.2.6 Monocentrique avec assistance pneumatique](#)
 - [6.2.7 Polycentrique avec assistance hydraulique](#)
 - [6.2.8 Monocentrique avec assistance électronique \(microprocesseur\)](#)
 - [6.2.9 Système bionique](#)
 - [6.3 Schéma de prescription d'un genou prothétique](#)
- [7 Pour en savoir plus](#)
 - [7.1 Article](#)
 - [7.2 Revues](#)
 - [7.3 Livres](#)
 - [7.4 Associations françaises](#)
 - [7.5 Sociétés savantes](#)
 - [7.6 Congrès](#)

PROTHESES DU MEMBRE INFERIEUR / Appareillage pour amputés fémoraux

Niveau

Comme pour les amputés tibiaux, le choix du niveau d'amputation est fondamental pour la suite de la prise en charge des patients amputés de cuisse. La réflexion du chirurgien doit être la même : déterminer le meilleur niveau d'amputation en fonction de l'état des tissus mous ou osseux et des possibilités d'appareillage.

Avec les deux mêmes impératifs :

- o ne pas avoir des moignons **trop longs** : il faut garder de la place en dessous du moignon pour pouvoir loger le fond de l'emboiture, parfois le réceptacle de l'accrochage distal d'un manchon, le genou prothétique (qui est souvent d'autant plus encombrant qu'il est performant) et le reste du bas de jambe.



Attention Attention Attention Attention Attention Attention

Cette longueur de moignon est toute relative, puisque dépendante de la longueur du segment crural/jambier controlatéral. Il ne s'agit donc pas de savoir de quelle longueur doit être le moignon idéal mais de quelles hauteurs, patient debout, l'orthoprothésiste doit pouvoir disposer en dessous du moignon, avec deux « sous-hauteurs » :

- o **hauteur entre le bout du moignon et la ligne théorique de flexion du genou** : elle conditionne le type de genou utilisable, la possibilité de placer un rotateur, un dispositif d'accrochage distal
- o **hauteur entre la ligne théorique de flexion du genou et le sol** : elle conditionne le type de genou utilisable, le type de pied et la possibilité de placer un effecteur intermédiaire non articulaire (amortisseur de choc, amortisseur de torsion).
- o avoir des moignons bien **matelassés**.

Cas particulier des désarticulations de genou : les désarticulations de genou vraies ou assimilées (amputation de Gritti) font parties des amputations fémorales car il n'y a plus d'effecteur jambier en dessous de l'interligne articulaire du genou. C'est un niveau d'amputation qu'il faut savoir envisager à chaque fois que cela est techniquement possible. Il a plusieurs avantages non négligeables : grand bras de levier, moins d'amaigrissement du moignon, mais surtout, il autorise la réalisation d'un appareillage avec appui **distal** du fait de la grande surface d'appui possible sur les condyles fémoraux, évitant ainsi de remonter haut dans le périnée pour aller chercher l'appui ischiatique. Il faut par contre avertir les patients de l'inconvénient principal de cette technique : en position assise, le segment crural appareillé sera **plus long** de quelques centimètres que le segment controlatéral. Sur un plan médico-chirurgical, la désarticulation vraie est un geste chirurgical simple, acceptable chez des patients fragiles, âgés. L'amputation de Gritti, exigeant maîtrise et expérience chirurgicales, est une technique parfois largement utilisée dans certaines régions et certains pays chez le sujet jeune.

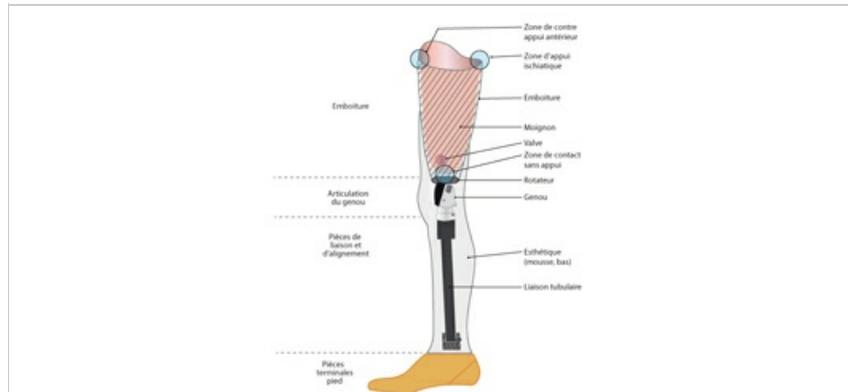
Cas particuliers des désarticulations de hanche et niveaux supérieurs : ce sont des niveaux d'amputation forts heureusement rares et qui se voit le plus souvent en cas d'étiologie cancéreuse. La désarticulation de hanche emporte tout le membre inférieur mais laisse intact le bassin. A

un niveau supérieur, le chirurgien enlève toute ou partie de l'aile iliaque : on parle alors d'hémi-pelvectomie ou de désarticulation interilioabdominale.

Architecture

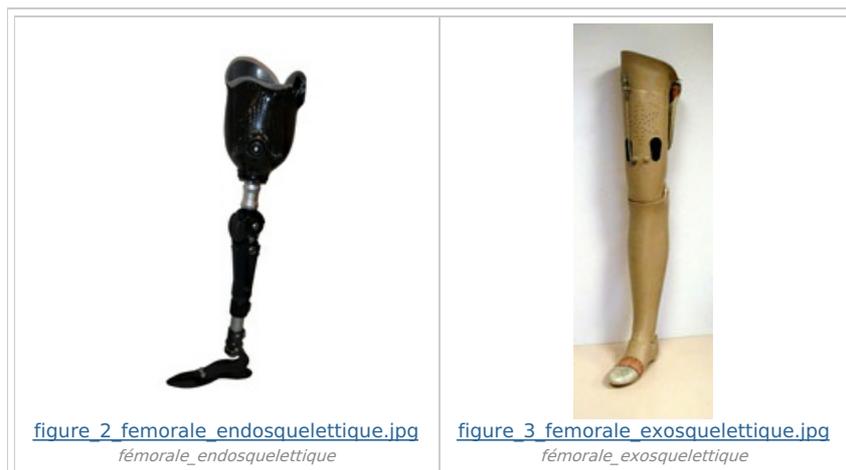
Comme les prothèses tibiales, les prothèses fémorales sont toutes construites selon la même architecture de base. Il s'agit pour l'orthoprothésiste d'aligner et de monter :

- des éléments manufacturés **de série** : effecteurs intermédiaires articulaires (hanche, rotateur, genou, cheville) ou non articulaires (amortisseur de choc et/ou de torsion), effecteurs terminaux non morphologiques (pilon, lame de course) ou morphologiques (pied)
- **avec l'emboiture**, c'est-à-dire la partie « artisanale » de la prothèse. Elle est réalisée d'après empreinte pour s'adapter parfaitement à la morphologie du moignon.



[figure_1_architecture_femorale_endosquelettique.JPG](#) architecture_fémorale_endosquelettique

De même, il existe des prothèses fémorales endosquelettiques et exosquelettiques avec peu ou prou les mêmes principes de conception : squelette interne sous forme de tube + mousse esthétique autour (prothèse de marche) ou squelette externe creux remplaçant l'esthétique (prothèse légère ou prothèse de bain).



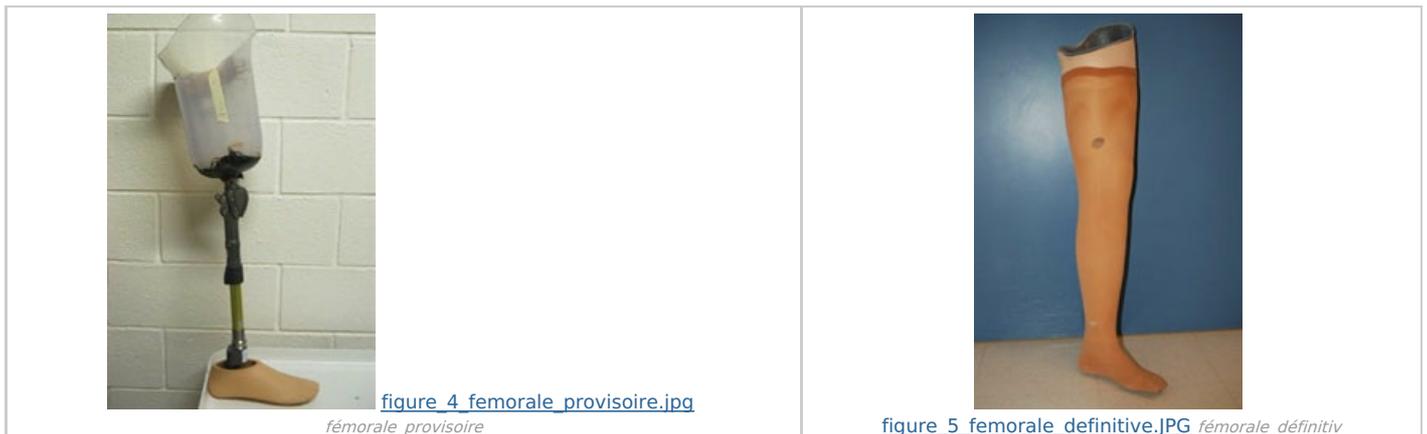
[figure_2_femorale_endosquelettique.jpg](#)
fémorale_endosquelettique

[figure_3_femorale_exosquelettique.jpg](#)
fémorale_exosquelettique

Emboitures

C'est la partie qui reçoit le moignon dans son intégralité et qui doit gérer la fonction principale de l'appareil : permettre la reprise d'un **appui** du corps sur le sol, favorisant ainsi entre autre la reprise de la marche. Contrairement à ce qui se passe pour les prothèses tibiales, il n'est pas systématiquement mis en place une interface entre le moignon et l'emboiture.

Elles peuvent être **provisoires** ou **définitives** selon les mêmes critères.



[figure_4_femorale_provisoire.jpg](#)
fémorale_provisoire

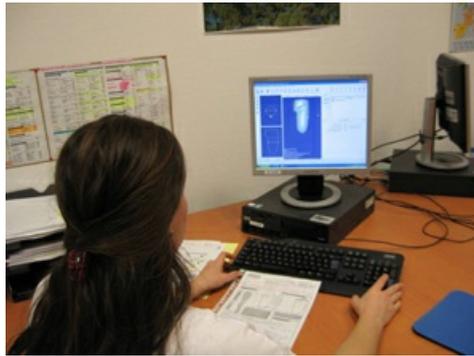
[figure_5_femorale_definitive.JPG](#) fémorale_définitiv

Elles sont fabriquées sur les mêmes principes : manuellement (négatif **orienté** , positif **retouché**, thermoformage ou lamination) ou par système

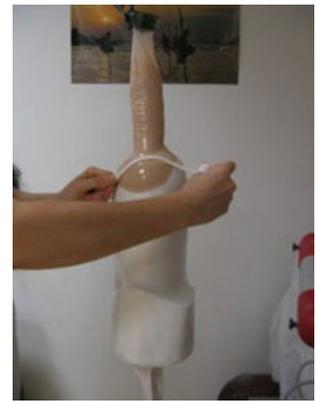
de conception et fabrication assistée par ordinateur ou CFAO (prise de mesure, création d'un positif virtuel, retouche puis fraisage dans un bloc de mousse, thermoformage ou lamination).



[figure_6_femorae_moulage_oriente.JPG](#)
fémorale_moulage_orienté



[figure_7_femorale_cfao.jpg](#)
fémorale_cfao



[figure_8_femorale_lamination.jpg](#)
fémorale_laminatio

- extraction de l'emboiture



L'objectif de cette fabrication est d'obtenir une emboiture c'est-à-dire une forme négative solide qui recevra le moignon dans des conditions qui favorisent une répartition INDOLORE des appuis, et qui permettra la fixation, par en dessous, des éléments autres éléments de la prothèse, par l'intermédiaire de **pièces de liaison** (tube, pyramide, etc..). Le rôle de ces pièces est, entre autre, de redonner une **longueur** cohérente à l'appareil par rapport au côté sain, et de permettre la mise au point des **alignements** fonctionnels dans le plan sagittal et frontal.

Morphologie

On retrouve à nouveau la possibilité de prescrire différentes formes d'emboitures mais les trois principes fondamentaux des emboitures tibiales sont valables également pour les emboitures fémorales :

- **limiter** au maximum l'**appui distal** du moignon au fond de l'emboiture pour rechercher l'indolence en charge. Il faut que la forme interne de l'emboiture par ses reliefs, permette un accrochage du moignon sur ses parties « solides » supérieures. Cet accrochage est ainsi réalisé, schématiquement, et même si l'ensemble du moignon est en contact avec l'emboiture, entre la **zone ischiatique** et un **contre appui** réparti dans le triangle de Scarpa, ces deux niveaux devant être l'un en face de l'autre
- **limiter** les risques de **perte** de la prothèse en phase oscillante par différent système d'accrochage
- permettre l'**activation** de la prothèse à chaque pas.

On distingue classiquement trois types d'emboitures, en fonction de leur forme globale intérieure et de la forme de la partie « ischiatique » :

- **la forme quadrangulaire** : c'est la forme la plus classique et la plus largement prescrite, au moins pendant les phases d'appareillage provisoire. Comme son nom l'indique, cette emboiture a un volume intérieur globalement rectangulaire, plus large que long. L'ensemble fessier, dont l'ischion, est à l'extérieur de l'emboiture. L'ischion repose alors sur une tablette horizontale et appui dessus verticalement. Cette emboiture est montée verticalement sur le reste de la prothèse. Autre nom : emboiture quadrilatérale ou en anglais, quadrilateral socket



[figure_9_emboiture_quadrangulaire.jpg](#) emboiture_quadrangulaire

- **la forme à ischion intégré** : de volume intérieur plutôt triangulaire, avec l'ischion à l'intérieur, reposant sur une tablette plus inclinée et qui l'englobe. Elle est montée en adduction pour placer théoriquement le fémur dans cette position, c'est-à-dire dans son inclinaison physiologique pour favoriser le travail musculaire du moyen fessier. Autre nom : emboiture CAT-CAM (pour [Contoured Adducted Trochanteric Controlled Alignment Method](#)), Ischial containment socket, NML (pour Narrow Medial Lateral), NSNA (pour Normal Shape Normal Alignment)



figure 10_emboiture_ischion_integre.jpg emboiture_ischion_intégré

- La forme à branche ischio-pubienne incluse** : elle a des découpes très spécifiques. Ici, ce n'est plus l'ischion qui est englobé dans l'emboiture mais la branche ischio-pubienne. Le mur postérieur est plus bas ce qui procure plus de confort en position assise et améliore l'esthétique. A priori, cette emboiture de conception récente, libère également plus l'articulation coxo-fémorale. Autre nom : MAS pour Marlo Anatomical Socket.



figure 11_emboiture_MAS.jpg emboiture_MAS

Particularités :

- les emboitures pour désarticulation de hanche ou hémipelvectomie (dite prothèse canadienne)** : l'emboiture doit venir au contact du moignon et aller chercher des appuis sur les surfaces osseuses encore disponibles : ischion homolatéral, aile iliaque, grille costal. Il s'agit d'une pièce globalement hémisphérique, obtenue par moulage orienté. Il existe souvent un accrochage supérieur correspondant à la dépression de la région du flanc, et des mains d'appui antérieures et postérieures, sur les parties molles, pour stabiliser l'ensemble. Il s'y associe obligatoirement une ceinture passant sur la hanche controlatérale. L'articulation de hanche prothétique est placée sur la partie antérieure de la coque, devant la ligne de charge, le genou et le reste du bas de jambe sont alignés plus en arrière. On obtient donc un schéma de marche sécurisé s'appuyant sur le principe d'un « double recurvatum » (hanche, genou)



figure 12_canadienne.jpg canadienne



Figure 36_double_recurvatum_canadienne.png

double recurvatum canadienne

- les emboitures pour désarticulation de genou et assimilé** : elles remonteront moins haut dans le périnée puisqu'il n'y a pas de nécessité d'aller déporter l'appui vers la zone ischiatique, l'appui se faisant en distal. Il est parfois nécessaire de réaliser une fenêtre latérale, pour faciliter le chaussage de la prothèse (le moignon étant plus large en distal qu'en son milieu), et une fois fermé, un accrochage mécanique sus condylien.



[figure_13_emboiture_pour_desarticulation_de_genou.jpg](#) *emboiture_pour_desarticulation_de_genou*

Interface

Contrairement aux prothèses tibiales, il n'y a pas nécessairement d'interface entre le moignon et l'emboiture. Dans ce cas, le contrôle proprioceptif est meilleur (la peau est directement au contact de l'emboiture) ainsi que le contrôle de la prothèse par la contraction des muscles de moignon. Indication : patients jeunes avec moignons toniques, souvent après amputation traumatique.

Sinon, et c'est le cas le plus fréquent, des interfaces sont utilisées : les **manchons**. Le cahier des charges est le même que pour les manchons tibiaux : tolérance cutanée, confort, contention, facilité de chaussage, d'entretien. Indication : patients plus âgés après amputation vasculaire, car les moignons sont souvent peu toniques mais aussi patients jeunes.

Ils peuvent être :

<p>Manufacturés de série et commandés après mesure du moignon au mètre ruban : manchon nouvelle génération (silicone, gel de copolymère, polyuréthane). Cas le plus fréquent.</p>	<p>Réalisés sur moulage : manchon nouvelle génération sur moulage (silicone surtout).</p>
 <p>figure_14_manchon.jpg <i>manchon</i></p>	 <p>figure_15_manchon_silicone_sur_moulage.jpg <i>manchon_silicone_sur_moulage</i></p>

Accrochage et mise en place

Les systèmes d'accrochage sont là pour limiter les risques de déchaussage de la prothèse lors de la phase oscillante (marche, escalier).

- pour les patients qui chaussent leur prothèse sans manchon, la prothèse tient par adhérence sur la peau et par la contraction musculaire. Dans ce cas, l'emboiture possède à sa partie inférieure un orifice permettant de faire passer le chausse-prothèse, puis de mettre en place une valve d'étanchéité
- l'accrochage peut être assuré mécaniquement par le manchon qui possèdera alors à son extrémité distale un dispositif particulier : tige (ou plongeur) en métal, crantée ou lisse, qui se fixe dans un réceptacle situé dans le fond de l'emboiture : manchon à accrochage distal. Le décrochage se fera en appuyant sur bouton poussoir situé en bas de l'emboiture. Dans certains cas, on utilisera à la place de cette tige, plutôt un système à cordelette ou avec une attache latérale avec bande auto agrippante
- il peut être assuré barométriquement par des dispositifs qui permettent de créer un vide d'air entre le manchon et l'emboiture. Dans ce cas, l'emboiture possède à sa partie inférieure une valve anti retour permettant la sortie de l'air mais pas sa réentrée. L'étanchéité peut être assurée simplement par le manchon s'il est bien ajusté, ou par des membranes placées sur le manchon lui-même (1 membrane creuse ou 5 membranes pleines plus petite), ou par une collerette placée à l'intérieur de l'emboiture dans sa partie haute.



[figure_16_manchon_1_colerette.jpg](#)
manchon_1_colerette



[figure_17_emboiture_avec_colerette.jpg](#)
emboiture_avec_colerette

Il est très important que le manchon soit mis en place correctement pour limiter les risques de déchaussage et assurer un confort optimal. Les patients, ou dans certains cas, l'entourage/les aidants doivent donc être éduqués dans ce sens.

Les manchons de nouvelle génération doivent être retournés au maximum avant d'être placé directement sur la peau à l'extrémité distale du moignon. Il faut ensuite les dérouler en veillant à ne pas laisser d'air entre la peau et le manchon.

Quand il n'y a pas de manchon, le patient doit utiliser une bande ou un chausse-prothèse pour aider les parties molles du moignon à descendre au fond de l'emboiture, en passant par l'orifice où sera ensuite adaptée la valve.

Pour certaines prothèses, il peut être nécessaire d'ajouter un baudrier, c'est-à-dire une bretelle qui accroche l'emboiture sur l'épaule controlatérale (prothèse provisoire en plâtre, prothèse fémorale conventionnelle) ou une ceinture, souvent en néoprène, qui vient cravater la hanche controlatérale.

Matériaux

Les matériaux utilisés dans la fabrication des prothèses doivent allier les qualités suivantes : légèreté, résistance, solidité. Les industriels qui mettent sur le marché les parties manufacturées des prothèses proposent donc des pièces :

- en titane ou aluminium pour les pièces de liaisons (pyramides, tubes)
- en copolymère, gel de silicone ou polyuréthane pour les manchons « nouvelle génération »
- en carbone pour les pieds à restitution d'énergie
- en caoutchouc, bois, métal pour les autres pieds
- en aluminium et carbone pour les structures des genoux.

Pour l'emboiture, les matériaux doivent, si possible, pouvoir être **retouchés** pour s'adapter aux ressenties des patients : recoupe, collage de cale en mousse, ramollissement par canon à air chaud pour dégager ou renforcer des appuis :

- le plâtre armé de métal peut être utilisé pour la première emboiture, dite de rééducation juste après l'amputation. Il permet de fabriquer rapidement une prothèse afin de verticaliser le patient et d'avoir un rôle bénéfique dans la fonte et la stabilisation du nouveau moignon. Il faut alors mettre en place un baudrier pour assurer l'accrochage.
- les emboitures provisoires seront plutôt en thermoplastique haute température (polypropylène)
- les emboitures définitives en matériaux composites : fibre de verre + résine polyester, fibre de carbone + résine polyester.

Effecteurs intermédiaires

Articulaire

Articulation de hanche, prothèse canadienne

L'hémi-coque de la prothèse canadienne comporter sur sa face antérieure une articulation de hanche spécifique, qui est aligné en double recurvatum par rapport au genou pour donner aux patients un maximum de sécurité en phase d'appui. La marche se fera avec un fauchage externe et une sollicitation importante de la charnière lombo-pelvienne.



figure_18_articulation_de_hanche.bmp articulation de hanche



figure_19_canadienne2.jpg canadienne2

Rotateur fémoral

C'est un système qui se place entre l'emboiture et le genou, qui permet, en appuyant sur un bouton poussoir, de faire pivoter librement le bas de jambe, le patient pouvant alors croiser les jambes ou amener sa chaussure proche de lui pour la changer/faire ses lacets ou pour s'habiller plus facilement.



figure_20_rotateur_femoral.jpg

rotateur_fémoral



figure_21_rotateur_femoral2.jpg rotateur_fémoral2

Genou et cheville

Les prothèses fémorales sont équipées en dessous de l'emboiture d'un genou artificiel. Il en existe différents types, avec des caractéristiques biomécaniques et fonctionnelles spécifiques : verrouillé, libre avec ou sans frein, avec contrôle de la phase d'appui, avec contrôle de la phase oscillante (pendulaire), avec ces 2 contrôles associées, monoaxial (monocentrique) ou polyaxial (polycentrique ou à biellette), mécanique, pneumatique, hydraulique, électronique. Ils seront vus dans un chapitre à part.

Dans certaines situations, il peut être utile d'adjoindre à un pied une cheville articulée supplémentaire. Celle-ci a pour objectif de faciliter le déroulé du pas sur terrain plat ou incliné, voir sur terrain irrégulier mais elle ne peut s'adapter qu'à faible nombre de pied. Il en existe de deux types :

- articulée selon 1 seul plan (planti/dorsi flexion)
- articulée selon 2 plans, permettant en plus des mouvements d'inversion/éversion. On parle alors de cheville multiaxiale, et elle peut être montée sur un pied SACH par exemple.

Non articulaire : amortisseurs de choc et absorbeur de torsion

Parfois, il peut être utile d'ajouter entre le genou et le pied un dispositif amortisseur de choc et/ou de torsion.

Les amortisseurs de chocs : comme son nom l'indique, cette pièce amortit les chocs à la marche diminuant ainsi **les contraintes verticales** appliquées sur le moignon et jusque dans la colonne vertébrale. On peut arriver à des raccourcissements du système de l'ordre de 10 à 15 mm. Très apprécié pour la marche en terrain accidenté.

Les absorbeurs de torsions : cette pièce diminue les contraintes appliquées au moignon lors de la marche ou en position statique dans **les mouvements de torsion (contraintes de cisaillement)**. On peut obtenir des amplitudes de 15 à 30° en rotation. Elle sera notamment appréciée lorsque la personne piétine beaucoup comme par exemple lors d'un emploi dans un bureau ou une marche dans un espace restreint.

Il existe maintenant des pièces qui associent les deux amortisseurs, de chocs et de torsions.

Dans tous les cas, il faut bien évidemment adapté la résistance des pièces au poids du patient et savoir que l'on rajoute du poids à la prothèse, ainsi que de l'encombrement sous le genou.



figure_22_amortisseur_torsion_choc.jpgamortisseur_torsion_choc

Genoux prothétiques

Généralités

Il en existe différents types avec des indications différentes du fait de leurs propriétés **théoriques** différentes, avec des couts différents, des modes de prises en charge différents

MAIS

schématiquement, ils associent toujours, **plus ou moins**, les deux propriétés suivantes : assurer la **stabilité** du patient pendant la phase **d'appui**, contrôler **l'oscillation** du bas de jambe, de l'arrière vers l'avant, lors de la phase **pendulaire**.

Quelque soit le genou choisi, la priorité **numéro un** doit être la sécurité lors de la phase d'appui : le patient ne doit pas chuter du fait d'un **déverrouillage** intempestif du genou (flexion brutale non contrôlée). Il faut donc trouver des artifices et rééduquer les patients pour que le genou reste verrouillé en extension jusqu'à ce que le pied controlatéral entre en contact avec le sol. Cet exercice est rendu encore plus complexe dans les pentes ou les plans inclinés.

Ensuite, et seulement ensuite, viennent les autres propriétés, mais elles ne sont pas systématiques :

- contrôle de l'amplitude de la flexion en début de phase pendulaire pour éviter qu'elle ne soit trop grande
- amortissement du choc lorsque le bas de jambe revient en extension en fin de phase oscillante
- amortissement lors de l'attaque du pas par une légère flexion contrôlée (effet Stanceflex).

Les genoux peuvent donc être classés suivant l'artifice principal utilisé pour obtenir ces propriétés en :

- genoux à axe simple ou monoaxiaux ou monocentriques : le mouvement de flexion extension s'effectue autour d'un seul axe de rotation
- genoux polycentriques ou multiaxiaux ou physiologiques ou à biellettes (terme technique pour les barres de liaison qui relient entre eux les différents centres de rotation) : le mouvement s'effectue autour d'un axe **virtuel** appelé centre instantané de rotation dont la position varie au cours du mouvement et qui est située à l'intersection des droites qui prolongent les biellettes



figure_23_centre_instantanne_de_rotation.jpgcentre_instantanné_de_rotation

- chacun de ces types de genou pouvant être assisté par des systèmes hydrauliques, pneumatiques et/ou électroniques.

Stabilité en phase d'appui

Lors de l'appui, la résultante des forces de contact exercés entre le pied et le sol doit avoir tendance à placer le genou en extension, le pousser vers l'arrière, pour le bloquer. Le phénomène est automatique en début de phase d'appui, du fait de l'alignement sagittal des composants de la prothèse c'est-à-dire par le montage que réalise l'orthoprothésiste entre l'emboiture, le genou et le bloc cheville/pied. Puis, c'est le patient qui prend le relais. Il contracte les muscles fessiers pour placer la hanche en extension et forcer le genou vers l'arrière.

Pour les genoux monocentriques standards, il faut prévoir un montage relativement en recurvatum pour augmenter cette sécurité en début d'appui mais cette position gêne le déroulé du pas en fin de phase, obligeant le patient à élever exagérément le bassin pour passer le pas.

Les genoux polycentriques permettent une flexion libre tout en assurant automatiquement la stabilité de l'articulation en extensions par la création d'un centre instantané de rotation virtuel, décalé vers l'arrière et le haut lorsque la prothèse est en extension. La ligne de charge du patient est donc toujours en avant de ce centre instantané de rotation lorsque la prothèse est en extension, poussant le genou vers l'arrière et

la stabilité est excellente. En fin de phase d'appui, le patient active son moignon en **flexion de hanche**, il pousse sur l'emboîture vers l'avant, le genou commence à fléchir, les biellettes s'escamotent les unes par rapport aux autres. Le centre instantané de rotation se déplace rapidement vers l'avant, la flexion est facilitée.

Système d'assistance de la phase d'appui :

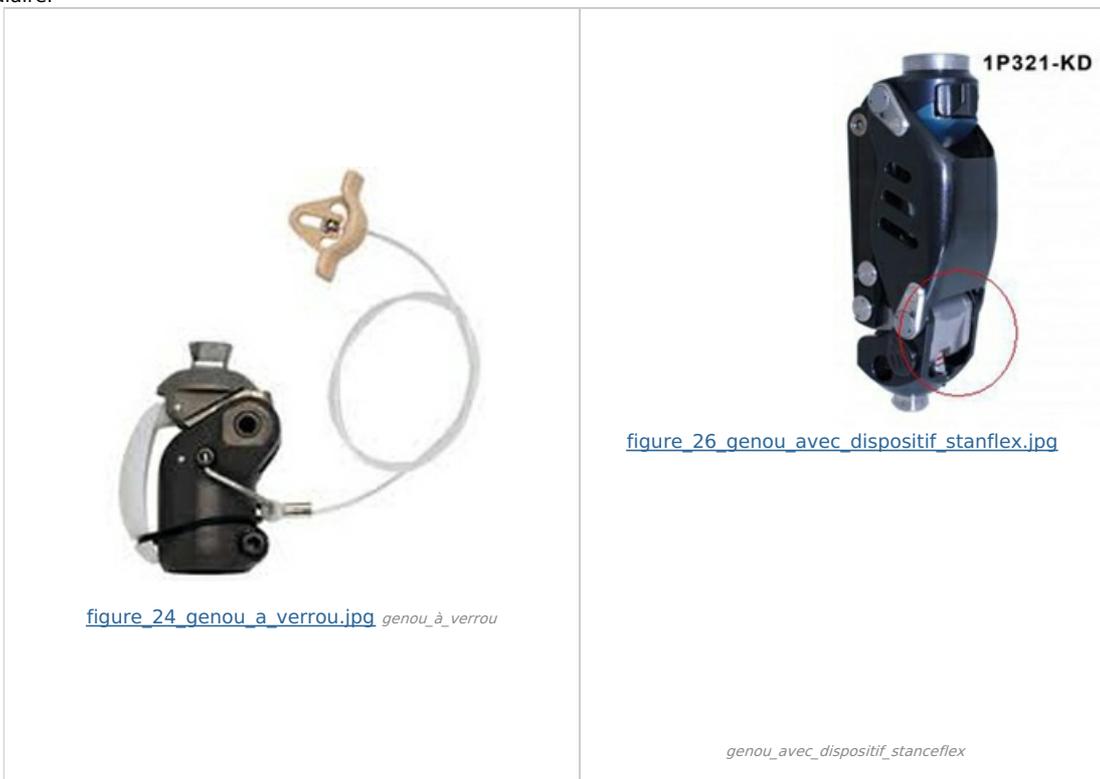
- **verrous** : le premier choix que doit faire le prescripteur est de savoir si le patient peut marcher avec un genou libre ou non. En cas de doute ou en cas de risque avéré de chute, il faut mettre en place un genou à verrou. C'est un genou monocentrique possédant un mécanisme qui permet de bloquer automatiquement le système articulaire lors du passage de la position assise à la position debout. Le patient marche alors avec la jambe **raide** en stabilité, sans risque de déverrouillage, avec toutefois un fauchage, que l'on peut limiter en raccourcissant légèrement la prothèse par rapport au côté sain.

Dans cette catégorie, on trouve également les **genoux à verrou facultatif** : le genou peut être libre ou bloqué ou avec seulement quelques degrés de liberté en flexion (entre 0 et 30° en général, système de commande par câble). On peut donc adapter le choix du mode de fonctionnement du genou par rapport à la progression en rééducation ou à l'environnement du patient :

- verrou en début d'appareillage et de rééducation, dans des environnements difficile (escalier, jardin...), lors d'activité en attention partagée réduisant les possibilités de contrôle conscient actif du genou (bricolage, cuisine...)
- libre ou semi libre dans les autres situations.

Ils sont remboursables par la sécurité sociale, utilisables chez l'amputé fémoral, âgé ou vieillissant, avec trouble visuel, polyopathie, sur une prothèse provisoire dès qu'un genou libre ne peut être directement utilisé ou plus rarement sur prothèse définitive.

- **freins** : ils provoquent un blocage instantané et plus ou moins efficace de l'articulation en extension dès la mise en charge (mécanisme de friction ou frein stabilisateur) mais le déverrouillage est peu aisé et il faut décharger la prothèse pour pouvoir fléchir et s'asseoir
- **dispositif Stanceflex** : lors de l'attaque du talon, le genou se bloque mais le système possède à sa partie inférieure un dispositif **viscoélastique** qui permet un certain amorti par une légère flexion. Cet amortisseur reste comprimé jusqu'en milieu de phase d'appui. Ensuite, le genou se déverrouille progressivement, l'amortisseur libère son énergie donnant une impulsion et facilitant la transition avec la phase pendulaire.



Contrôle de l'oscillation lors de la phase pendulaire

Ces systèmes ont un triple objectif :

- réguler l'amplitude de la flexion du genou (fléchir mais pas trop)
- réguler la vitesse d'oscillation du segment jambier de l'arrière vers l'avant
- amortir l'arrivée en extension complète (ni choc, ni claquement).

En effet, lors de la marche avec un genou prothétique, la flexion du genou est initiée par la flexion de hanche, puis le pied quitte le sol et le bas de jambe oscille de l'arrière vers l'avant pour repasser en extension complète juste avant que le talon ne se pose au sol.

Les genoux les moins performants ne permettent schématiquement qu'une seule **fréquence** d'oscillation du bas de jambe, réglable en fonction des besoins par l'orthoprothésiste, mais obligeant les patients, ensuite, à marcher tout le temps à peu près à la même vitesse. Les genoux les plus performants ont des dispositifs intégrés qui adaptent les résistances à l'oscillation en fonction de la cadence de marche imposée par le patient : moins de résistance pour une marche rapide, plus de résistance pour une marche lente. Les patients peuvent donc marcher à des vitesses différentes.

Les dispositifs de contrôle de la phase pendulaire peuvent être :

- mécaniques : rappel d'extension par ressort ou élastique
- amortisseurs pneumatiques ou hydrauliques : le piston d'un vérin est entraîné par les mouvements de flexion et extension de l'articulation en **opposant** une résistance réglable (amortissement) qui est différente pour l'extension ou la flexion. L'action de l'amortisseur doit être adaptée à chaque sujet en fonction de ses besoins/capacités en fin de fabrication de la prothèse. C'est un réglage manuel fait par l'orthoprothésiste lors des premiers essayages de marche
- systèmes électroniques : l'utilisation d'un microprocesseur permet une analyse de la situation de marche plusieurs fois par seconde, et une adaptation automatique de la résistance des vérins. Le patient peut alors faire varier sa cadence de marche ou descendre un escalier en pas

alternés. Les vérins peuvent être pneumatiques et/ou hydrauliques. Il existe également un genou électromagnétique : le microprocesseur commande les variations d'intensité d'un champ magnétique, qui agit sur un fluide contenant des particules ferromagnétiques. Ce fluide change alors de densité, mettant plus ou moins de résistance dans les vérins. Ils sont tous monocentriques.

Exemple de type de genou - avantages/inconvénients

A verrou

Avantages :

- stabilité, sécurité
- apprentissage restreint
- légèreté.

Inconvénients :

- marche non physiologique jambe raide
- commande passive par câble.

Indications :

- remboursé par la sécurité sociale
- amputé fémoral
- sujet très âgé ou vieillissant présentant des troubles de l'équilibre
- prothèse provisoire
- marche limitée au domicile.



[figure_24_genou_a_verrou.jpg](#) *genou_à_verrou*

Monoaxial à frein

Avantages :

- stabilité
- sécurité au voisinage de l'extension complète
- vitesse de marche limitée
- endurance limitée
- blocage de l'articulation rendant impossible le transfert en position assise en charge.

Indications :

- remboursé par la sécurité sociale
- amputé fémoral contrôlant mal le verrouillage actif d'un genou libre
- prothèse définitive : marche en intérieur et à l'extérieur sur un périmètre réduit ou à vitesse lente.



[figure_25_genou_monoaxial_a_frein.jpg](#)
genou_monoaxial_à_frein

Dispositif Stanceflex

Avantages :

- stabilité, sécurité
- apprentissage restreint
- légèreté.

Inconvénients :

- marche non physiologique jambe raide
- commande passive par câble.

Indications :

- remboursé par la sécurité sociale
- amputé fémoral
- sujet très âgé ou vieillissant présentant des troubles de l'équilibre
- prothèse provisoire
- marche limitée au domicile.



[figure_26_genou_avec_dispositif_stanflex.jpg](#)
genou_à_verrou

Polyaxial mécanique

Avantages :

- stabilité
- simplicité d'usage et d'entretien.

Inconvénients :

- vitesse de marche limitée.

Indications :

- remboursé par la sécurité sociale
- amputé fémoral
- prothèse provisoire dès qu'un genou libre peut être directement utilisé (genou de première intention)
- *prothèse définitive* : marche en intérieur et à l'extérieur sur un périmètre réduit ou à vitesse lent



Monocentrique avec assistance hydraulique

Avantages :

- marche rapide, sport.

Inconvénients :

- vitesse de marche lente limitée, réglages fixes.

Indications :

- remboursé par la sécurité sociale
- amputé fémoral
- prothèse définitive : marche en intérieur et à l'extérieur, marche de vitesse moyenne à rapide.



Monocentrique avec assistance pneumatique

Avantages :

- marche souple.

Inconvénients :

- vitesse de marche limitée, réglages fixes.

Indications :

- remboursé par la sécurité sociale
- amputé fémoral
- prothèse définitive : marche en intérieur et à l'extérieur, marche de vitesse lente à moyenne.



Polycentrique avec assistance hydraulique

Genou polycentrique avec assistance pneumatique :
Cumule les avantages des genoux polycentriques et de l'assistance pneumatique : sécurité et confort/souplesse.

Genou polycentrique avec assistance hydraulique :
Cumule les avantages des genoux polycentriques et de l'assistance hydraulique : sécurité et nervosité/réactivité.



[figure_31_genou_polycentrique_pneumatique.jpg](#)
genou_polycentrique_pneumatique



[figure_30_genou_polycentrique_hydraulique.jpg](#)
genou_polycentrique_hydraulique

Monocentrique avec assistance électronique (microprocesseur)

Avantages :

- marche à vitesse variable.

Inconvénients :

- nécessité de le recharger, mise en œuvre délicate.

Indications :

- remboursé par la sécurité sociale sous certaines conditions (réussite de tests avec le genou habituel puis avec le genou électronique)
- amputé fémoral
- prothèse définitive : marche en intérieur et à l'extérieur
- marche avec variation fréquente d'allure : loisir, professionnel...

Il en existe des hydrauliques, pneumatiques et électromagnétiques.



[figure_33_genou_electromagnetique.jpg](#)
genou_électromagnétique
[figure_32_genou_electronique_hydraulique.jpg](#)



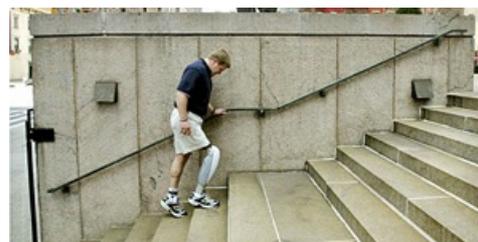
[figure_34_genou_electronique_hydraulique_et_pneumatique](#)
- Copie.jpg
genou_électronique_hydraulique_pneumatique



[figure_32_genou_electronique_hydraulique.jpg](#)
genou_électronique_hydraulique

Système bionique

Il existe un seul genou **motorisé** pour amputés fémoraux. Il facilite la marche sur sol plat, sol incliné, l'action de s'asseoir et de se lever d'une chaise, ainsi que de **monter** les escaliers en pas alternés. Il est par contre lourd et encombrant. Il n'est pas remboursé par la sécurité sociale et ces indications sont difficiles à préciser.



[figure_35_genou_bionique.jpg](#) genou_bionique

Schéma de prescription d'un genou prothétique

Il y a peu de travaux scientifiquement valides comparant les performances cliniques de ces différents types de genou afin d'en préciser leurs **indications**. Il faut donc se baser sur les **capacités fonctionnelles des patients** et sur les **caractéristiques avancées** par les industriels de ces différents genoux. Le choix est relativement facile à faire pour des patients très limités (âgés, artéritiques) ou au contraire pour des patients jeunes, dynamiques (amputation traumatique). Il est plus compliqué dans les situations intermédiaires.

Schématiquement :

- **Si la marche n'est possible qu'au domicile**
 - avec un équilibre précaire : genou à verrou
 - avec un équilibre suffisant : genou à verrou facultatif ou libre monoaxial à frein.
- **Si la marche est possible au domicile et dans le voisinage proche**
 - avec un équilibre précaire : genou libre monoaxial à frein ou polycentrique mécanique
 - avec un équilibre suffisant : genou polycentrique mécanique.
- **Si la marche est possible au domicile, dans le voisinage et en ville, ou pour des patients ayant une activité professionnelle/de loisirs**
 - à vitesse constante :
 - recherche plutôt de confort : genou monoaxial ou polycentrique pneumatique
 - recherche plutôt de nervosité/réactivité : genou monoaxial ou polycentrique hydraulique
 - à vitesses de marche/cadence variable : genou monoaxial à microprocesseur.

Pour en savoir plus



Aller plus loin

Article

- Van der Linde H, Hofstad C, Geurts A, Postema K, Geertzen J, Van Limbeek J. A systematic literature review of the effect of different prosthetic components on human functioning with a lower limb prosthesis. Journal of rehabilitation research and development 2004; 41(4): 555-70.

Revues

- bulletin Signalétique du service de documentation de l'IRR de Nancy : l'abonnement gratuit permet de recevoir tous les deux mois les références bibliographiques recensées concernant la MPR. Les articles sont classés par thème et on retrouve un thème spécifique AMPUTATION - APAPREILLAGE (www.reedoc.irr.u-nancy.fr)
- journal of Rehabilitation Research and Development (www.rehab.research.va.gov/jrrd). Revue publiée par le service de recherche et développement en rééducation, département des anciens combattants américains (Veterans Affairs). L'abonnement est gratuit
- annals of Physical and Rehabilitation Medicine. Journal de la société française de MPR. Publie régulièrement des articles sur l'appareillage
- prosthetics and Orthotics International (www.ispoint.org) : revue de la société internationale pour les prothèses et orthèses (ISPO). L'abonnement est gratuit pour les membres de la société à jour de leur cotisation
- journal de l'orthopédie : revue de la branche française de la société internationale pour les prothèses et orthèses (ISPO France). L'abonnement est gratuit pour les membres à jour de leur cotisation.

Livres

- traité de médecine physique et de réadaptation. Jean Pierre Held, Olivier Dizien, édition Flammarion, 1998
- tower-limb Prosthetics and Orthotics : Clinical Concept. Joan E. Edelstein, Alex Moroz. Edition Slack, 2011
- prosthetics and Patient Management : A Comprehensive Clinical Approach. Kevin Carroll, Joan E. Edelstein. Edition Slack, 2006
- amputation du membres inférieurs : appareillage et rééducation. P. Codine, V. Brun, JM. André. Edition Masson, 1996
- amputation, Prosthetics Use and Phantom Limb Pain : An Interdisciplinary Perspective. C. Murray. Edition Springer.

Associations françaises

- AMPAN : association médicale de perfectionnement en appareillage nationale. Regroupe des médecins spécialistes en appareillage (www.ampan.fr)
- AFA : association française pour l'appareillage. Regroupe 3 collèges. 1 collège de médecin, 1 d'orthoprothésiste et 1 d'auxiliaires médicaux. (www.association-afa.fr)
- <http://www.anot-ortho.com/>: l'ANOT est un annuaire qui regroupe par région et par département :
 - les entreprises agréées (orthoprothésistes privés)
 - les fournisseurs/fabricants de matériel orthopédique et médical
 - les centres de rééducation et réadaptation fonctionnelle
 - les organisations professionnelles.

Sociétés savantes

International Society for Prosthetics and Orthotics (www.ispoint.org) et sa branche ISPO-France (www.ispo-france.com)

Congrès

- SOFMER : congrès de la société française de MPR. Une session est consacré à chaque édition à l'appareillage
- ISPO France : congrès national annuel sur deux jours en général en octobre
- ISPO monde : congrès international sur 5 jours tous les 2 ou 3 ans
- journées de perfectionnement en appareillage : journées organisées tous les ans sur 2 jours par les deux associations AFA et AMPAN
- orthopédie + Reha-Technik : salon professionnel international et congrès mondial de l'orthopédie et des technologies de prothèse (<http://www.ot-forum.de>).