



Appareillage et amputation de membre inférieur

DES Appareillage – Nancy – 25/01/2024

1. Introduction

1. Introduction

« L'amputation n'est pas une situation d'échec thérapeutique, mais une opportunité »
Transformer l'échec de sauvetage du membre en réussite fonctionnelle

- **Avantages**

- Réduire la longueur du TTT
- Disparition des plaies si amputation fermée
- Retour à autonomie rapide
- Éviter instauration de compensations
- Retarder déformations et grabatisation



- **Inconvénients**

- Atteinte intégrité corporelle
- Complications liées à l'appareillage

Un vrai choix et non pas qu'un choix par défaut... : activités et participation

1. Introduction

Prothèse ou pas ?

Quels sont les objectifs de l'appareillage ?

La personne est-elle appareillable ?

Quelle prothèse ?

Une ou plusieurs prothèses ?

Que la prothèse ?

La prothèse remplace un membre manquant

Les réponses seront différentes si

- Amputation de MI,
- Amputations multiples.

1. Introduction

Quels sont les objectifs de l'appareillage de membre inférieur ?

Quoi faire ?



- Transferts
- Station debout
- **Marche intérieure**
- Marche **extérieure terrain plat**
- Marche extérieure **terrain accidenté**
- Activités **professionnelles ou sportives**

Comment le faire ? = cahier des charges

- Sans inconfort
- Sans trébucher, sans chuter : stable en phase d'appui
- Sans boiterie : mobile en phase oscillante
- Sans aides techniques
- Sans réfléchir
- Sans augmenter sa consommation énergétique
- Et si possible en variant sa vitesse de marche

Mais aussi...

Esthétique - Douleurs de membre fantôme - ↓ **Sur-sollicitation** des membres restants

1. Introduction

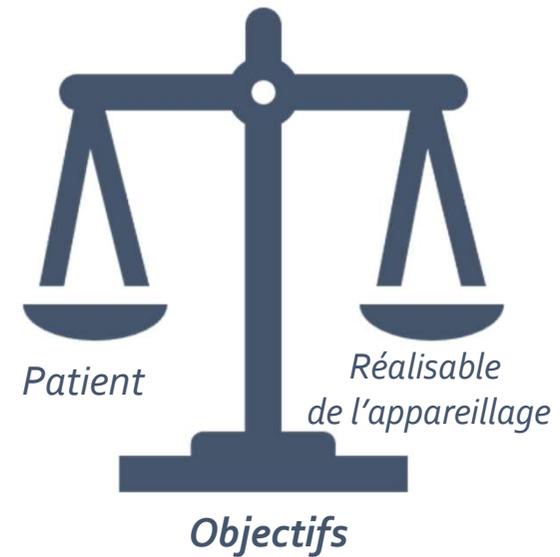
Le patient est-il appareillable ?

Le patient marchait-il avant l'amputation ?

État général du patient

L'état du membre controlatéral et les MS

L'état du membre résiduel (MR)

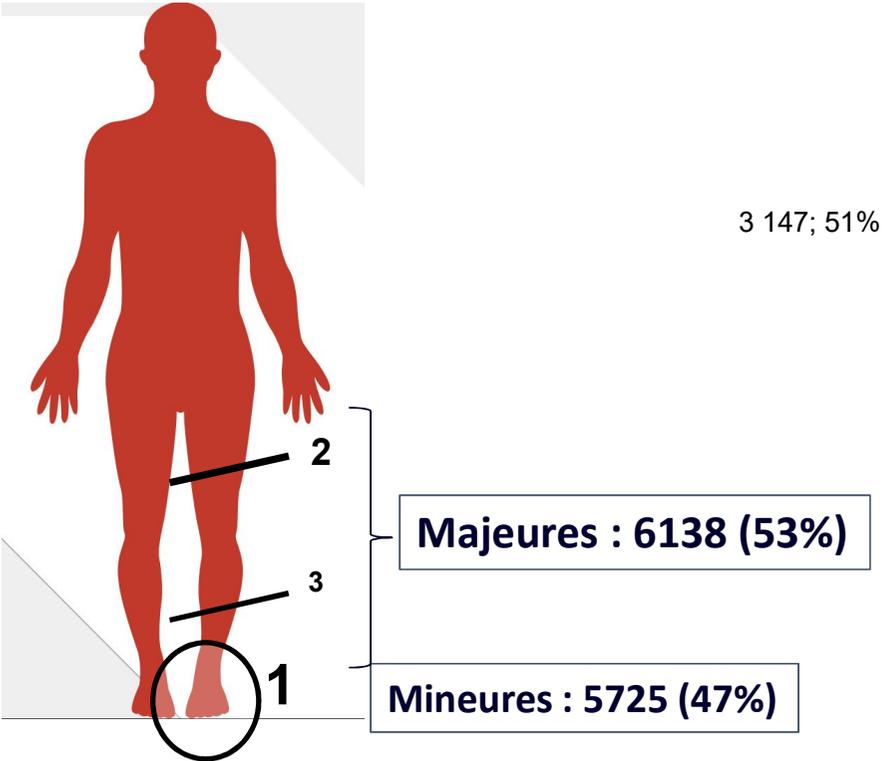


*Techniquement quasiment toujours appareillable d'autant que **MR stable, indolore, tonique, sensible et mobile***

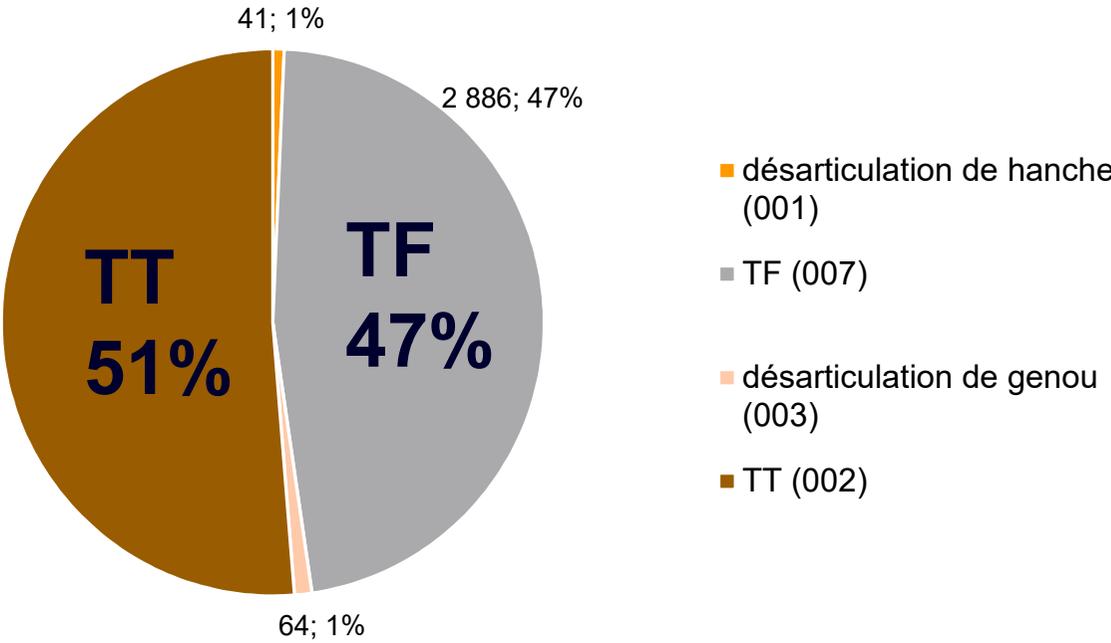
2. Épidémiologie

2. Epidémiologie

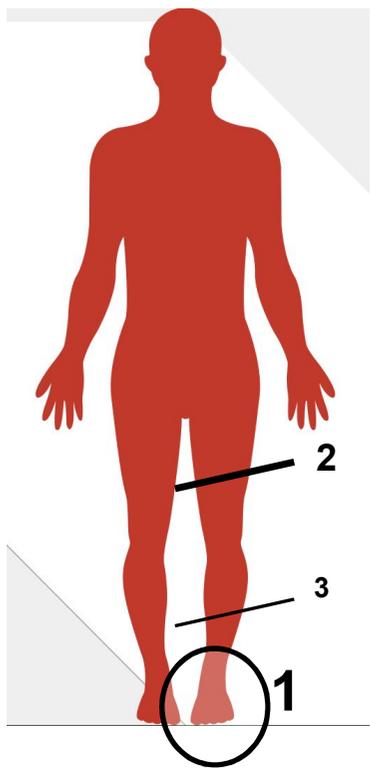
PMSI 2022 : 11863 amputations MI



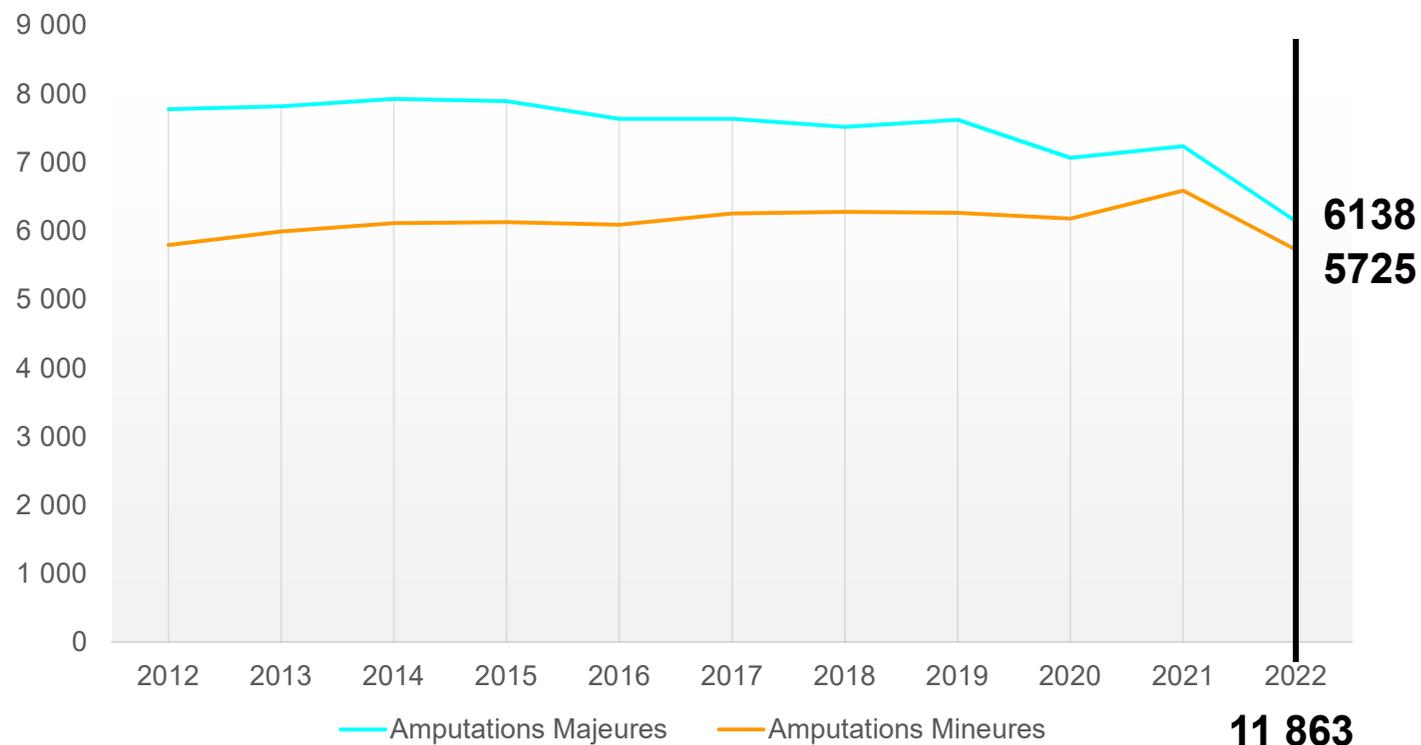
Répartition des niveaux d'amputations majeures en 2022



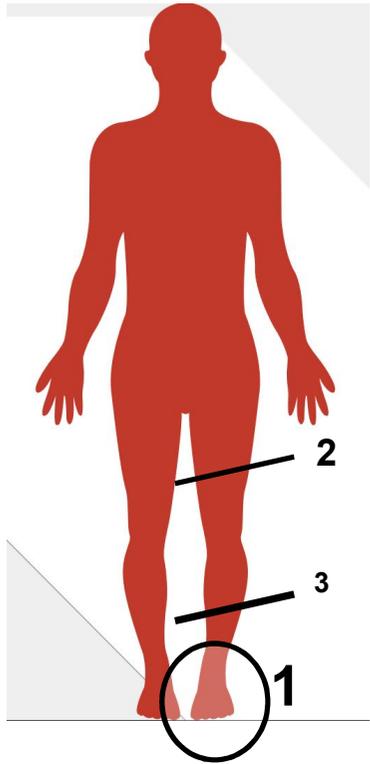
2. Epidémiologie



Incidence des amputations de MI entre 2012-2022



2. Epidémiologie

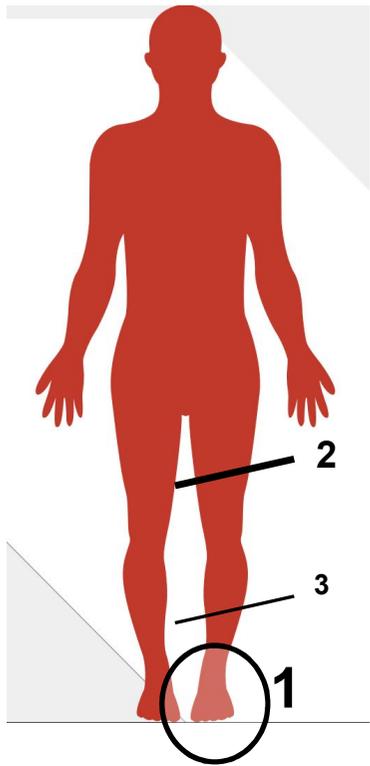


Vasculaire (83,7 %)



Échec de pontage
Plaie infectée
Ostéo-arthrite
Amputation après ischémie prolongée

2. Epidémiologie



AVP
AT
Brûlures
Électrocution
Gelure

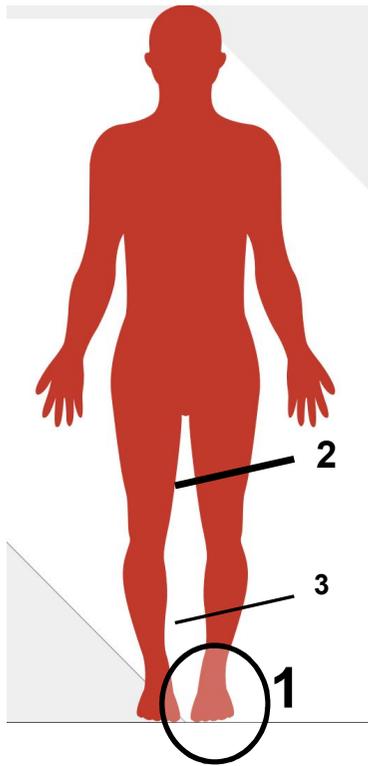


Soit primitive
Soit secondaire



Vasculaire (83,7 %) >> traumatique (12,8%)

2. Epidémiologie



Lili, "le buste vivant"

Lili, qualifiée de "*plus grand phénomène vivant*", mesurait 35 centimètres et parlait français et allemand. Les termes "*vivant*" et "*sans illusion*" ont été rajoutés sur sa carte de promotion.

Les baraques foraines accueilleront aussi Violetta, une femme-tronc allemande que l'on pouvait rencontrer à Luna Park à Paris dans les années 1930 ainsi que France O'Conner dans l'entre-deux-guerres.



Vasculaire (83,7 %) >> traumatique (12,8%) > tumorale (2,3%) > autres (1,2%) (infectieux, agénésie)

3. Niveaux d'amputation

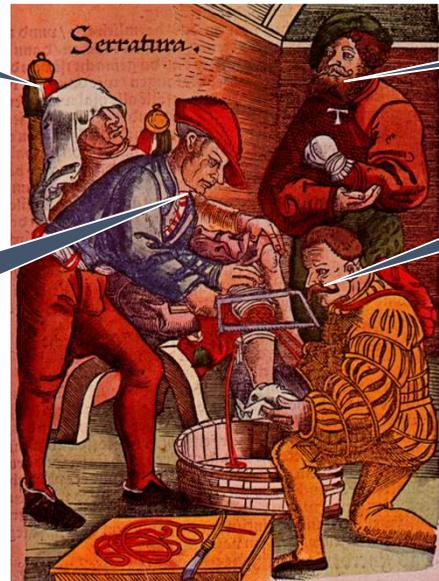
3. Niveaux d'amputation → où amputé ?

Docteur, vous êtes certain que je vais pouvoir faire l'ouverture de la chasse ?

On devrait peut être demander au MPR !

Tu es certain du niveau ?

Ne t'inquiète pas, on pourra toujours faire une fémorale par la suite ?

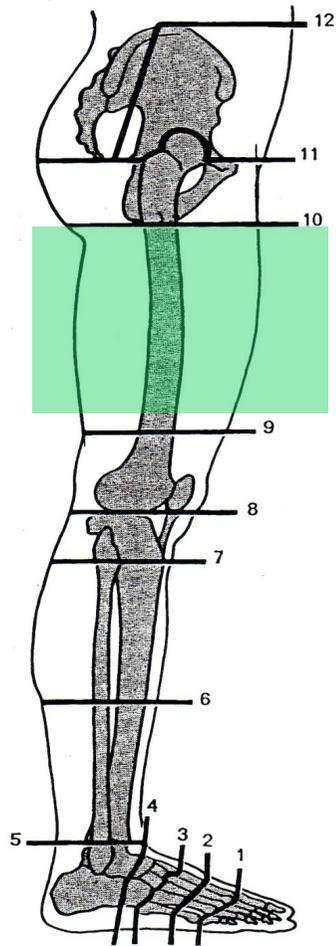


À chacun son domaine, à chacun ses préoccupations...

Obtenir un moignon optimal pour un appareillage optimal correspondant au projet de vie du patient

3. Niveaux d'amputation

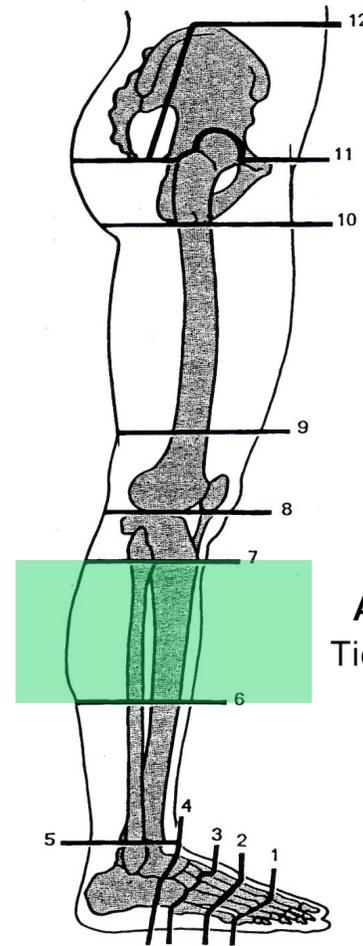
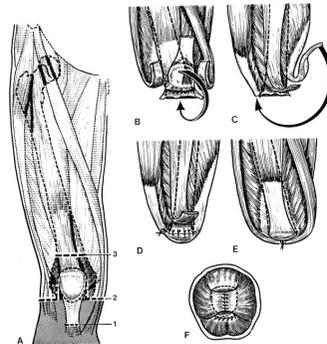
Niveaux d'amputation majeure → bras de levier suffisamment long et place pour les pièces prothétiques



Amputation trans-fémorale

- 10 cm < petit trochanter
- 15 cm > interligne articulaire genou

Amputation de Gritti



Amputation trans-tibiale Tiers supérieur – tiers moyen

3. Niveaux d'amputation

Grands principes chirurgicaux → obtenir un moignon **TONIQUE, SENSIBLE, STABLE, INDOLORE**

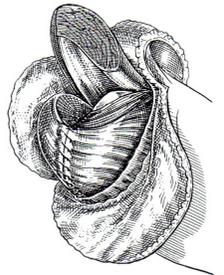
Une peau saine épaisse et sensible

Fermeture en 1 temps, cicatrisation dirigée, cicatrice frontale et paraterminale, plutôt postérieure, non adhérente et fine
!! Greffe de peau, lambeau de couverture sauf si pour sauver le genou

Absence d'appui osseux douloureux
Moignon tonique

Tibial : Angle de Farabeuf, Fibula plus courte de 2 cm,
Fémoral + tibial :

- Obturation du canal médullaire,
- Suture périostée,
- Ostéomyoplastie et/ ou myodèse

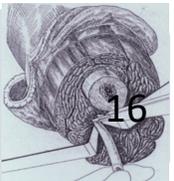


Vascularisé

Dissection et ligature individuelle la plus distale

Indolore

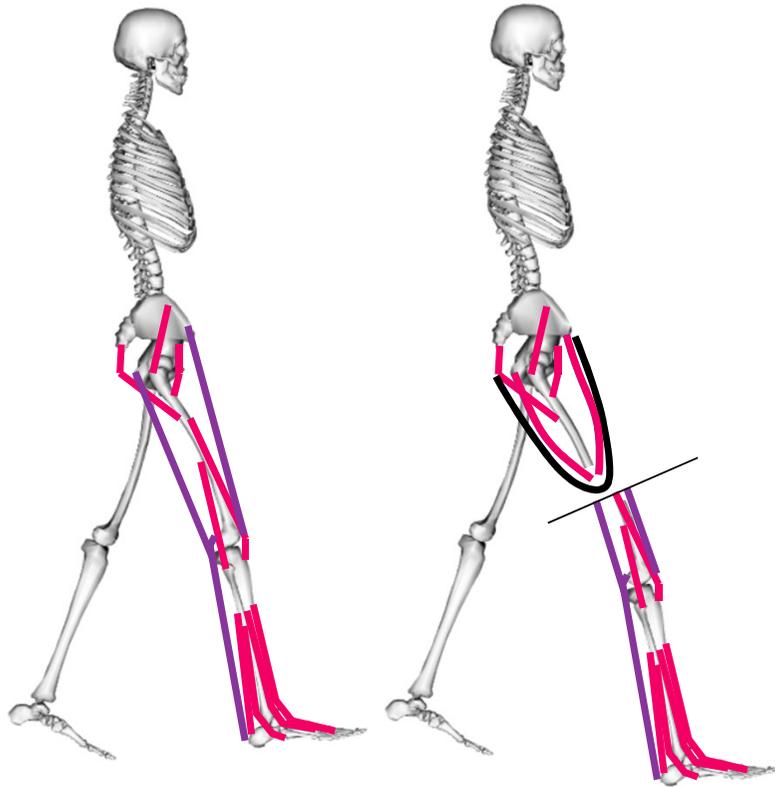
Traction et section franche sur le nerf et enfouissement,
Ou Neurotisation, ou manchonnage



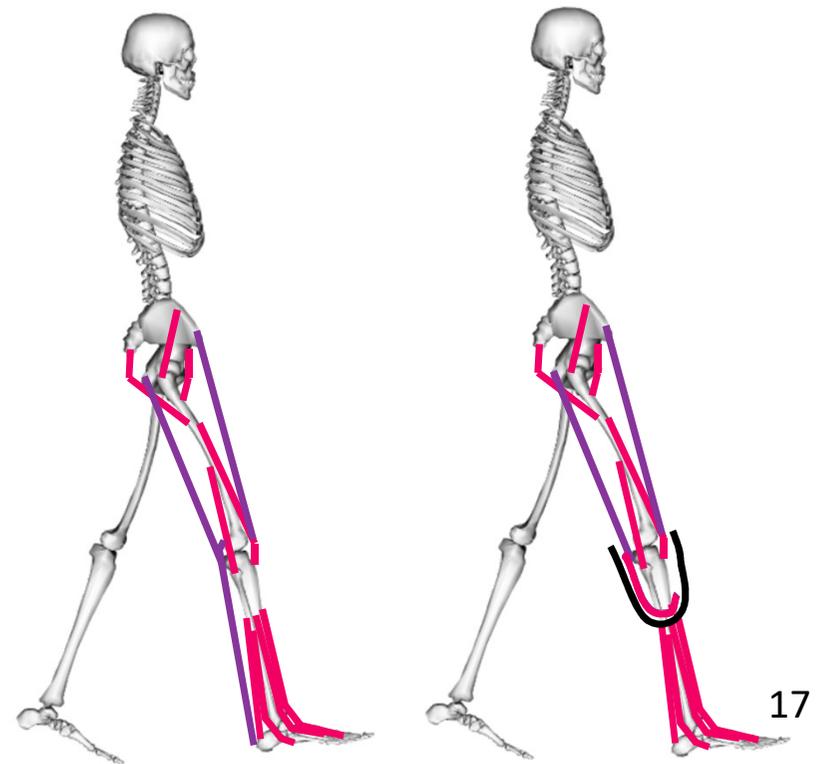
3. Niveaux d'amputation

Grands principes rééducatifs post opératoires → limiter les attitudes vicieuses

FLEXUM – ABDUCTUM par déséquilibre agoniste-antagoniste

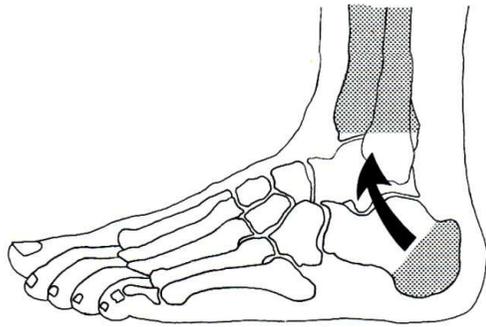


FLEXUM GENOU iatrogène



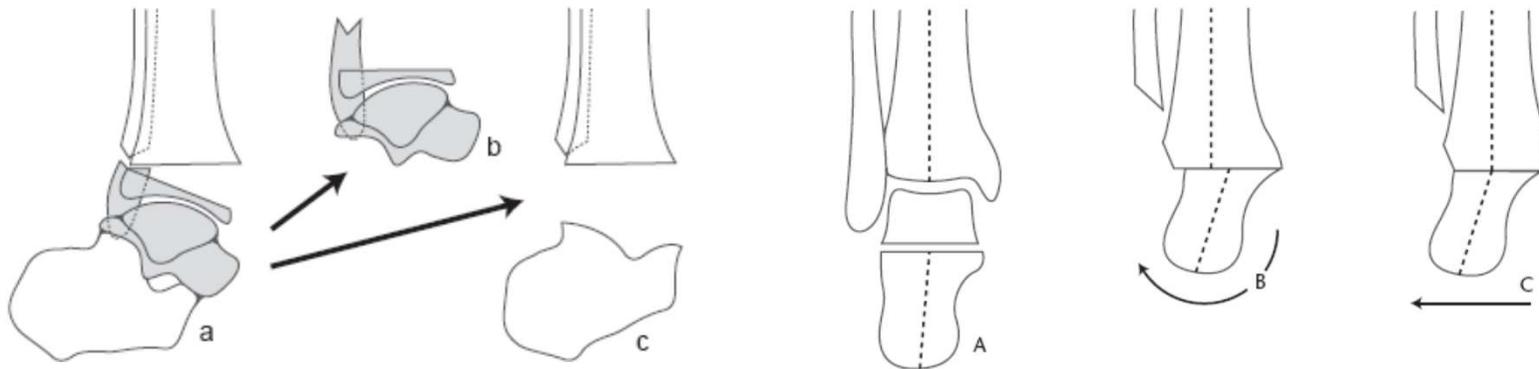
3. Niveaux d'amputation

Niveaux d'amputation mineurs → difficultés d'appareillage



Amputation de Pirogoff

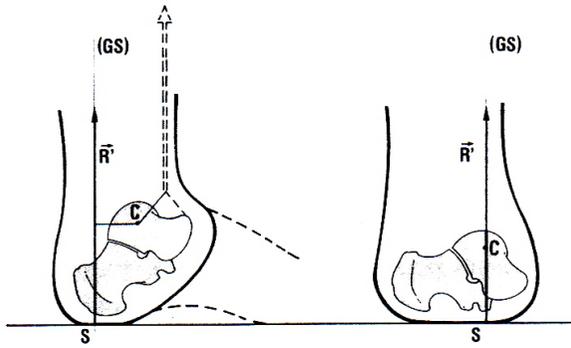
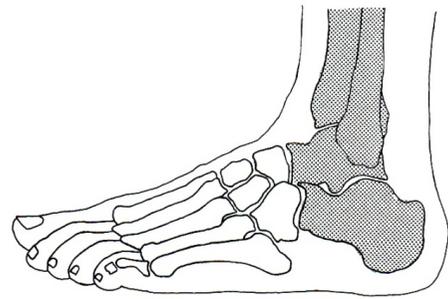
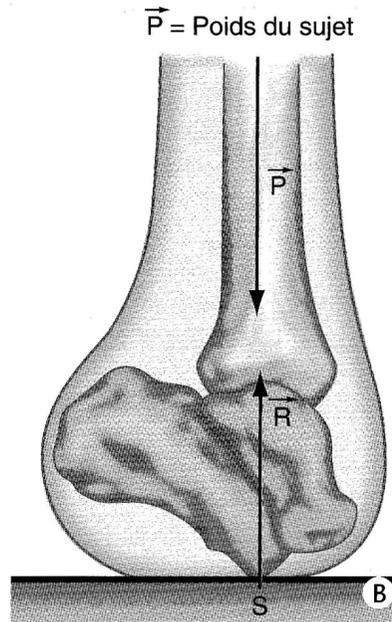
- Très intéressante pour des patients peu dynamiques
- Très bien tolérée : os et peau habituée à l'appui
- Raccourcissement mais permet de marcher sans prothèse



3. Niveaux d'amputation

Niveaux d'amputation mineurs → difficultés d'appareillage

Amputation de Chopart



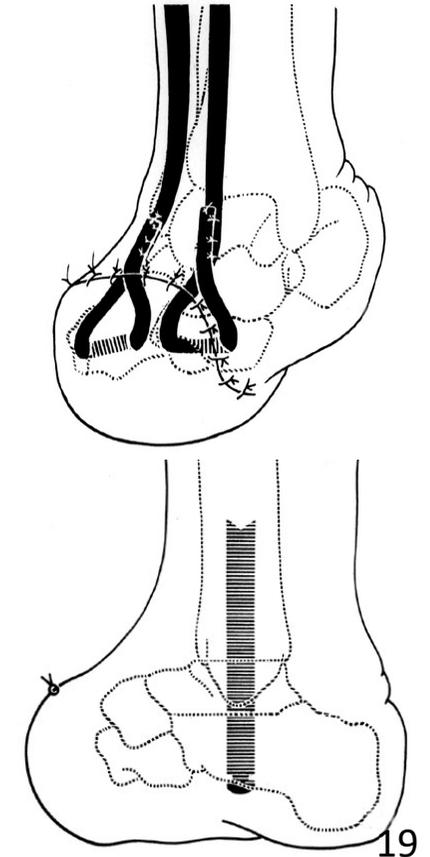
Déséquilibre FD/FP

→ pied varus équin

Rééquilibration impérative

par points transosseux : CFib-cuboïde, TA-scaphoïde, ExtO

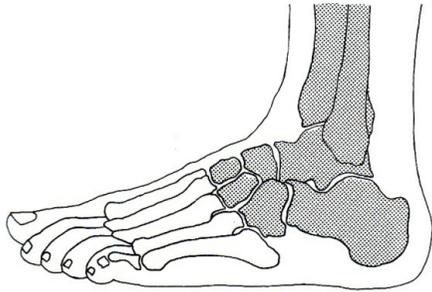
par arthrodèse TTC : Tibio-talo-calcaneenne



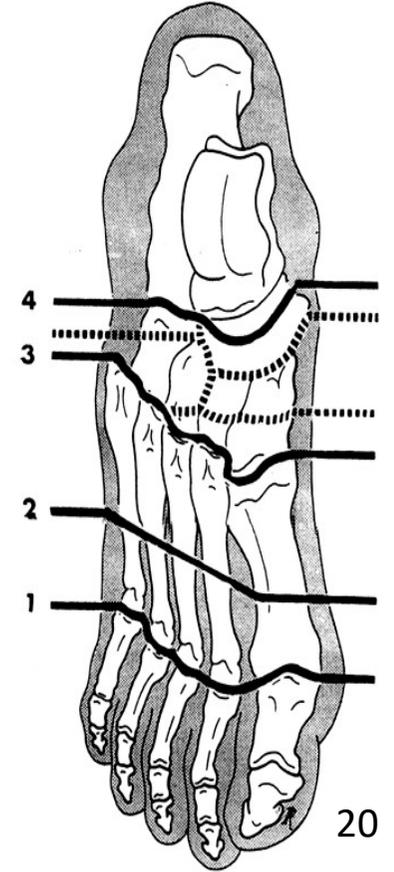
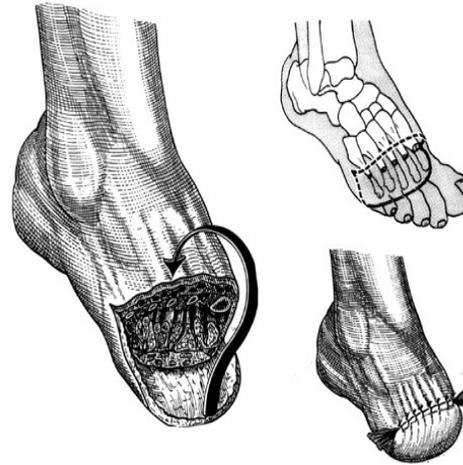
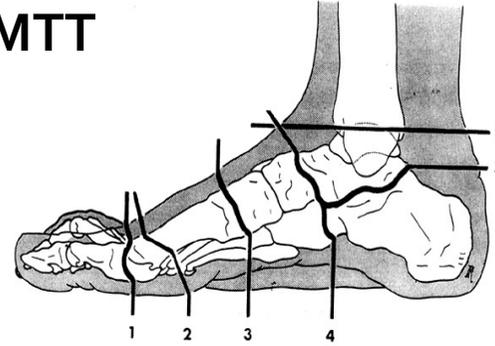
3. Niveaux d'amputation

Niveaux d'amputation mineure → difficultés d'appareillage

Lisfranc



MTT



3. Niveaux d'amputation

Moignon optimal ou défectueux



Moignon défectueux



Moignon optimal



4. Appareillage

4. Appareillage



4. Appareillage

Petit et Grand Appareillage Orthopédique



Petit appareillage

Sur prescription médicale et paramédicale
Sans entente préalable
Remboursement partiel
SO, releveur standard,
Chaussures thérapeutiques de série

Grand appareillage (titre II chapitre 7)

Sur prescription **médicale** (conditions de spécialités...)
Avec entente préalable
Pour tout appareil sur moulage
Remboursement LPPR 100% :

- Orthèses, prothèses...
- Chaussures sur mesure : 100 % si ALD
- Critères d'attribution

4.a. Appareillage du pied

4a. Appareillage du pied

Niveaux d'amputation mineure → difficultés d'appareillage

- Mobilité de la cheville conservée ou non
- Interface ou pas : tissu, silicone, Podofoam...
- Limites supérieures de l'appareil
- Protection de la crête tibiale
- Dureté de l'avant pied
- Coin talonnier
- Bivalve ou monovalve, avec décharge...



JAMAIS FACILE !!



4a. Appareillage du pied

Niveaux d'amputation mineure → difficultés d'appareillage

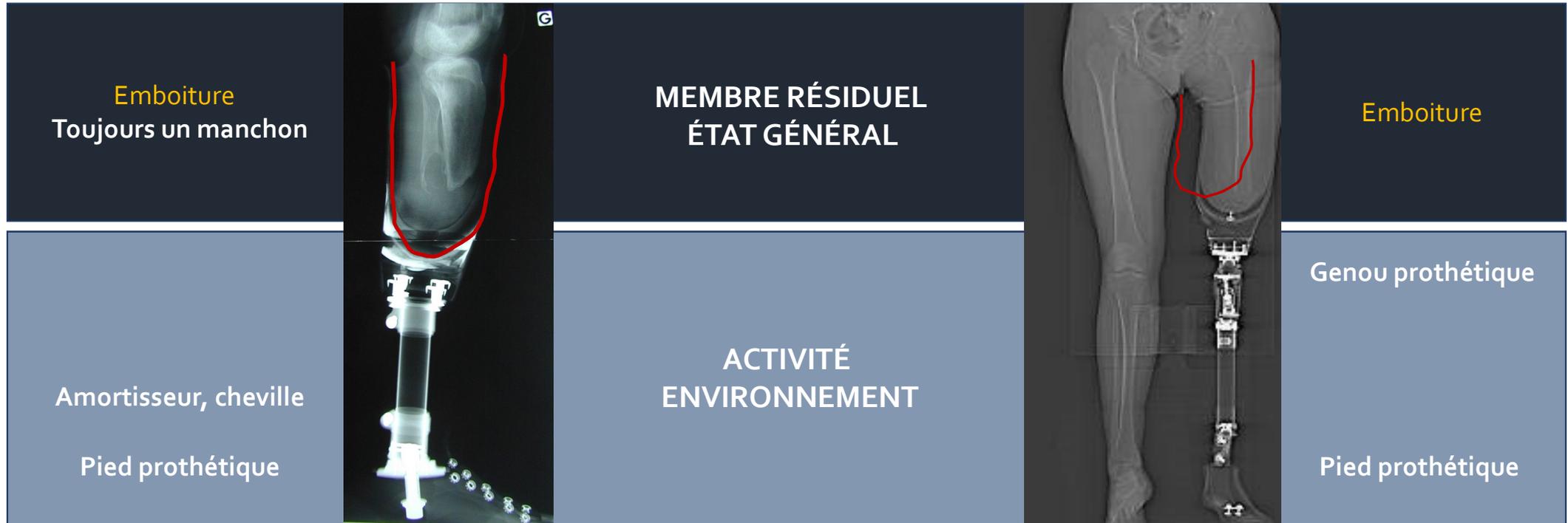


4.b. Appareillage

Amputation trans-tibiale

4b. Appareillage des amputations majeures

Quelle est la composition d'une prothèse de membre inférieur ?



Suspension

Transmission
des forces

Contrôle de la
prothèse

Adaptation
parfaite +++

Perf !! 29

4b. Prothèse tibiale

L'emboiture de la prothèse tibiale : à contact total

1. Membre résiduel non stable en volume
 - Emboiture provisoire

2. Membre résiduel stable sans variation de volume
 - Emboiture définitive possible
 1. Forme de l'emboiture validée
 - Emboiture dans des matériaux définitifs
 2. Forme de l'emboiture non validée
 - Emboiture d'essai



4b. Prothèse tibiale

Système d'accrochage prothèse tibiale

– Mode d'accrochage de la prothèse

- Manchon + attache terminale
- Manchon + attache latérale
- Manchon + gaine de suspension

– Matériaux

Gel de copolymère / Silicone / Uréthane

– Mode de fabrication

Série / Sur mesure / Sur moulage

– Particularité

- Thermoformable
- Epaisseur circulaire uniforme ou non
- Epaisseur longitudinale uniforme ou non
- Adjonctions : vitamine, renfort...
- Tramé ou non



4b. Prothèse tibiale

Système d'accrochage prothèse tibiale



Manchon gel de copolymère tramé + attache terminale

4b. Prothèse tibiale

Système d'accrochage prothèse tibiale



Manchon gel de copolymère tramé + gaine de suspension

4b. Prothèse tibiale

Système d'accrochage prothèse tibiale



Manchon silicone injecté + gaine de suspension



Manchon gel de copolymère tramé + gaine de suspension

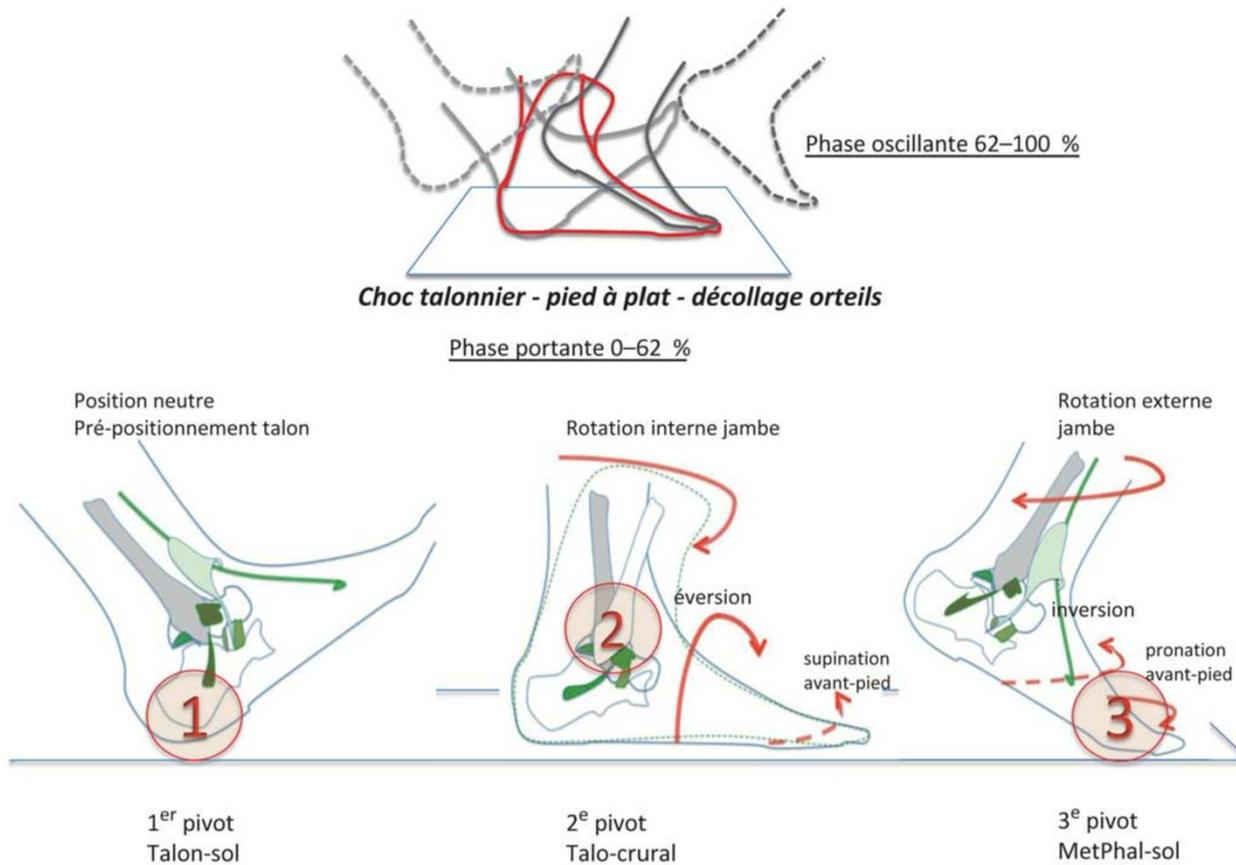
4b. Prothèse tibiale

Les pieds prothétiques ou effecteur terminal



4b. Prothèse tibiale

Le pied humain



Elsevier 2015

3 points de rotation → Fonctionnel

- ① Talon
 - ② Cheville
 - ③ Tête des MTT
- Stabilité – Adaptation au sol
- Propulsion

4b. Prothèse tibiale

Les pieds prothétiques

1. Pieds non motorisés

2. Pieds motorisés

2 pts de rotation

3 points de rotation → *se rapproche de la physiologie humaine*

Sans restitution d'énergie

Avec restitution d'énergie → *Propulsion*

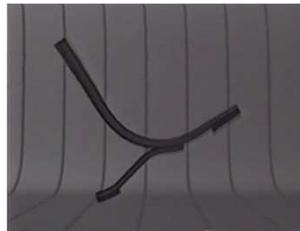
Articulation de cheville
Mécanique



Hydraulique – électronique



Souplesse des matériaux



Classe I – II – III
(> 100 pieds)

Cheville hydraulique **électronique** ou non



Moteur permet la **FD/FP**



Moteur permet la **propulsion**



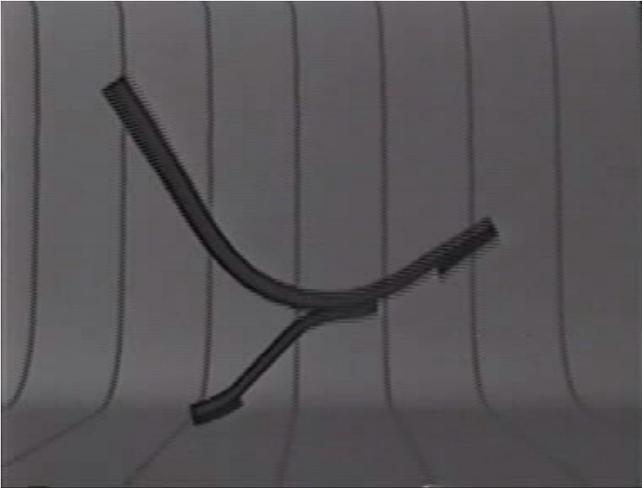
L'électronique (capteurs) permet de s'adapter au terrain !

4b. Prothèse tibiale

Les pieds prothétiques à restitution d'énergie

3 points rotation → avec restitution d'énergie

Flexibilité de la fibre de carbone



Classe I



Classe II



Classe III

4b. Prothèse tibiale

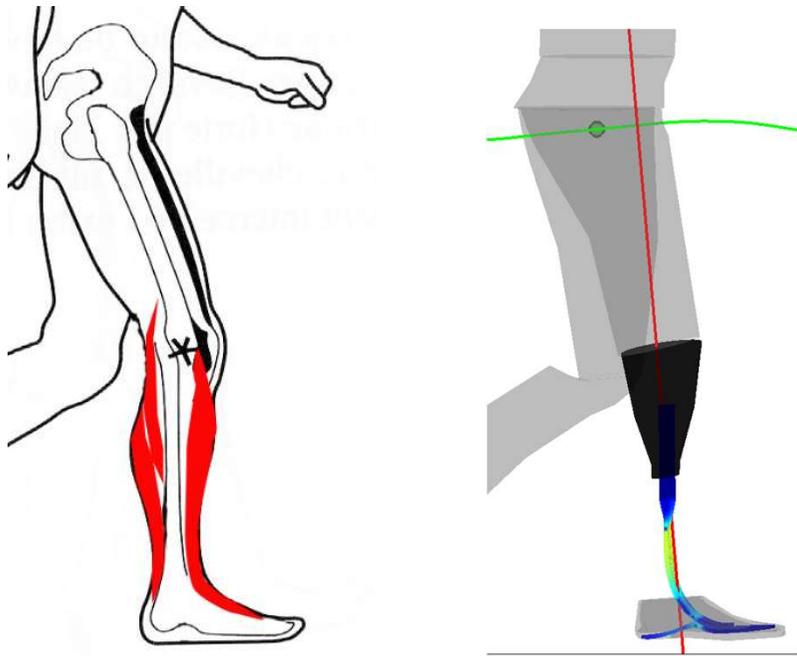
Les pieds prothétiques à restitution d'énergie : conditions de prescription

Classe	Critères techniques	Valeurs	Indications minimales
Pieds à restitution d'énergie Propulsion ≥ 30 (sauf amputation basse où $P \geq 20$)			
1	Propulsion	$30 \leq P < 75$	D4601 : Se déplacer dans des bâtiments autres que la maison
2	Propulsion	$75 \leq P < 120$	D4602 : Se déplacer en dehors de la maison et d'autres bâtiments
3	Propulsion	$P \geq 120$	D4608 : Autres activités précisées relatives au fait de se déplacer dans d'autres lieux divers
4	Encombrement Propulsion	$E < 60$ mm $P \geq 20$	Pour amputation basse de jambe

4b. Prothèse tibiale

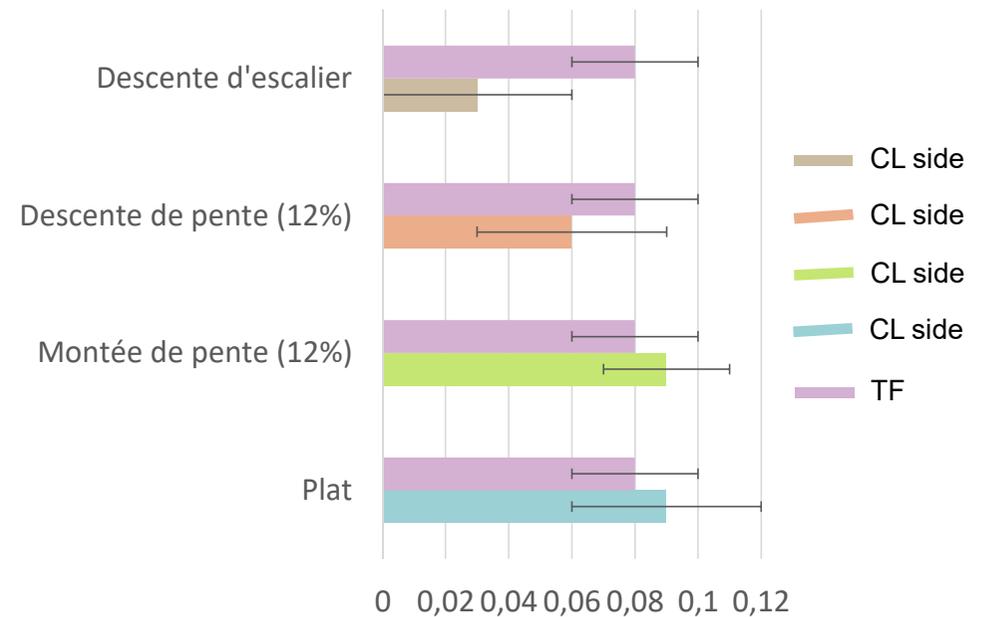
Les pieds prothétiques à restitution d'énergie

La raideur physiologique du pied humain



[Pillet et al, 2016]

Raideur biomécanique (Nm/kg/°)



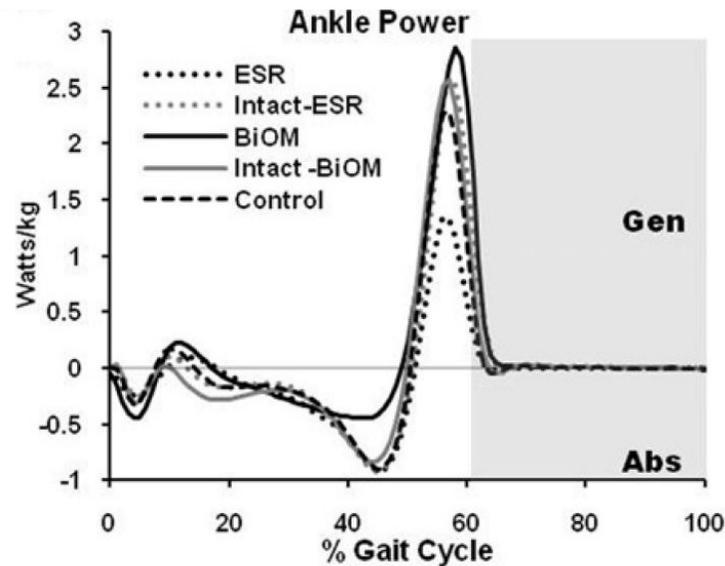
[Pillet et al, 2014]

4b. Prothèse tibiale

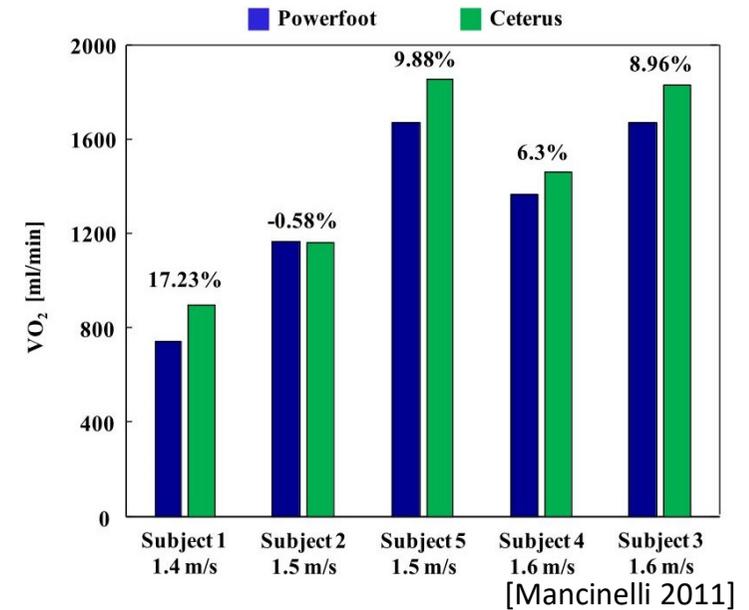
Les pieds prothétiques à restitution d'énergie

Système pied-cheville motorisée

→ Diminution de la perception de la propulsion avec ces systèmes [Thomas, 2017]



[Ferris, 2012]



[Mancinelli 2011]

BiOM® : motorisation durant la phase d'appui

Diminution de la consommation d'E vs ESR
41

4b. Prothèse tibiale

Les effecteurs intermédiaires

- Effecteurs intermédiaires **articulaires**
 - Cheville
 - Passive
 - Active motorisée
 - Effecteurs intermédiaires **non articulaires**
 - Amortisseur de choc
 - Amortisseur de torsion
- ↪
- Effecteurs intermédiaires **couplés à l'effecteur terminal**
 - Pied articulé
 - Pied Reflex
 - Pied Proflex LP et proflex XC torsion
 - Pied Shockwave...



4b. Prothèse tibiale

L'esthétique AQUALEG®

MINISTÈRE DES AFFAIRES SOCIALES ET DE LA SANTÉ

3200 euros à la LPP

Arrêté du 2 décembre 2016 portant inscription du revêtement de protection pour prothèse tibiale AQUALEG de la société AQUALEG SAS au titre II de la liste des produits et prestations remboursables prévue à l'article L. 165-1 du code de la sécurité sociale

NOR : AFSS1635478A



Indications

- Pied classe II pour Light cover (déc 2019)
- Pied classe III pour Aqualeg
- d 4601, d 4602, d 4608
- Activités dans l'eau

- MPR en 1^{ère} prescription
- Pas de restriction de spécialité pour le renouvellement

Pas de contre-indication en dehors de ne pas répondre aux critères de renouvellement

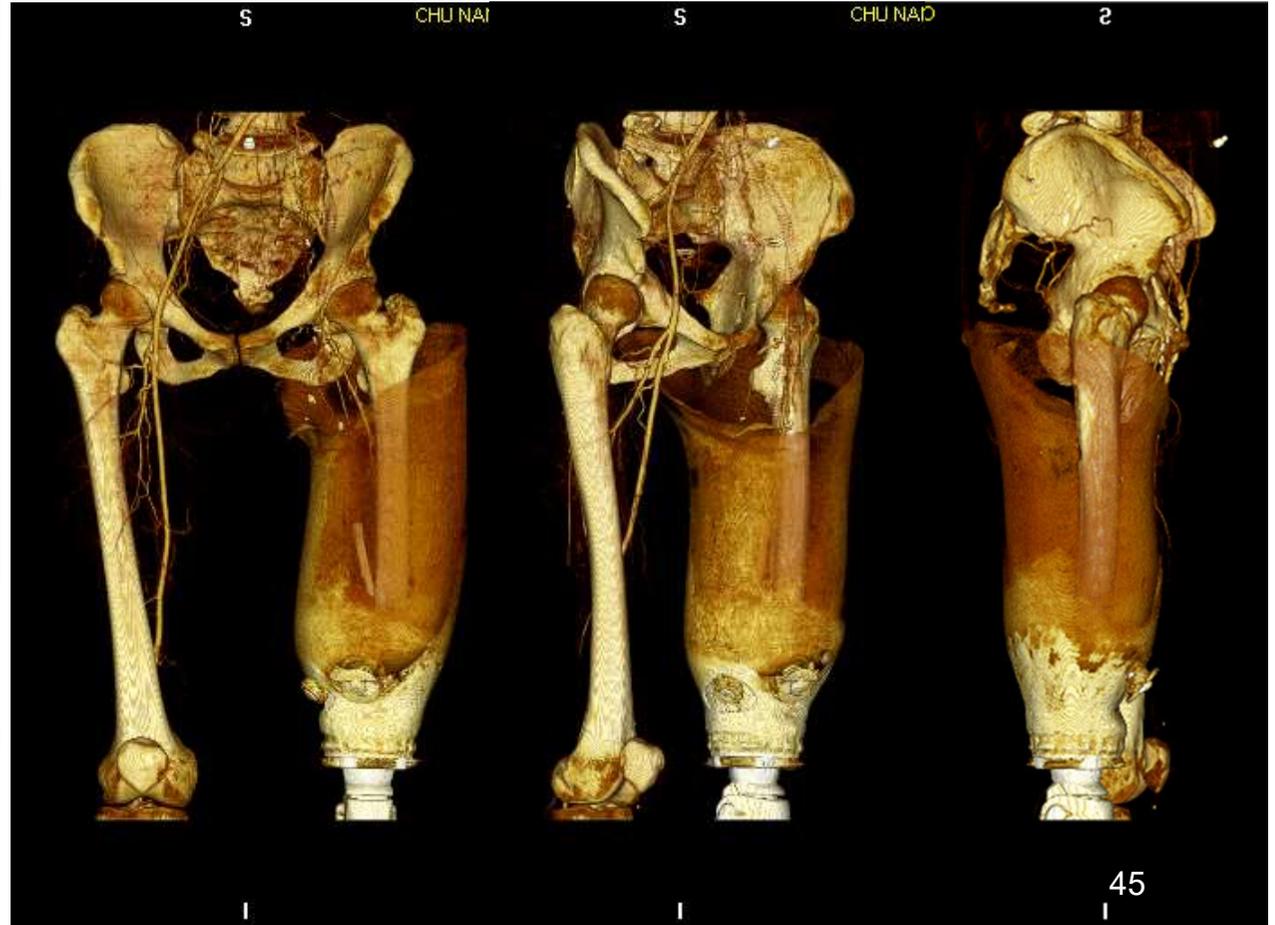
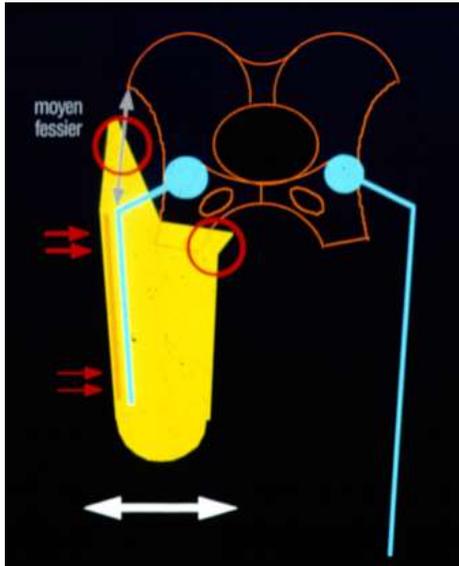


4.c. Appareillage

Amputation trans-fémorale

4c. Prothèse fémorale

L'emboiture fémorale : forme à ischion intégré, la plus répandue



4c. Prothèse fémorale

L'emboiture fémorale : formes et matériaux variés

Matériaux variés



Classique



Double fût



Martin Bionics
Socketless socket



ISS



M.A.S.



High Fidelity
(HiFi) Socket



Sub-ischiatique

Formes variées

Objectifs : Contrôle lors de la marche – **Confort** quelle que soit la position

→ Une **emboiture adaptée** est essentielle pour la rééducation et les essais des DM de la prothèse

4c. Prothèse fémorale

L'emboiture fémorale : souple à ischion intégré



Emboiture Access Socket ®
Ortho Access (*LPP en cours*)



Integral silicone socket ®
Pommier



OPR

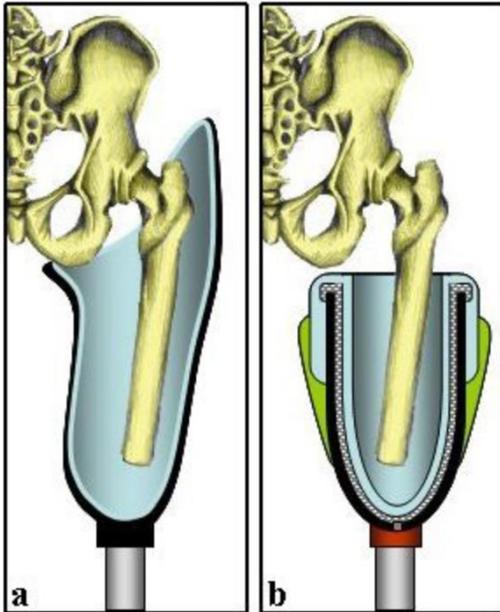
4c. Prothèse fémorale

L'emboiture fémorale : sub ischiatique (NUPOC Chicago)

Indications : Longueur périnée-extrémité > 16 cm, pas de trop grande variation de volume dans la journée



Gain sur F/E hanche,
Confort



Examples of transfemoral sockets: (a) Ischial Containment and (b) Sub-ischial.



Figure 1 (a) NU-FlexSIV Socket, (b) and (c) range of motion; (d) single limb stance stability; (e) rectification map.

Fatone, https://www.nupoc.northwestern.edu/research/projects/lowerlimb/dev_subischial.html

Technique : Fût intérieur semi-souple, fut extérieur rigide, manchon silicone avec collerette

4c. Prothèse fémorale

Suspension de la prothèse fémorale

Manchon de plus en plus +++

Accrochage :

- Baudrier, ceinture
- Gaine de suspension
- Tesbelt
- Succion par valve vide d'air
- Attache terminale, cordelette avec interface
- Mécanique : volet, velcro, sanglage
- Collerette



4c. Prothèse fémorale

Suspension de la prothèse fémorale



Manchon en silicone avec suspension par collerette

4c. Prothèse fémorale

Suspension de la prothèse fémorale



Manchon en gel de copolymère avec attache distale

4c. Prothèse fémorale

Suspension de la prothèse fémorale



4c. Prothèse fémorale

Suspension de la prothèse fémorale



Ostéo-intégration

4c. Prothèse fémorale

Les genoux prothétiques ou effecteurs intermédiaires



4c. Prothèse fémorale

Les genoux prothétiques ou effecteurs intermédiaires

Choix

1. Genou à verrou ou libre ?
2. Genou libre : avec ou sans frein (blocage du genou) ?
3. Articulation mono-axial (ou monocentrique) ou poly-axial (ou polycentrique) ?
4. Contrôle ou non de la phase d'oscillation ?
5. Contrôle ou non de la phase d'appui ?
6. Et si oui, mécanique ou électronique ?

Autres critères

Poids du genou, poids du patient, encombrement, cosmétique, montage, pièces de réglage par rapport à la ligne de charge ou en rotation

4c. Prothèse fémorale

Les genoux prothétiques ou effecteurs intermédiaires

Choix

1. Genou à verrou ou libre ?
2. Genou libre : avec ou sans frein (blocage du genou) ?
3. **Articulation mono-axial (ou monocentrique) ou poly-axial (ou polycentrique) ?**
4. **Contrôle ou non de la phase d'oscillation ?**
5. Contrôle ou non de la **phase d'appui ?**
6. Et si oui, **mécanique ou électronique ?**

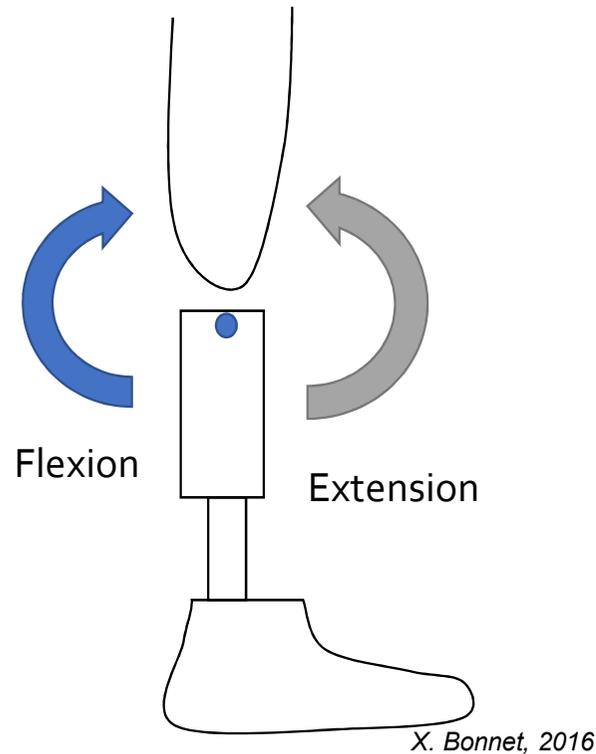
Autres critères

Poids du genou, poids du patient, encombrement, cosmétique, montage, pièces de réglage par rapport à la ligne de charge ou en rotation

4c. Prothèse fémorale

Les genoux prothétiques ou effecteurs intermédiaires

Comment cela fonctionne ?



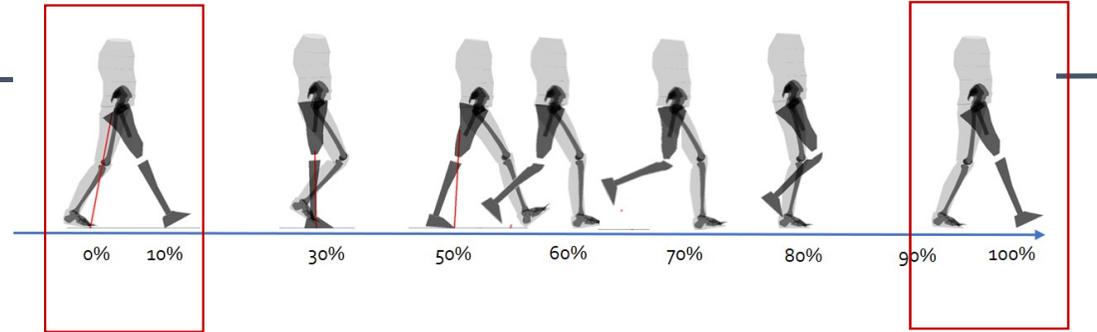
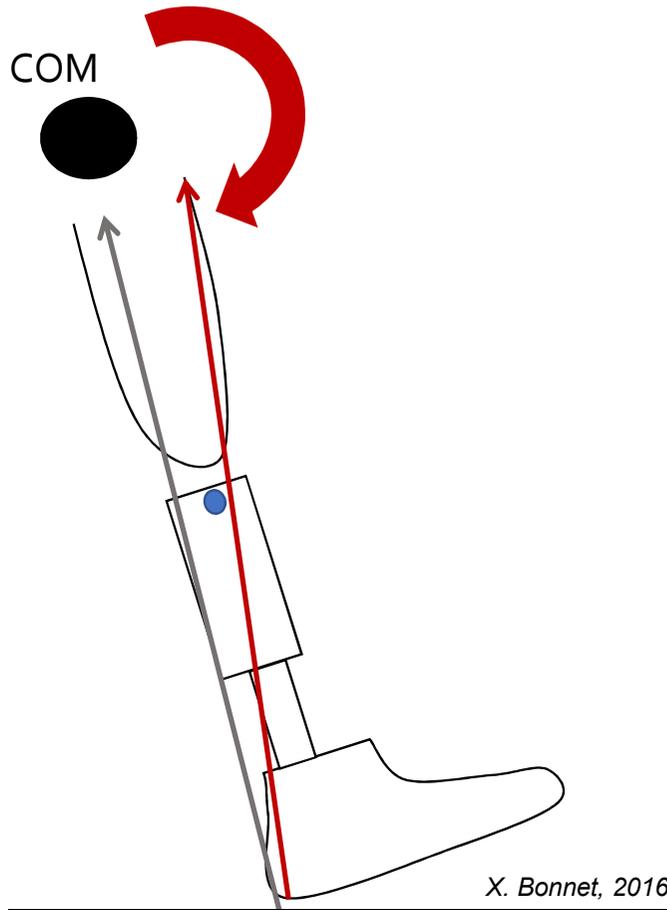
Genou prothétique libre

Moment de flexion de genou pour flexion de genou

Moment d'extension de genou pour extension de genou

4c. Prothèse fémorale

Les genoux prothétiques



Phase d'appui

Attaque du talon

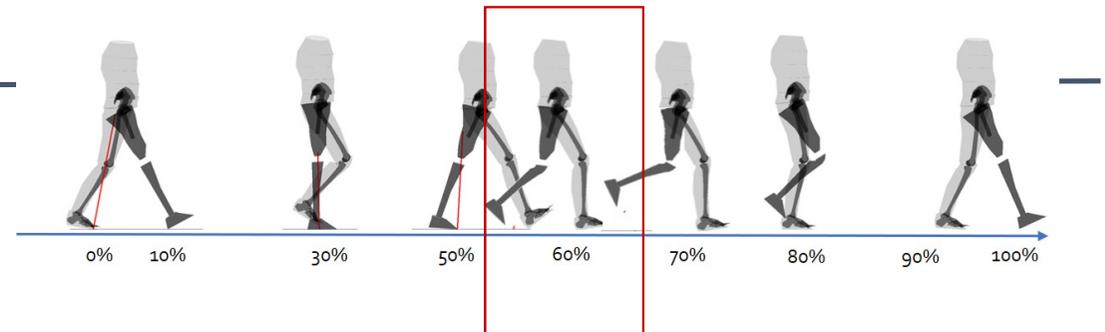
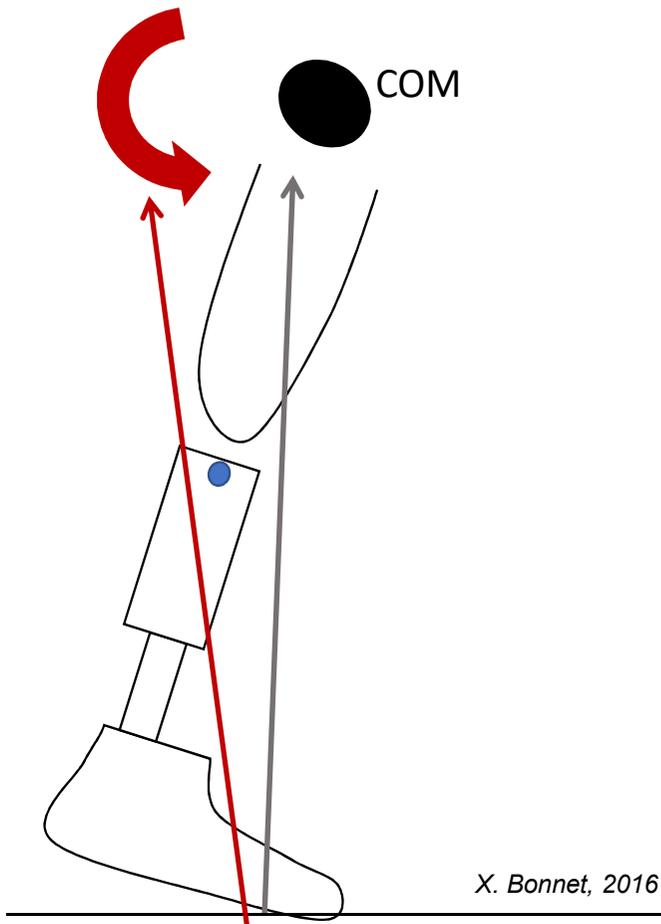
**Contrôle par les muscles de la hanche
Extenseurs**

→ *Comportement normal de la Force de Réaction au sol*

→ *Modification du comportement de la FdR par action musculaire*

4c. Prothèse fémorale

Les genoux prothétiques



Phase d'oscillation

Déverrouillage du genou prothétique

Contrôle par les muscles de la hanche

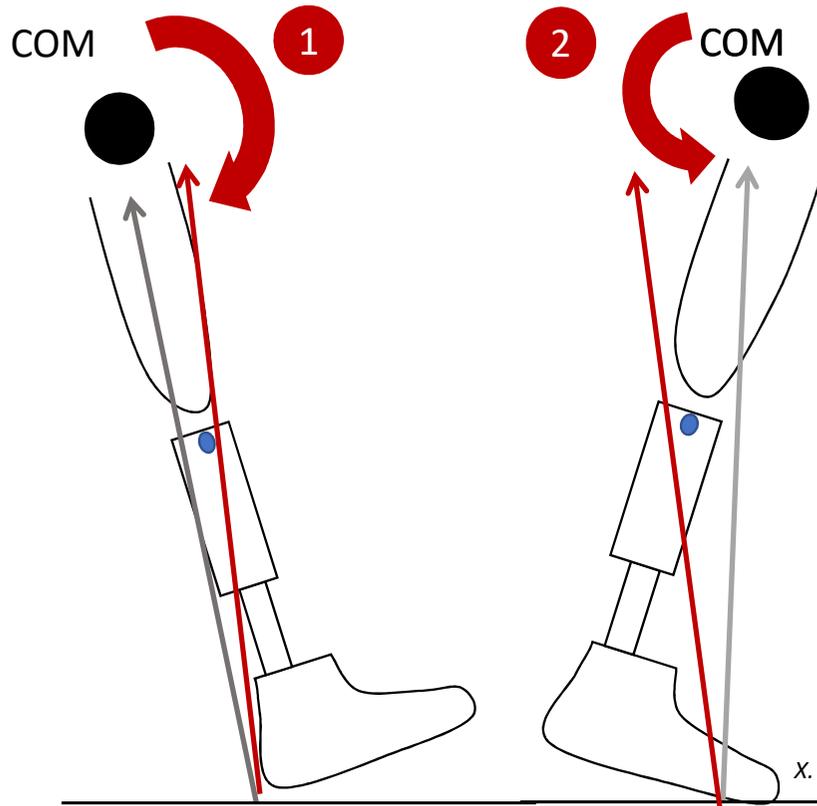
Fléchisseurs

→ Comportement normal de la Force de Réaction au sol

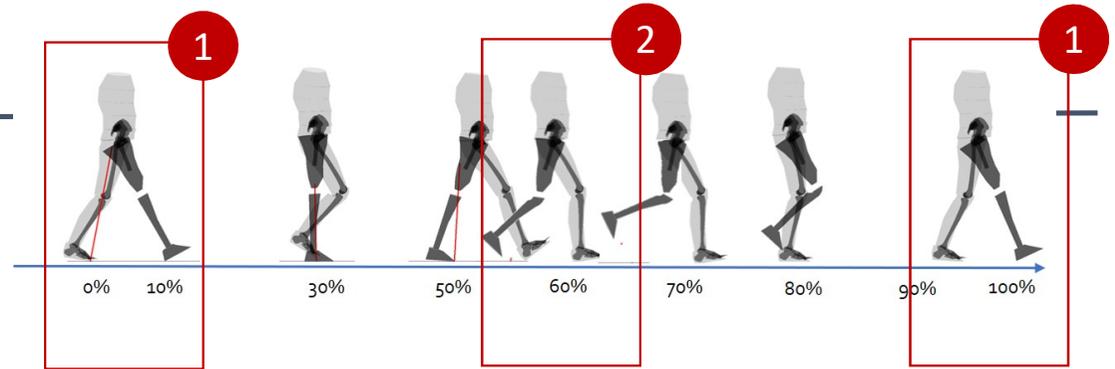
→ Modification du comportement de la FdR par action musculaire

4c. Prothèse fémorale

Les genoux prothétiques



X. Bonnet, 2016

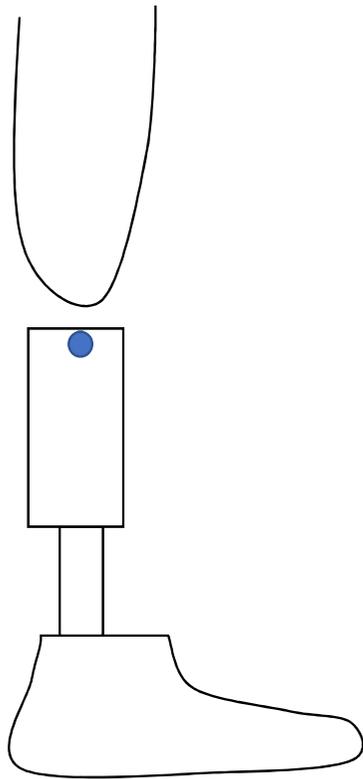


Contrôle par les muscles de la hanche
Extenseurs – début phase d'appui

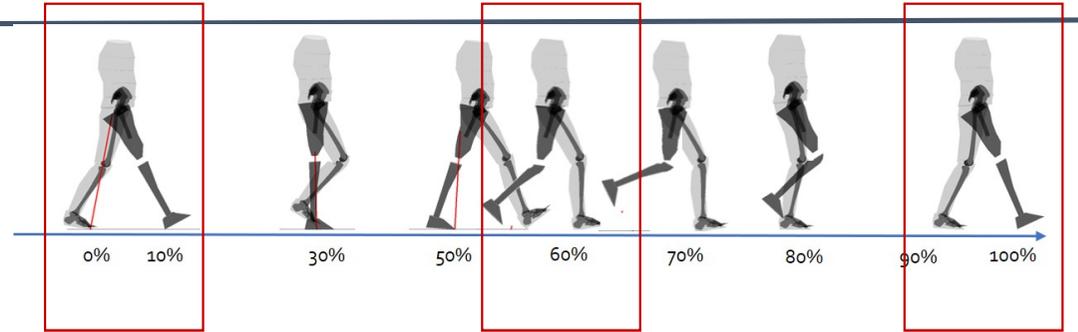
La position du centre articulaire du genou a un impact direct sur l'utilisation des muscles de la hanche

4c. Prothèse fémorale

Les genoux prothétiques



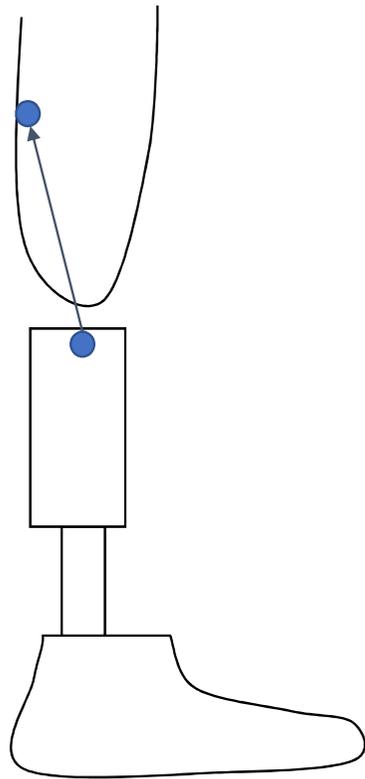
X. Bonnet, 2016



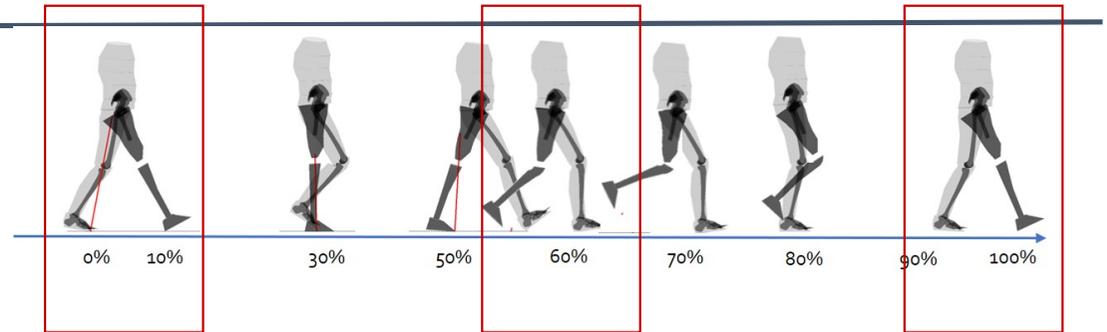
**Relocaliser l'axe de rotation du genou ou CIR
En haut et en arrière**

4c. Prothèse fémorale

Les genoux prothétiques



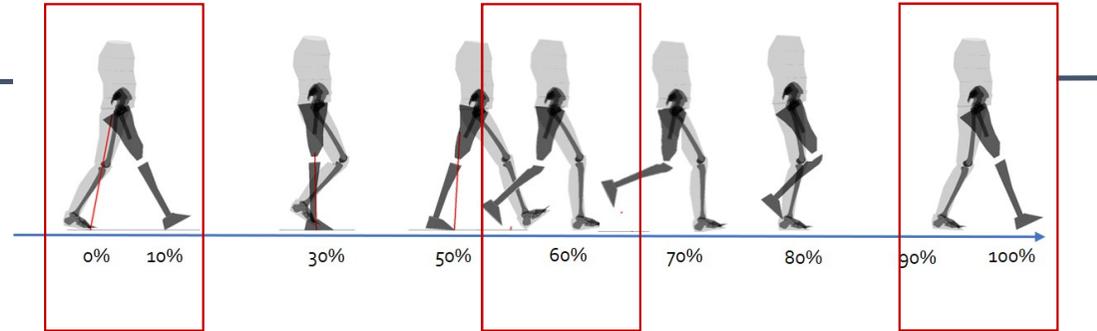
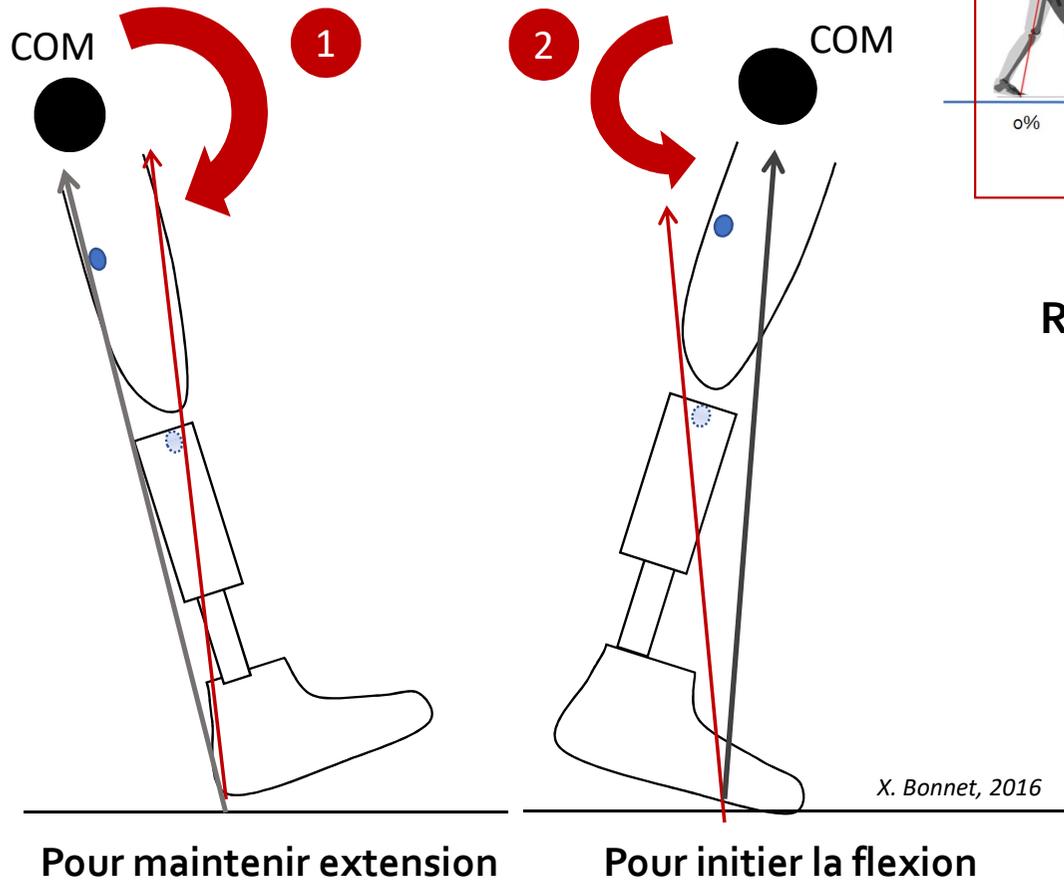
X. Bonnet, 2016



**Relocaliser l'axe de rotation du genou ou CIR
En haut et en arrière**

4c. Prothèse fémorale

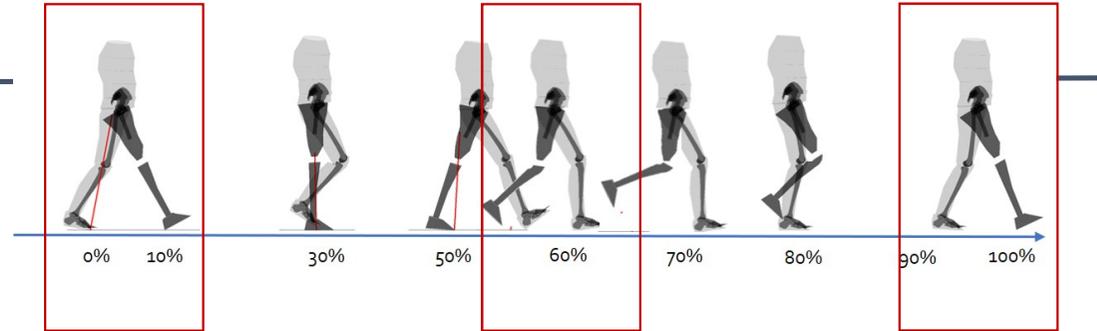
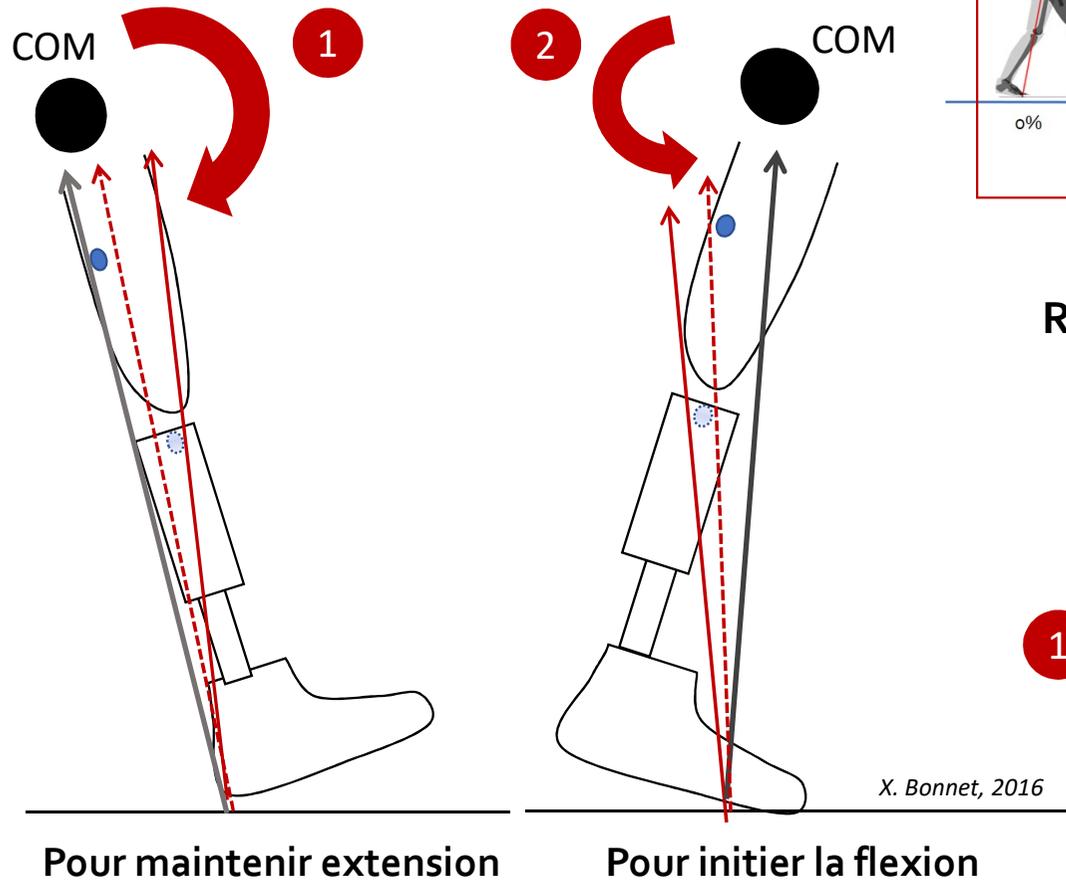
Les genoux prothétiques



**Relocaliser l'axe de rotation du genou ou CIR
En haut et en arrière**

4c. Prothèse fémorale

Les genoux prothétiques



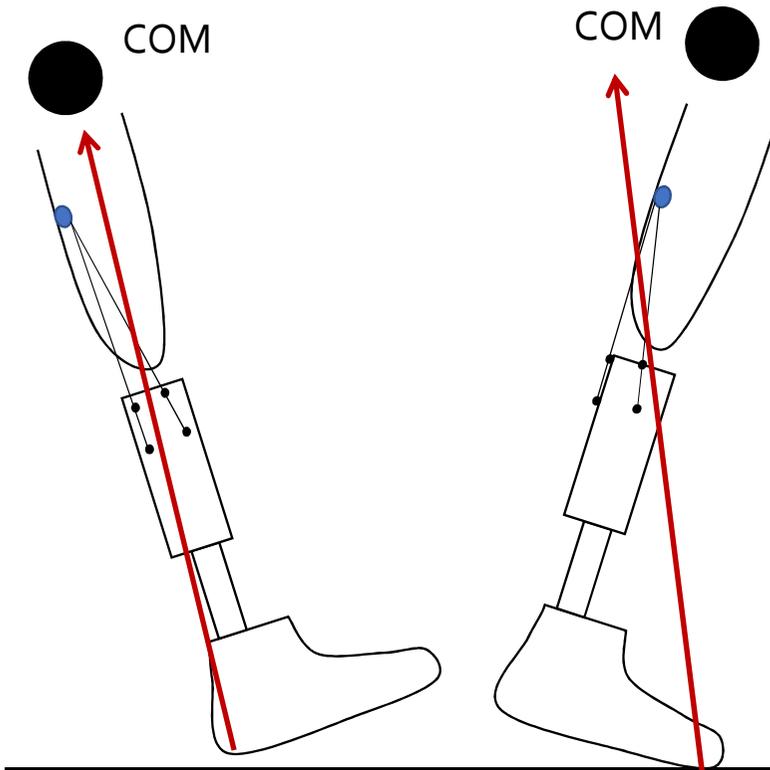
Relocaliser l'axe de rotation du genou ou CIR
En haut et en arrière



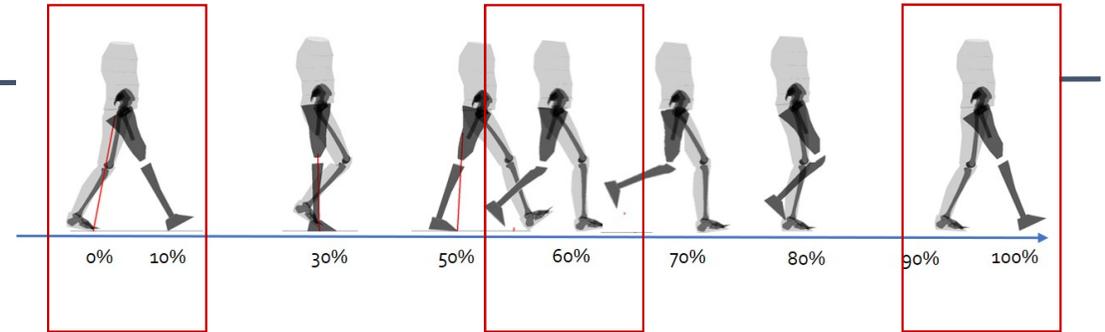
1 Diminue le moment d'extension de hanche

4c. Prothèse fémorale

Les genoux prothétiques



X. Bonnet, 2016



**Relocaliser l'axe de rotation du genou ou CIR
En haut et en arrière**

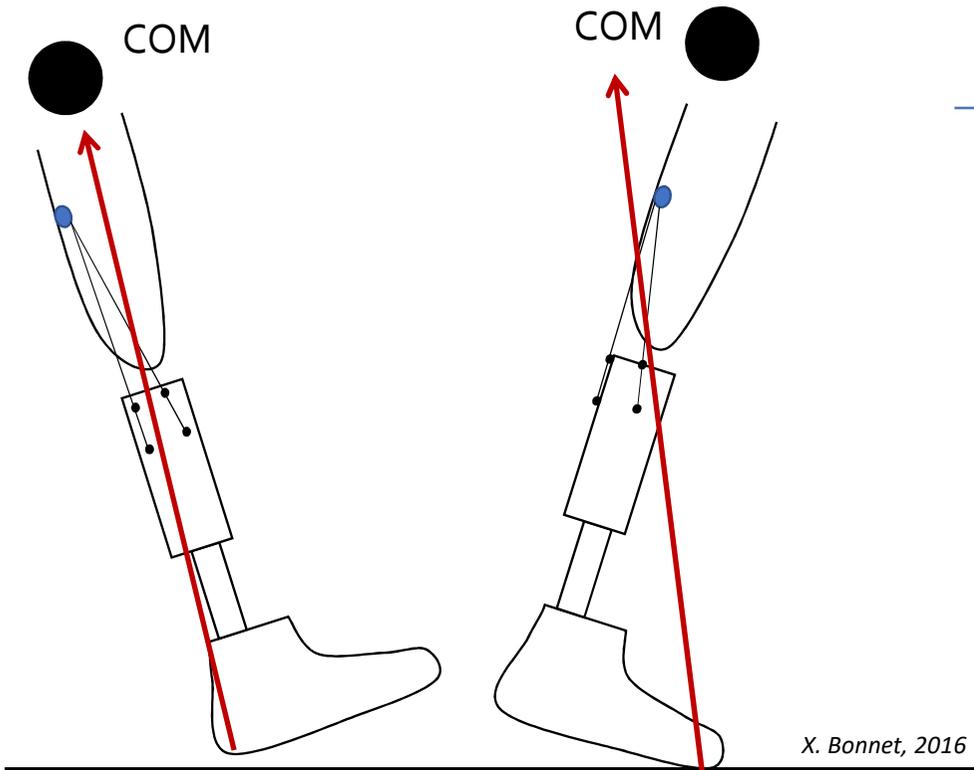


Diminue le moment d'extension de hanche
Diminue le moment de flexion de hanche

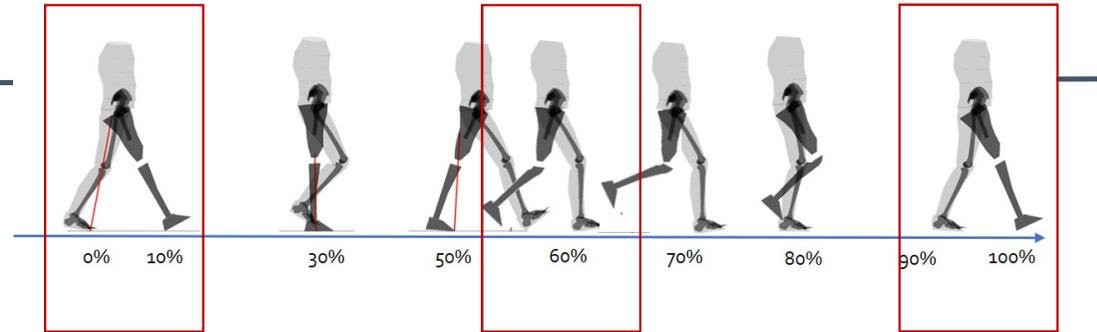
Ceci correspond au design polycentrique

4c. Prothèse fémorale

Les genoux prothétiques



Inclinaison des bielles et alignement postérieur



**Relocaliser l'axe de rotation du genou ou CIR
En haut et en arrière**

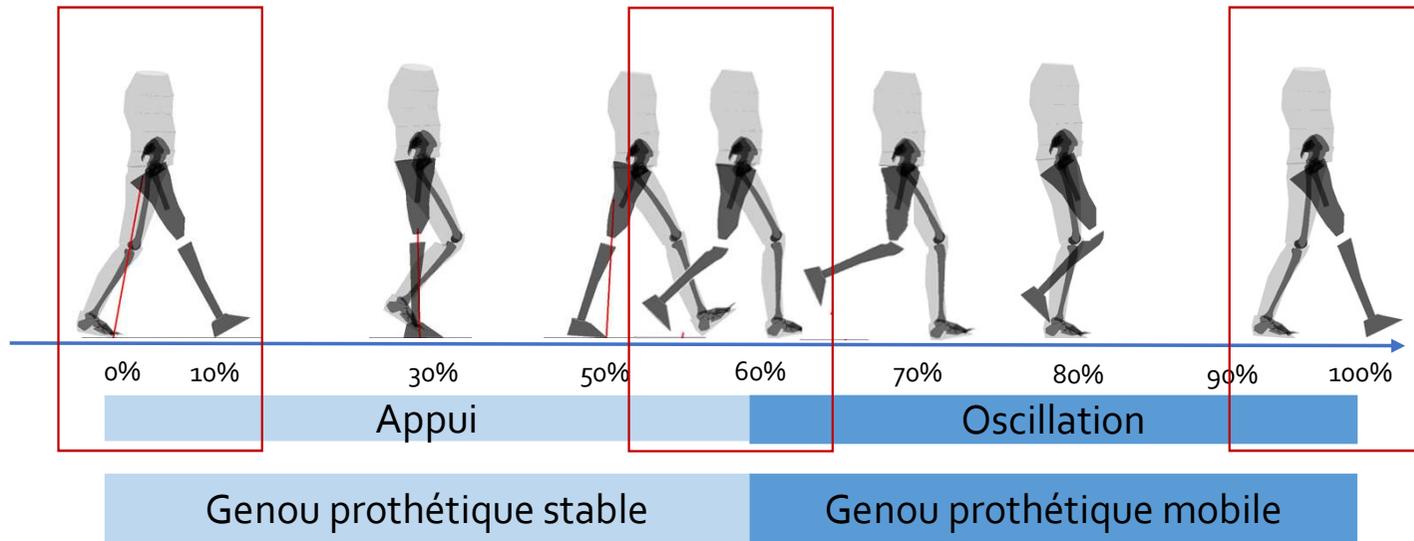


Diminue le moment d'extension de hanche
Diminue le moment de flexion de hanche

Ceci correspond au design polycentrique

4c. Prothèse fémorale

Les genoux prothétiques

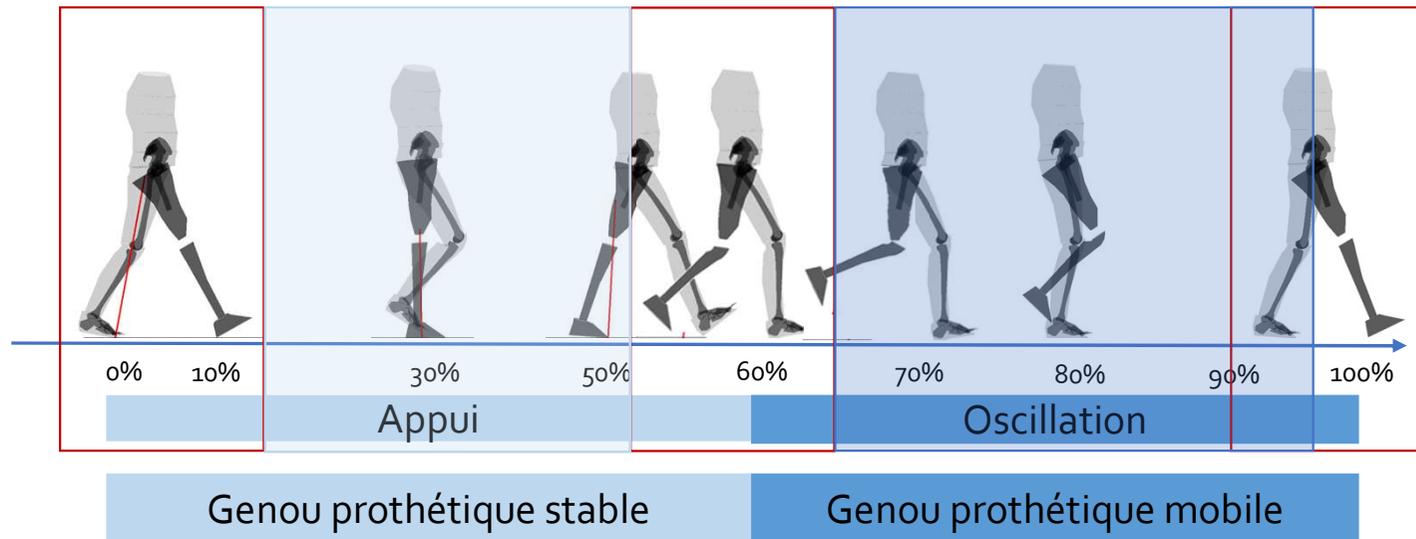


Les transitions dependent du contrôle musculaire de hanche

verrou < frein < polycentrique < monocentrique

4c. Prothèse fémorale

Les genoux prothétiques



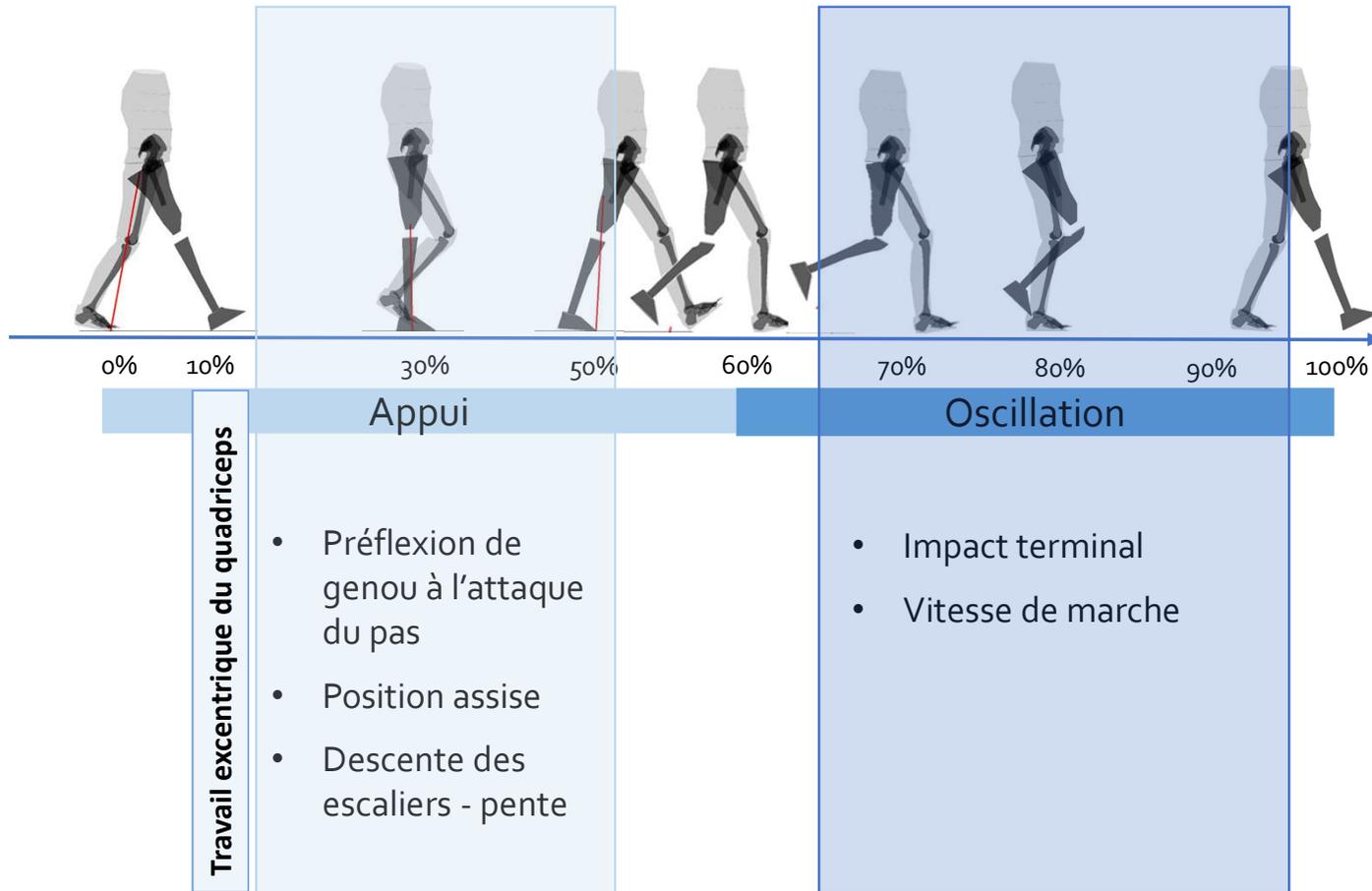
Le reste du cycle de marche dépend des **caractéristiques du genou prothétique**



Régulation de la phase d'appui et de la phase d'oscillation

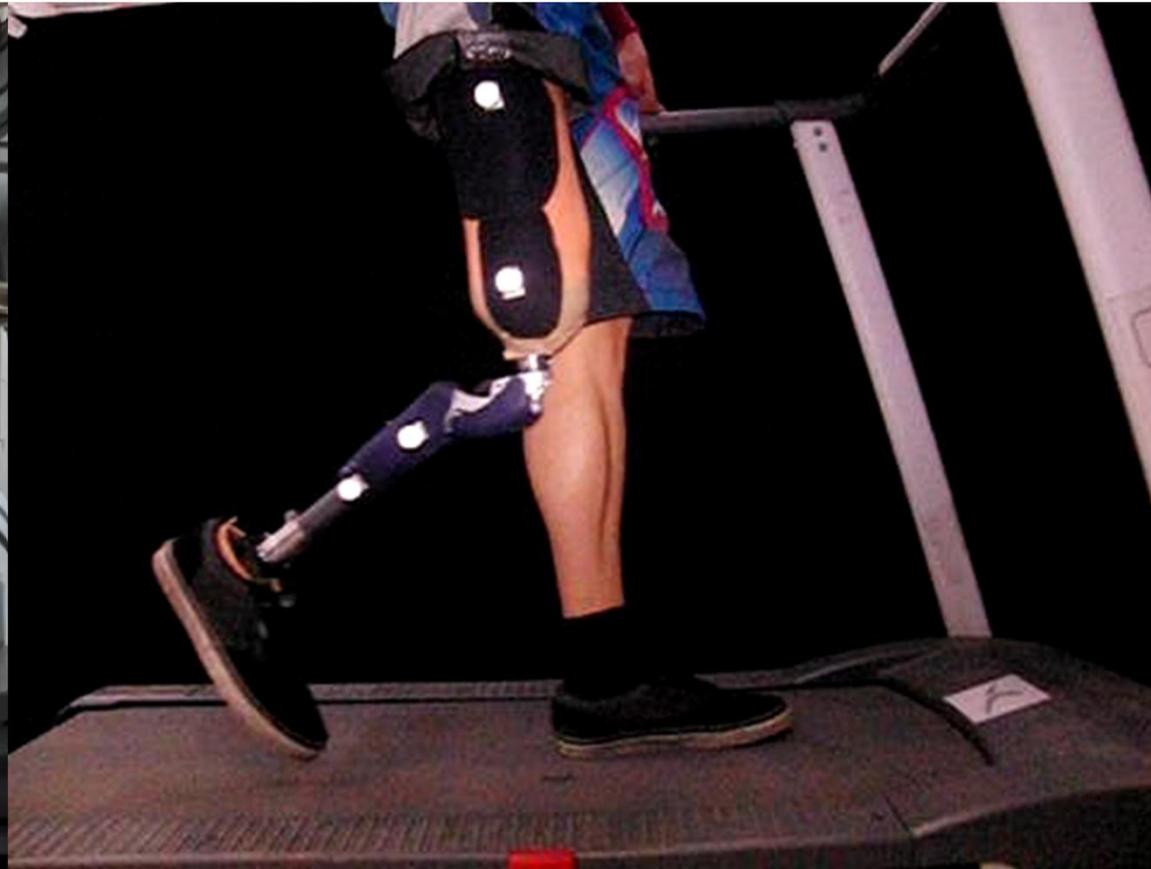
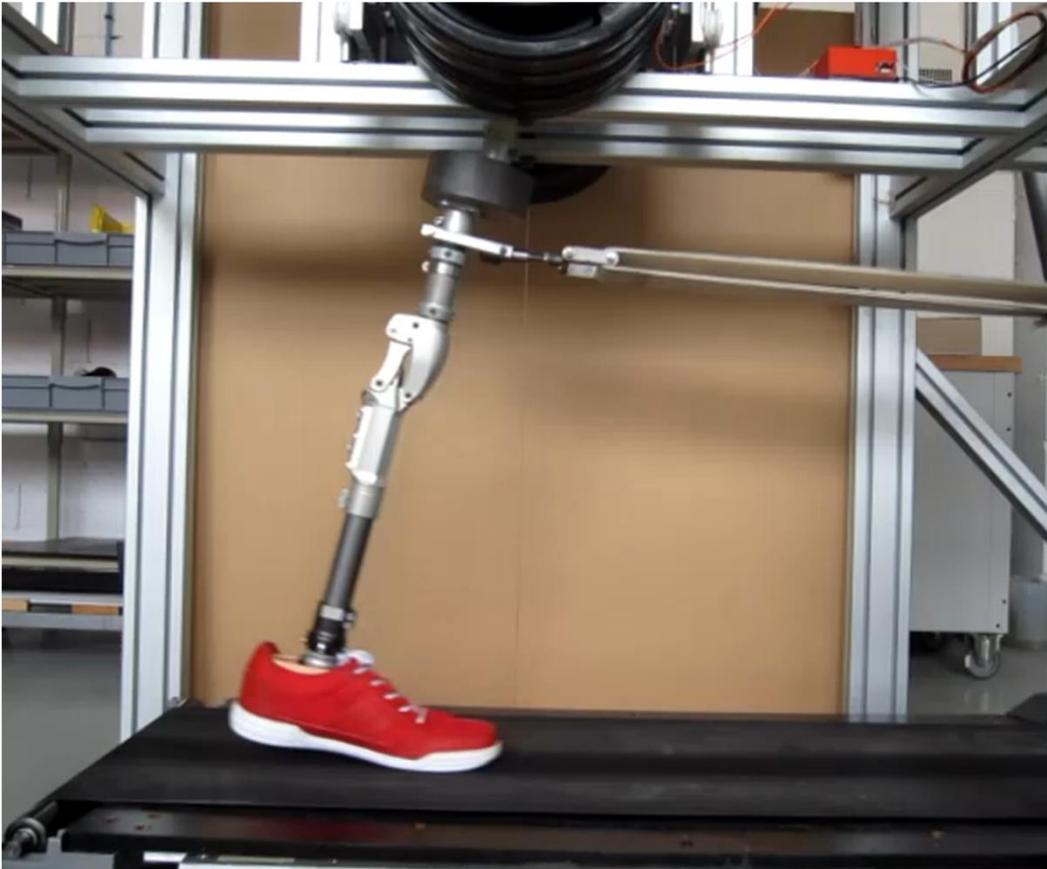
4c. Prothèse fémorale

Les genoux prothétiques



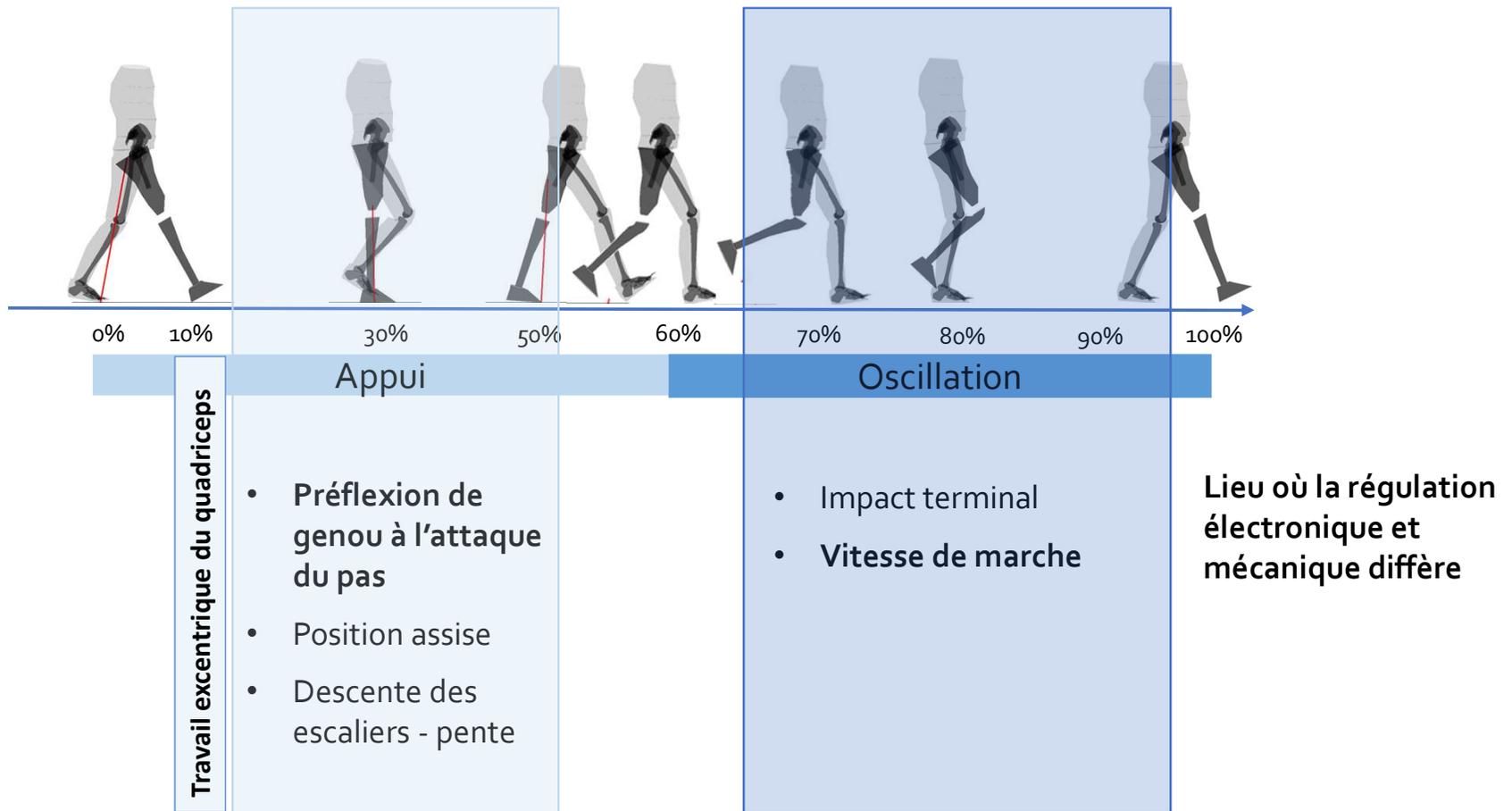
4c. Prothèse fémorale

Les genoux prothétiques



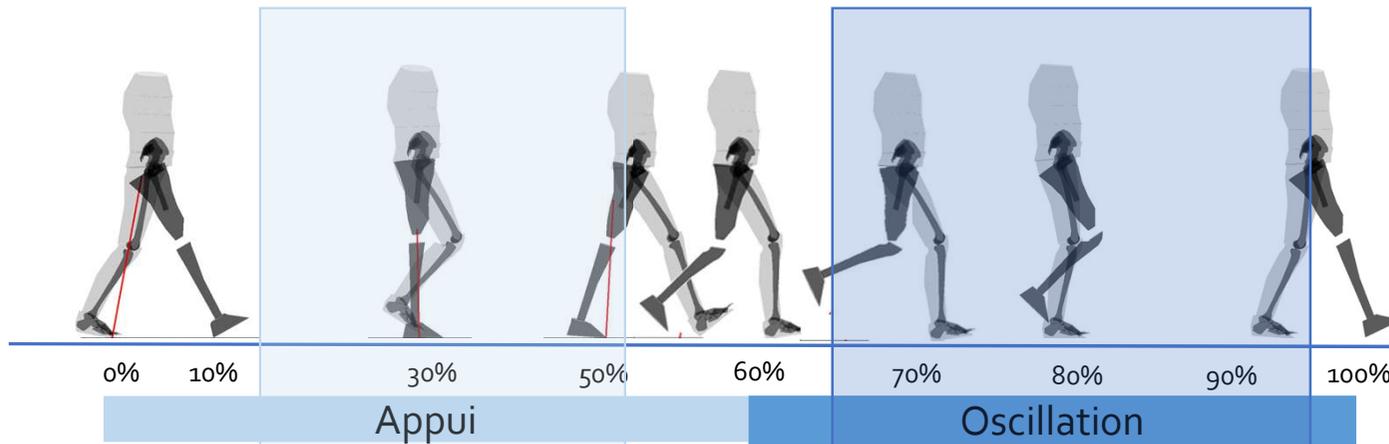
4c. Prothèse fémorale

Les genoux prothétiques



4c. Prothèse fémorale

Les genoux prothétiques



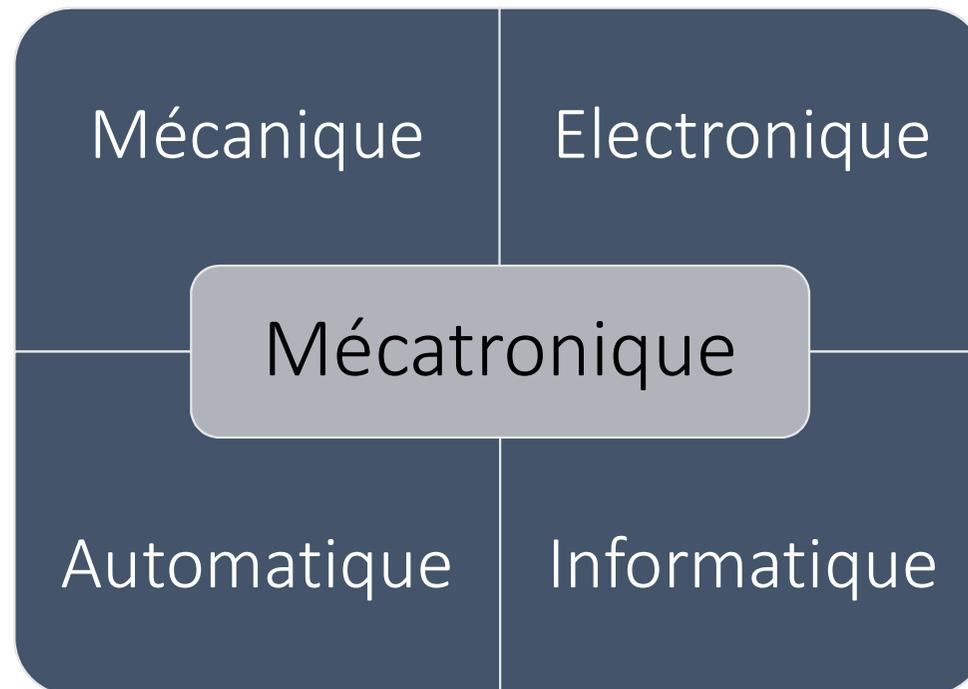
MECANIQUE	Préflexion de genou à l'attaque du pas FIXE	Vitesse de marche FIXE <i>Hydraulique / Pneumatique</i>
ELECTRONIQUE	Préflexion de genou à l'attaque du pas VARIABLE	Vitesse de marche VARIABLE

4c. Prothèse fémorale

Les genoux prothétiques

Selon norme NF E 01-010 :

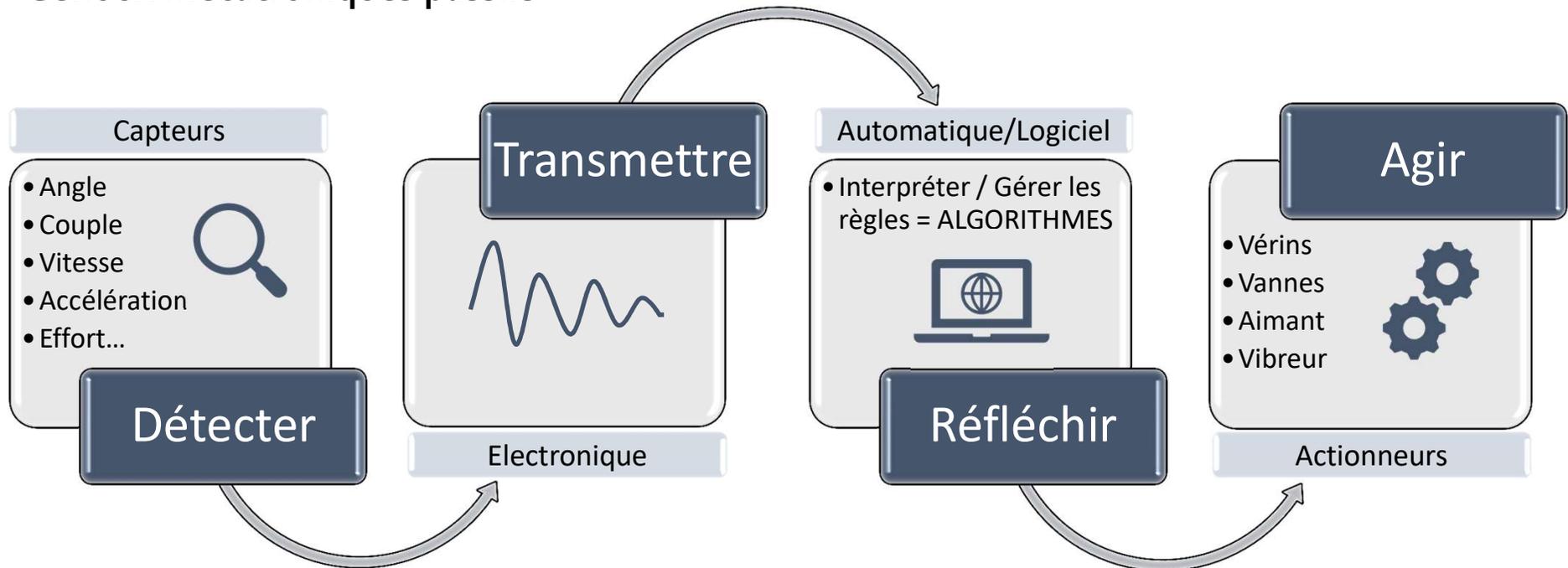
Démarche visant **l'intégration en synergie** de la mécanique, l'électronique, l'automatique et l'informatique dans la conception et la fabrication d'un produit en vue **d'augmenter et/ou d'optimiser sa fonctionnalité**



4c. Prothèse fémorale

Les genoux prothétiques

Genoux mécatroniques passifs

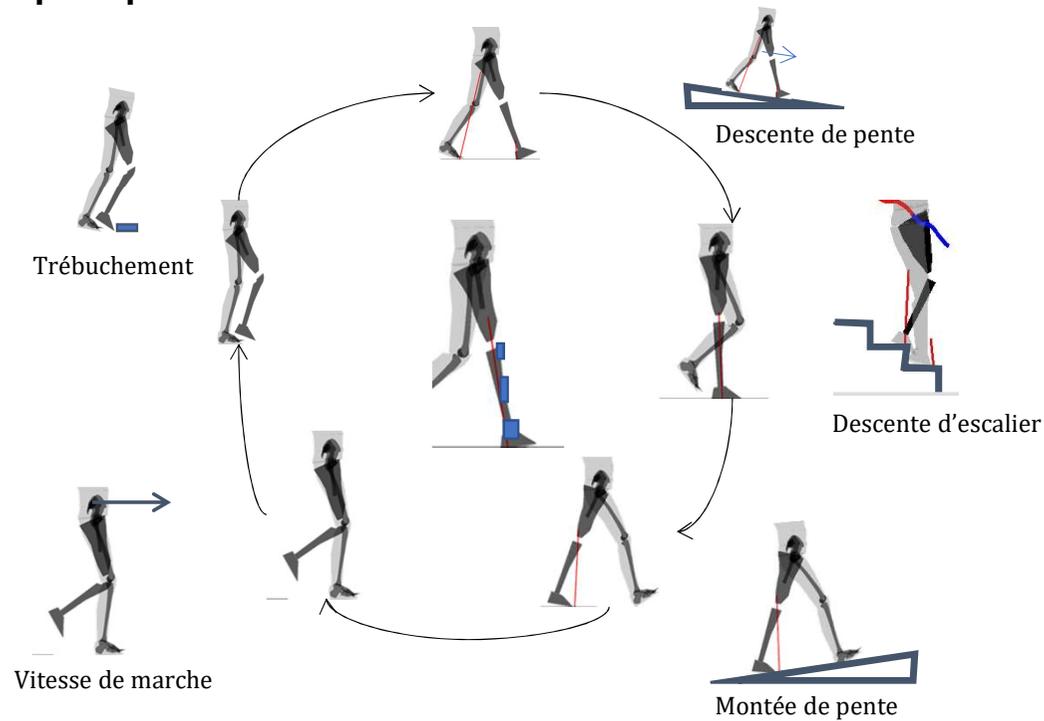


Logiciel et Intelligence Artificielle

4c. Prothèse fémorale

Les genoux prothétiques

Genoux mécatroniques passifs



Reconnaissance de phases du cycle de marche – Reconnaissances des situations

4c. Prothèse fémorale

Les systèmes genou-cheville-pied

SYNSYS®

Système Genou-cheville synergique piloté par microprocesseur
Flexion de genou → FD cheville

Capteurs embarqués
permettant de synchroniser les informations en temps réel

Algorithmes de reconnaissance des situations

42 ° d'amplitude de cheville

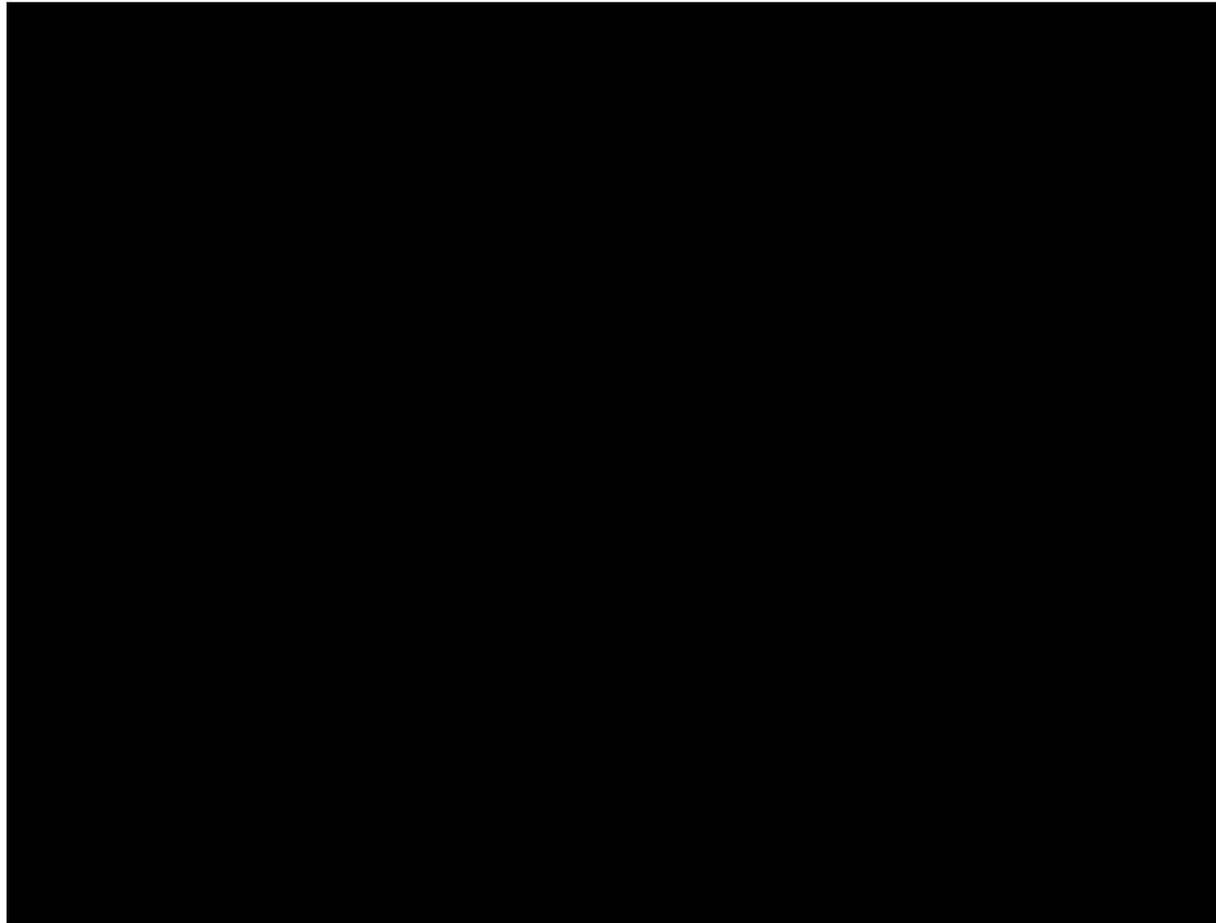
Plantiflexion de la cheville automatique
pendant la phase d'appui

Dorsiflexion de la cheville
pendant les 2 phases

@Proteor®

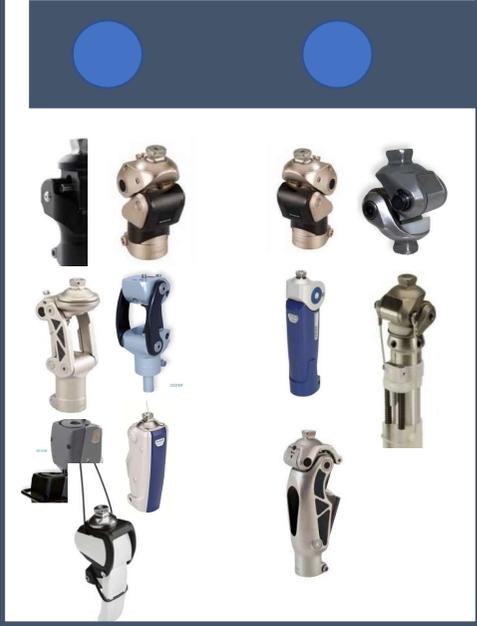
4c. Prothèse fémorale

Les systèmes genou-cheville-pied



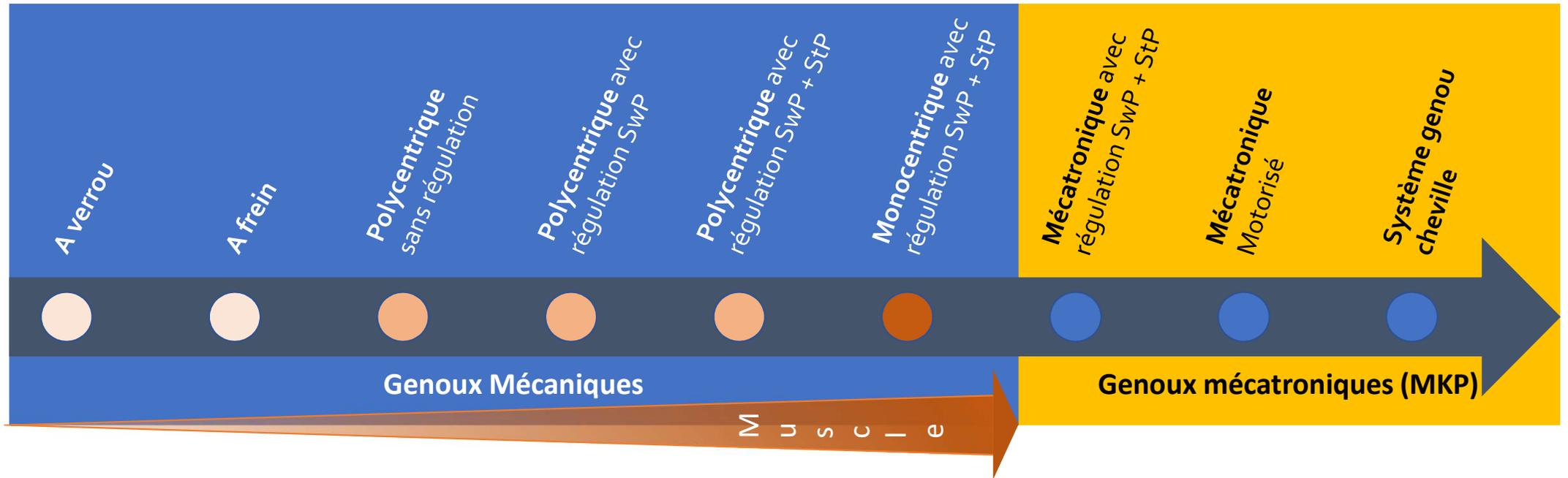
4c. Prothèse fémorale

Les genoux prothétiques

<p><i>A verrou</i></p> <p><i>A frein</i></p>	<p><i>Polycentrique sans régulation</i></p> <p><i>Polycentrique avec régulation Swp</i></p> <p><i>Polycentrique avec régulation Swp + StP</i></p>	<p><i>Monocentrique avec régulation Swp + StP</i></p>	<p><i>Mécatronique avec régulation Swp + StP</i></p>	<p><i>Mécatronique Motorisé</i></p>	<p><i>Système genou cheville</i></p>
					

4c. Prothèse fémorale

Les genoux prothétiques fonctionnent « EN RÉACTION À... »



Genoux mécaniques : Fonctionnement selon le placement du poids du corps sur la prothèse : stabilité - mobilité

Genoux mécatroniques non motorisés : capteurs → adaptation selon phase du cycle de marche et environnement

Genoux mécatroniques motorisés : apport d'énergie durant la marche

Système genou-cheville : coordination du pied, de la cheville et du genou selon cycle de marche et environnement

4. Appareillage des amputations majeures

Le cahier des charges est-il rempli ?



- Sans inconfort : *emboiture souple, emb sub ischiatique, MAS*
- Sans trébucher, sans chuter : stable en phase d'appui : *MKP*
- Sans boiterie - mobile en phase oscillante : *état lésionnel - MKP*
- Sans aides techniques : *MKP*
- Sans réfléchir : *système genou-cheville*
- Sans augmenter sa consommation énergétique : **NON**
- Et si possible en variant sa vitesse de marche : *MKP*

Le cahier des charges est en parti rempli pour la marche

Si la prescription de la prothèse avec le choix des DM a respecté le **diagnostic lésionnel et situationnel**

Si le patient a bénéficié d'une **rééducation spécifique au DM** par une **équipe pluri-disciplinaire spécialisée**

5. Que peut-on faire
avec une prothèse ?

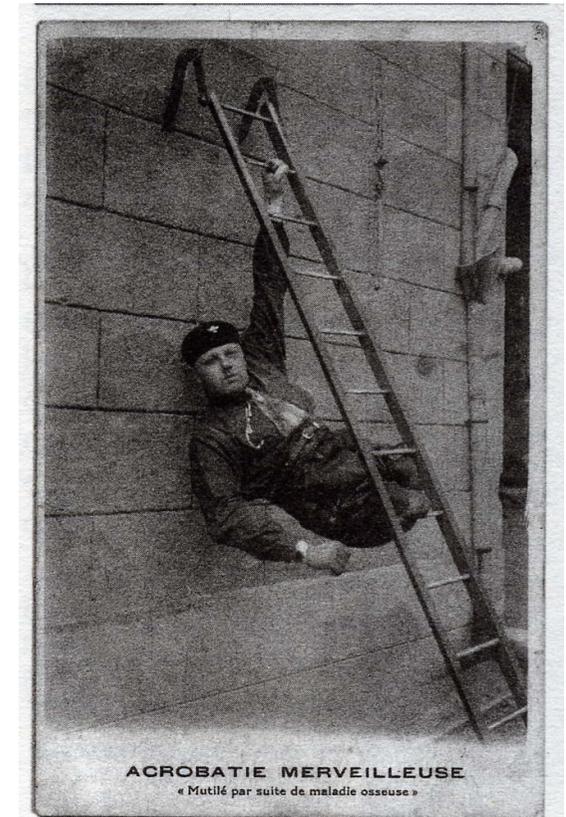
5. Capacités fonctionnelles avec une prothèse de MI

Marcher...

Aides techniques	aucune	1 CS	2 CS	1 CA	2 CA
Tibiale unilatérale	+++	+			
Tibiale bilatérale	+	+++	+		
Fémorale unilatérale	+	+++			
Fémorale bilatérale				+	+++

Courir, se déplacer rapidement...

Oui, chez l' amputé tibial unilatéral
Parfois, chez l' amputé fémoral unilatéral
Rarement, chez le bi-amputé tibial
Jamais, chez le bi-amputé fémoral



5. Capacités fonctionnelles avec une prothèse de MI

Effectuer les gestes de la vie quotidienne...

	Assis/debout	Station debout prolongée	Accès aux toilettes	Adaptation Automobile
Tibiale unilatérale	normal	normal	normal	non
Tibiale bilatérale	aide membres supérieurs	limitée	normal	non
Fémorale unilatérale	déboîtement emboîture rare	limitée	Sous-vêtements adaptés	obligatoire
Fémorale bilatérale	difficile	très limitée	adaptation WC	obligatoire

Franchir des escaliers

Oui, sauf chez le bi-amputé fémoral

Seul l'amputé tibial franchit les escaliers en pas alternés sauf...

5. Capacités fonctionnelles avec une prothèse de MI

Une ou plusieurs prothèses ?



6. Coût

6. Coût d'une prothèse de MI

Patient amputé tibial actif à très actif

- Prothèse tibiale avec manchon en gel de copolymères, pied classe III, amortisseur
- 5500 euros

Patient amputé fémoral modérément actif

- Prothèse fémorale avec manchon silicone, genou 5 axes, pied classe II
- 9000 euros

Patient amputé fémoral actif à très actif

- Prothèse fémorale avec manchon silicone, genou mécatronique, pied classe III
- 23500 euros

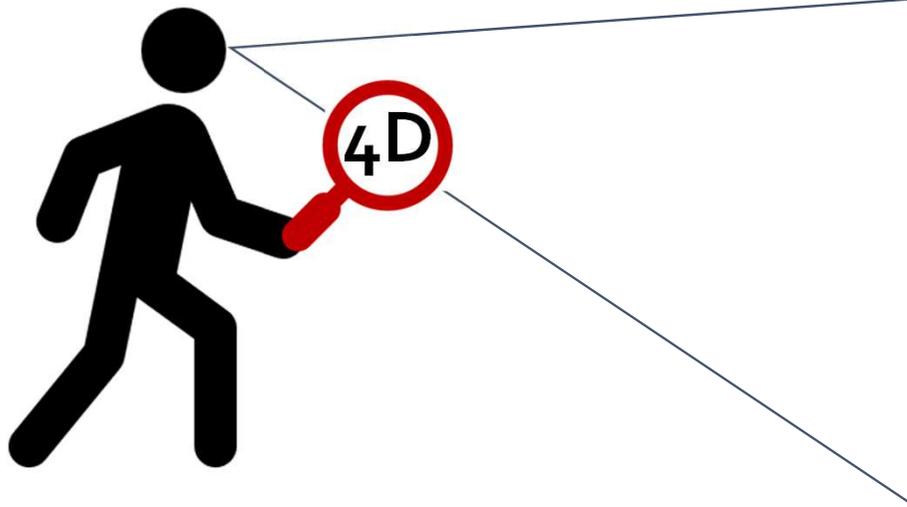
7. Boiteries et défauts de marche

7. Boiteries et défauts de marche

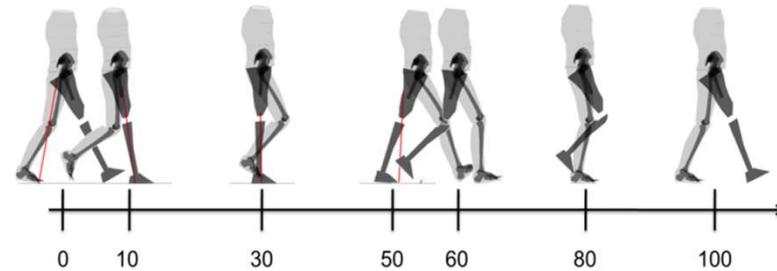
Définitions

Boiterie : Mouvement anormal au cours de la marche **visible à l'œil nu** par un observateur

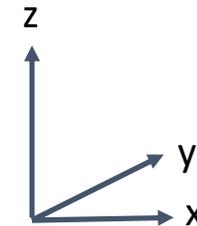
Défaut de marche : mouvement anormal au cours de la marche **non visible à l'œil nu** par un observateur



1. Observateur Non expérimenté - expérimenté



2. Référentiel temps

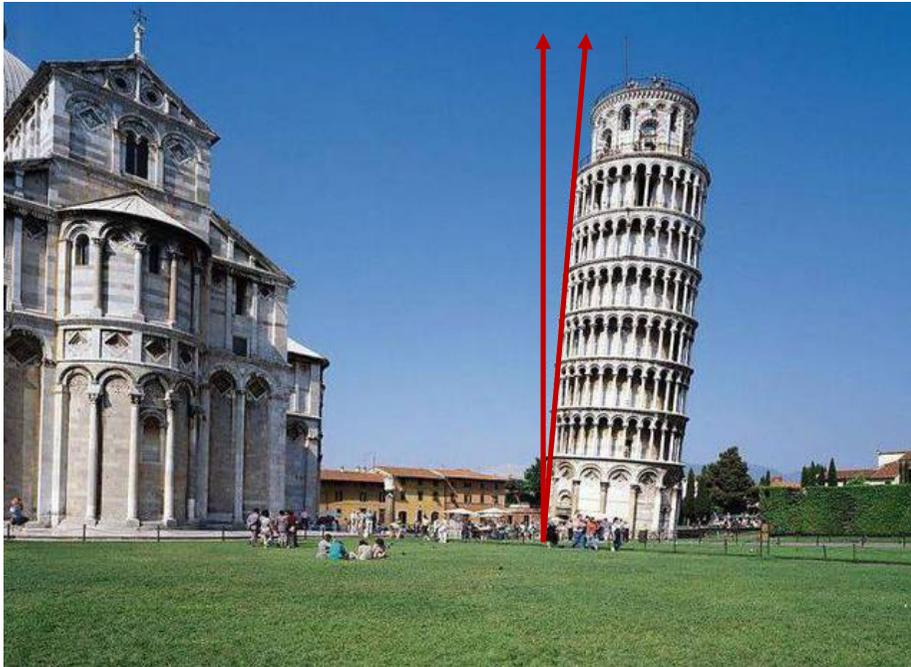


3. Référentiel espace

7. Boiteries et défauts de marche

Définitions

Coordonnées exocentriques - égocentriques



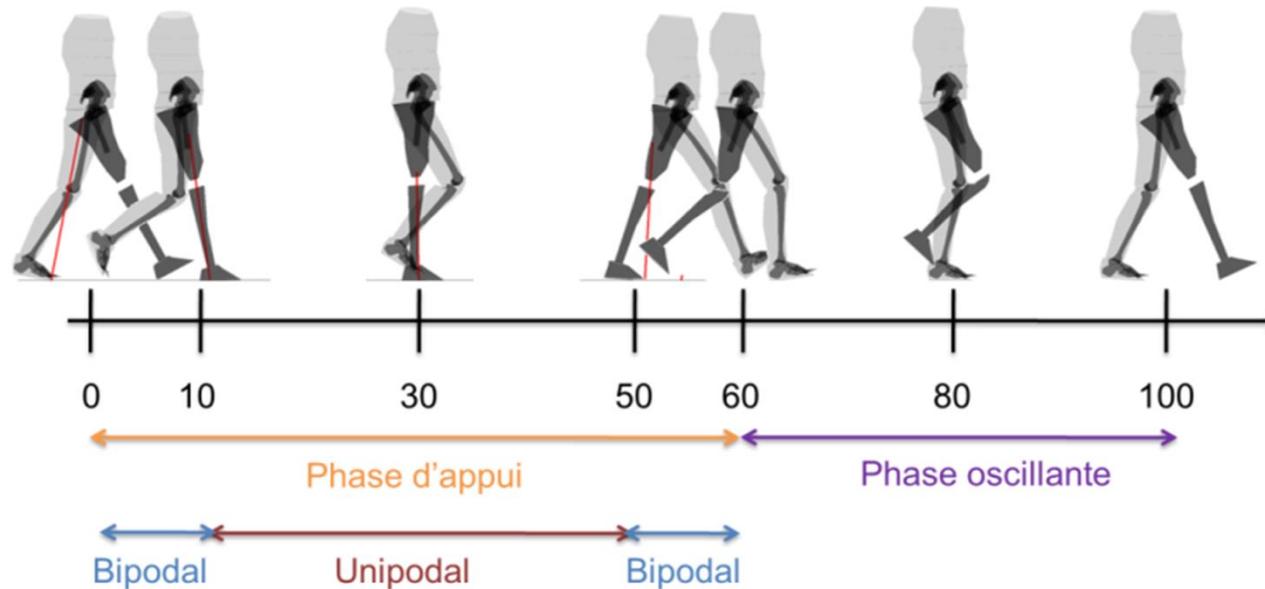
Plus haut, plus en arrière, incliné à droite...



7. Boiteries et défauts de marche

Référentiel temps

Cycle de marche prothétique



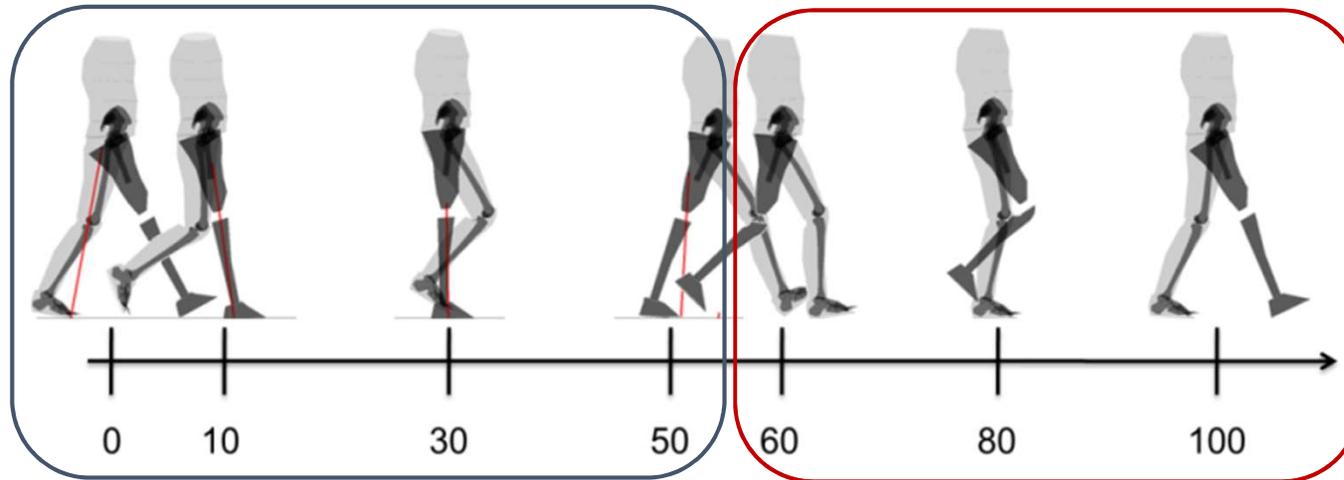
Amputation TF : perte des articulations – muscles - sensibilité

Les prothèses fémorales se rapprochent de la physiologie humaine mais... → **Boiteries** (MR-CL)

7. Boiteries et défauts de marche

Référentiel temps

Boiteries : description en 4D



Selon les différents plans : frontal – sagittal – horizontal

Cycle de marche : Phase d'appui – Phase d'oscillation

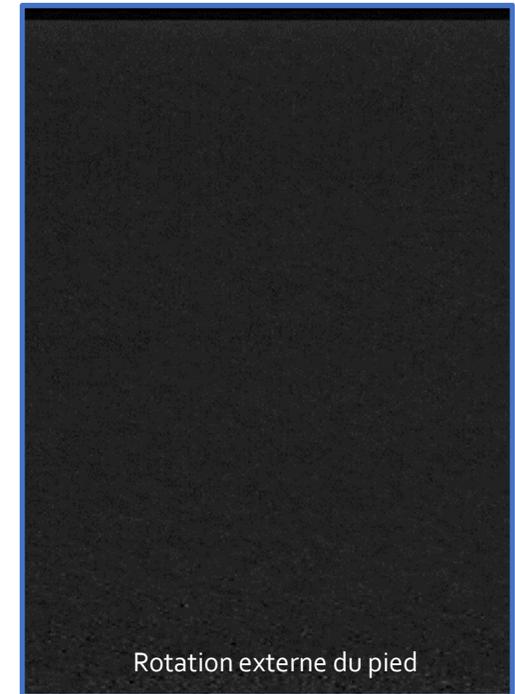
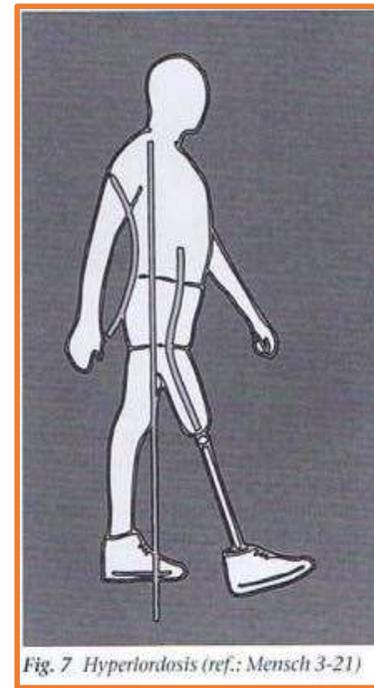
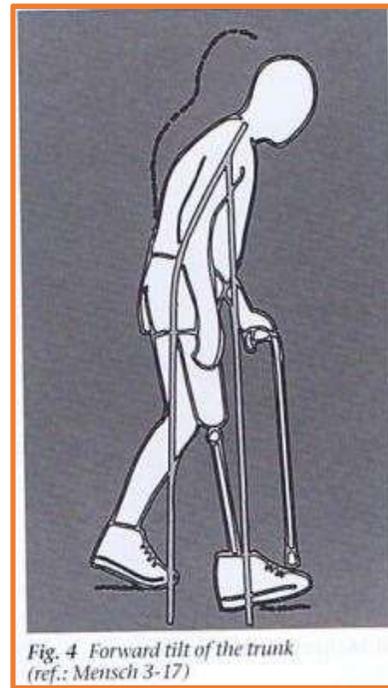
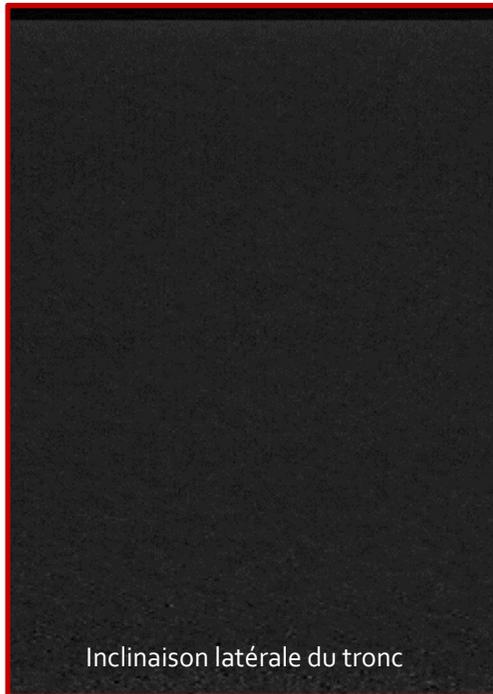
Côté : Membre prothésé – membre controlatéral

Causes : la personne amputée - à la prothèse - au couple Patient-Prothèse (PP)

7. Boiteries et défauts de marche

Phase d'appui : boiteries

Objectif du patient : se stabiliser en phase d'appui pour ne pas chuter

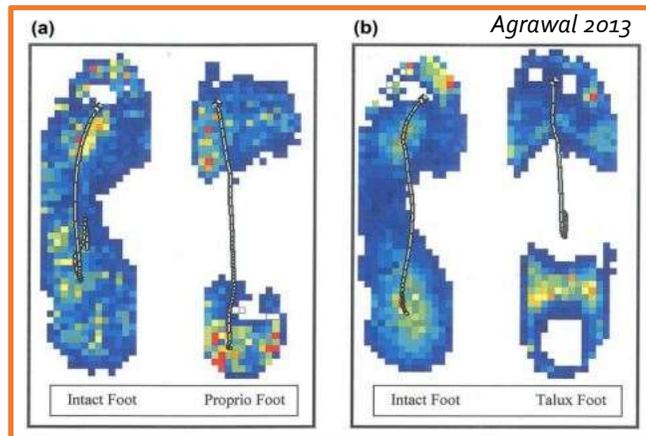


Lié à la personne amputée seule - Lié à la prothèse seule - Lié au couple Patient-Prothèse (PP)

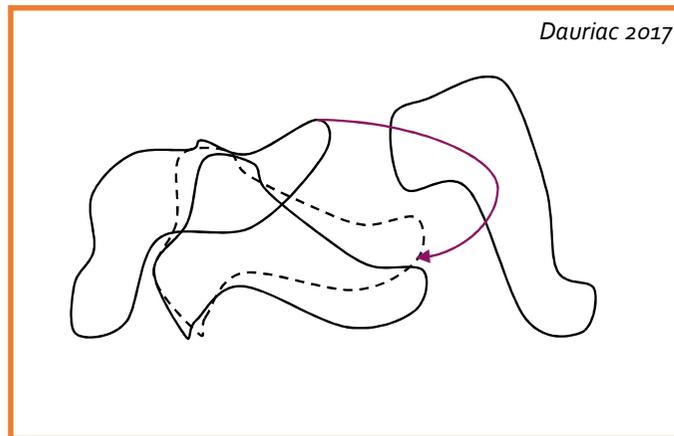
7. Boiteries et défauts de marche

Phase d'appui : défauts de marche

Objectif du patient : se stabiliser en phase d'appui pour ne pas chuter



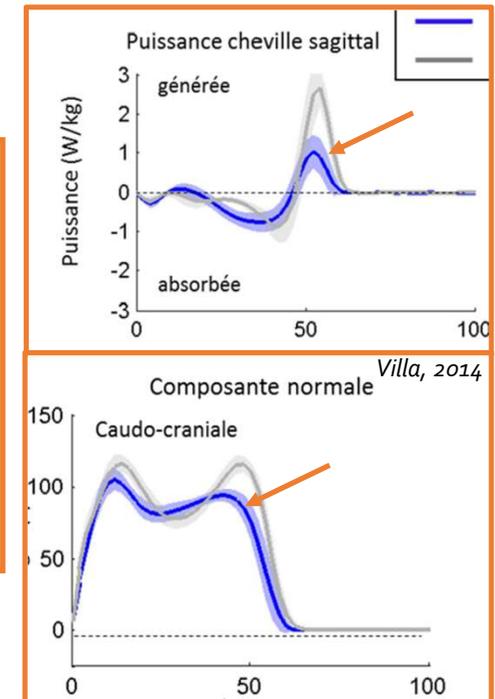
COP asymétrique



Temps de pied à plat au sol (TPP) diminué

Lié à la personne amputée seule - Lié à la prothèse seule - Lié au couple Patient-Prothèse (PP)

→ Limites du pied prothétique : compensation par la hanche résiduelle

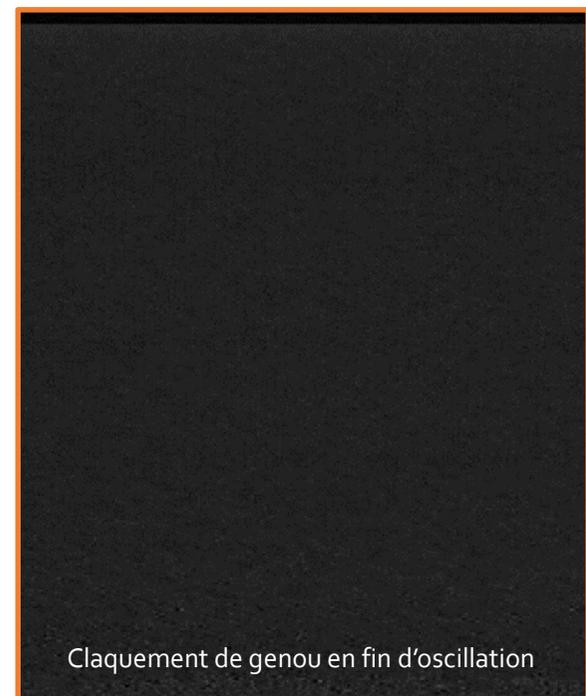


Propulsion diminuée

7. Boiteries et défauts de marche

En phase d'oscillation : boiteries ou stratégies de compensation

Objectif du patient : ne pas raccrocher le sol → augmenter la distance entre le pied et le sol (MTC)



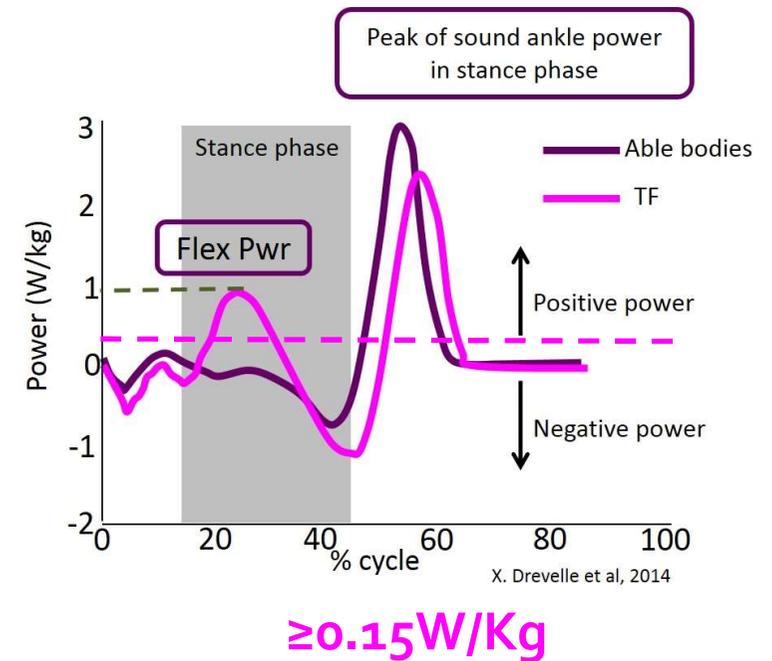
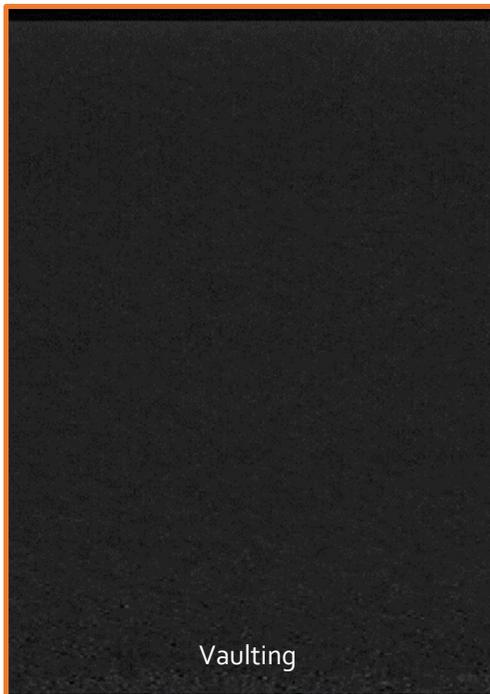
Lié à la personne amputée seule - Lié à la prothèse seule - Lié au couple Patient-Prothèse (PP)

7. Boiteries et défauts de marche

En phase d'oscillation : boiteries ou stratégies de compensation

Objectif du patient : ne pas raccrocher le sol → augmenter la distance entre le pied et le sol (MTC)

College Virginia

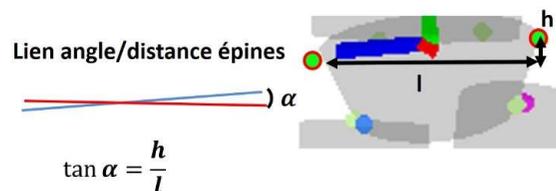
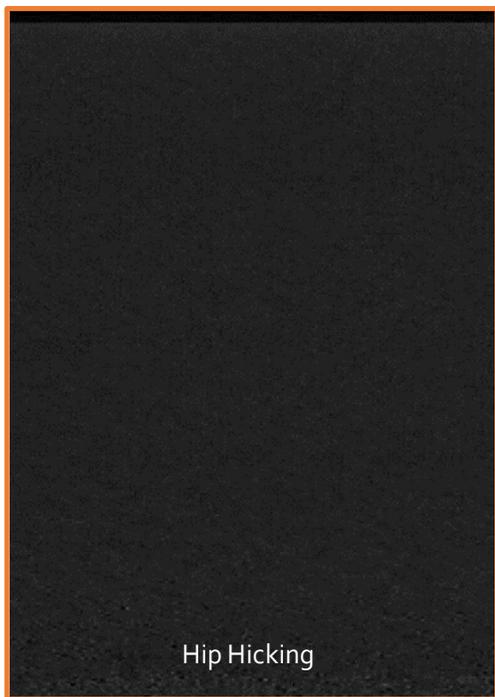


Lié à la personne amputée seule - Lié à la prothèse seule - Lié au couple Patient-Prothèse (PP)

7. Boiteries et défauts de marche

En phase d'oscillation : boiteries ou stratégies de compensation

Objectif du patient : ne pas raccrocher le sol → augmenter la distance entre le pied et le sol (MTC)



Exemple : 1° <-> 0.5 cm
6° <-> 3 cm

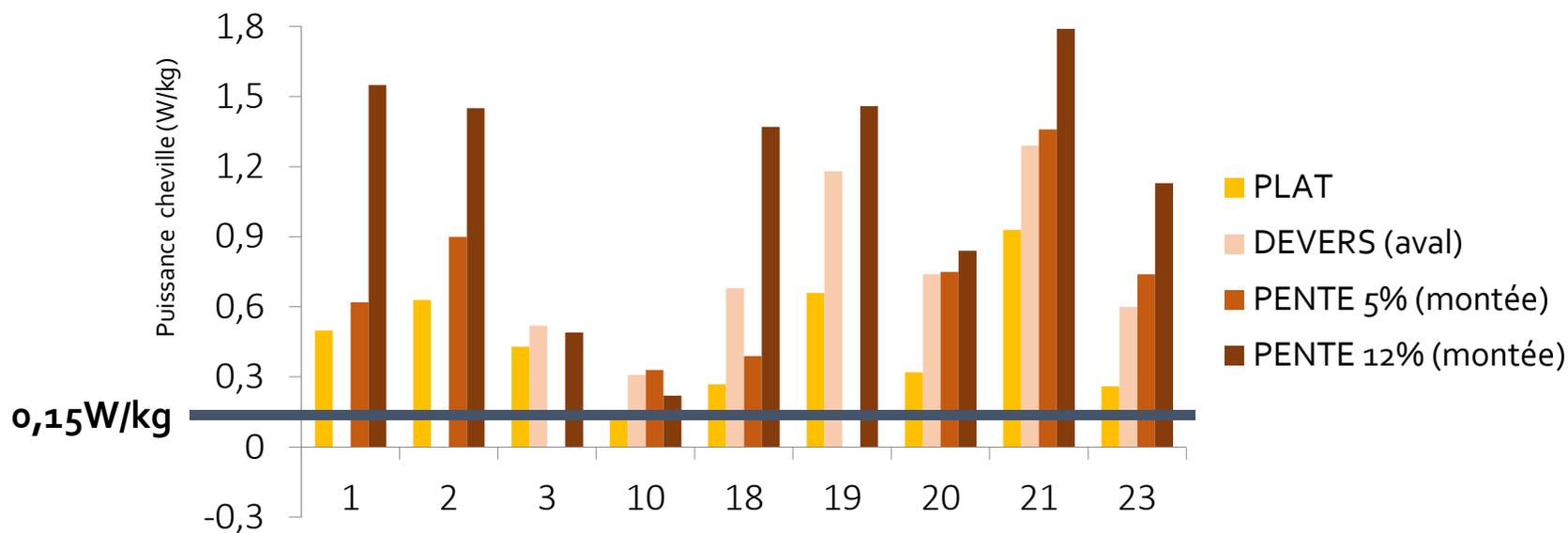


Lié à la personne amputée seule - Lié à la prothèse seule - Lié au couple Patient-Prothèse (PP)

7. Boiteries et défauts de marche

En situations contraignantes

Dosage des défauts de marche selon les situations rencontrées (ex : vaulting)



Variation du paramètre FlexPwr cheville entre le plat et les situations

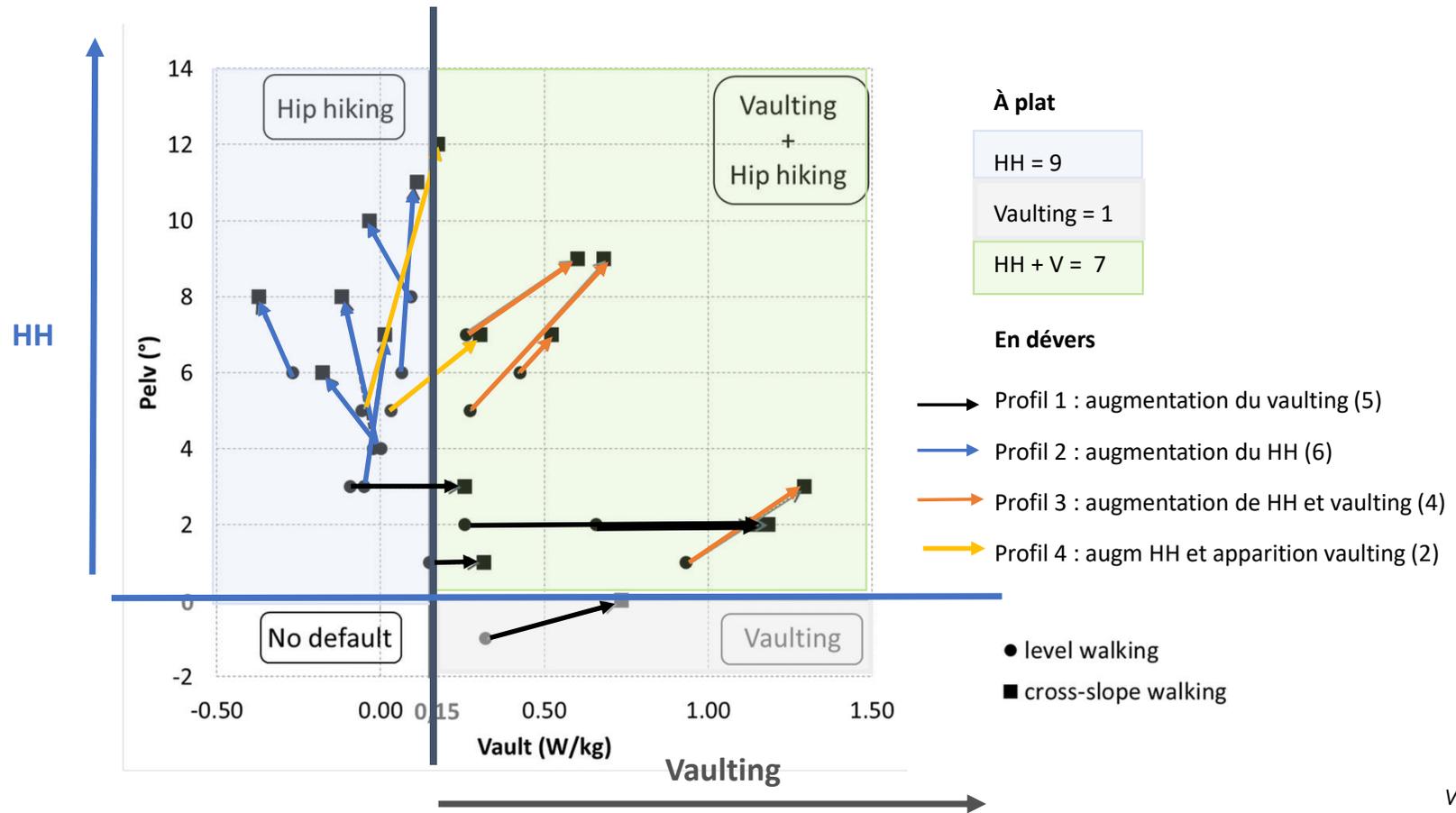
Variation Dévers (aval) - Plat	+ 72%
Variation Pente 5% (montée) - Plat	+ 62%
Variation Pente 12% (montée) - Plat	+ 148%

Villa, 2014
Drevelle 2014

7. Boiteries et défauts de marche

En situations contraignantes

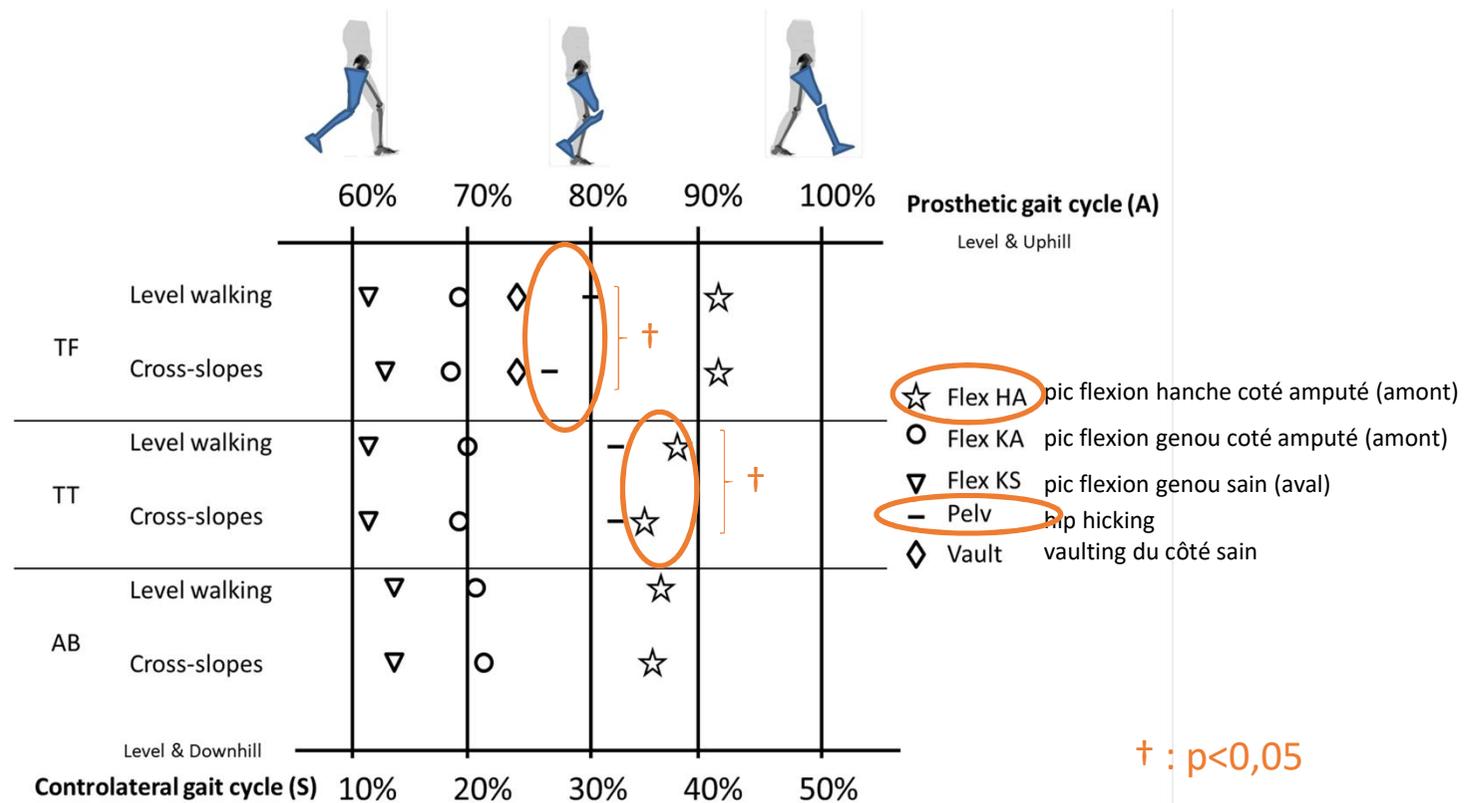
Intrication et dosage des défauts de marche (*ex : dévers prothèse en amont*)



7. Boiteries et défauts de marche

En situations contraignantes

Modification de la temporalité des défauts de marche (ex : dévers prothèse en amont)



7. Boiteries et défauts de marche

Les pièges à éviter

Ne pas passer à côté des certaines boiteries ou défauts de marche

1. Symétrisation du côté controlatéral

- Longueur de pas symétrique par diminution de la propulsion côté CL
- Hip hicking côté CL...

→ Mesure asymétrie oui mais peut-être trompeur

2. Timing de la boiterie

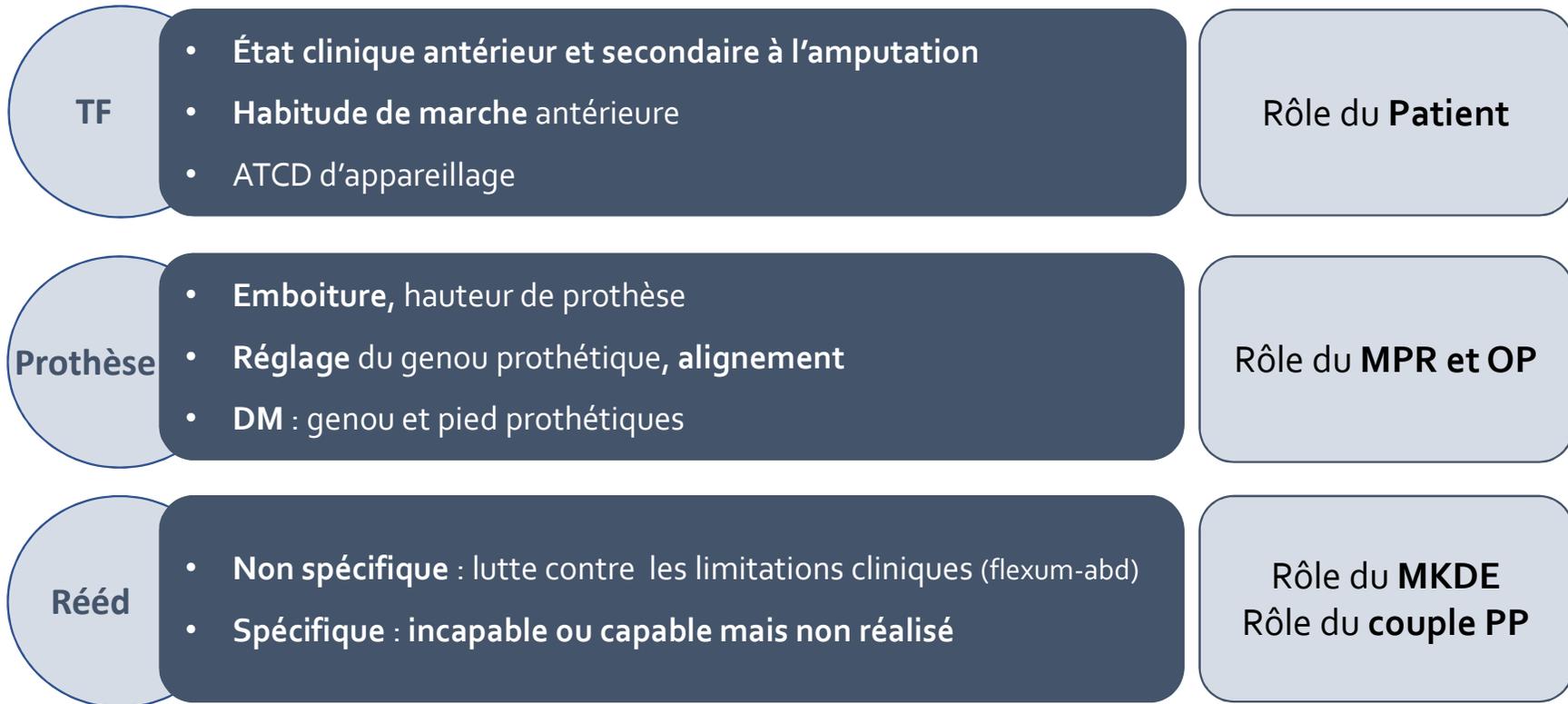
- Bassin inversé dans la temporalité

→ Toujours comparer aux sujets sains



7. Boiteries et défauts de marche

Origine des boiteries

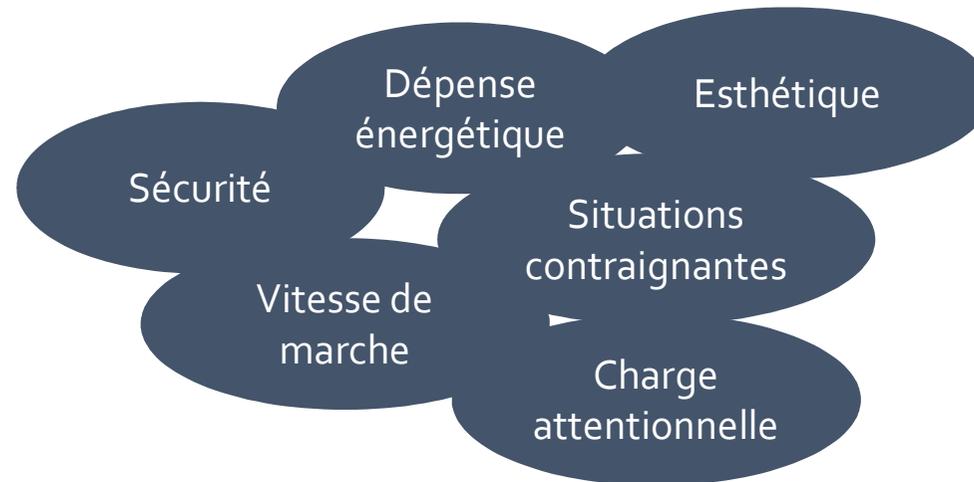


7. Boiteries et défauts de marche

Origine des boiteries

Corrections possibles boiteries ou défauts enkystés ?

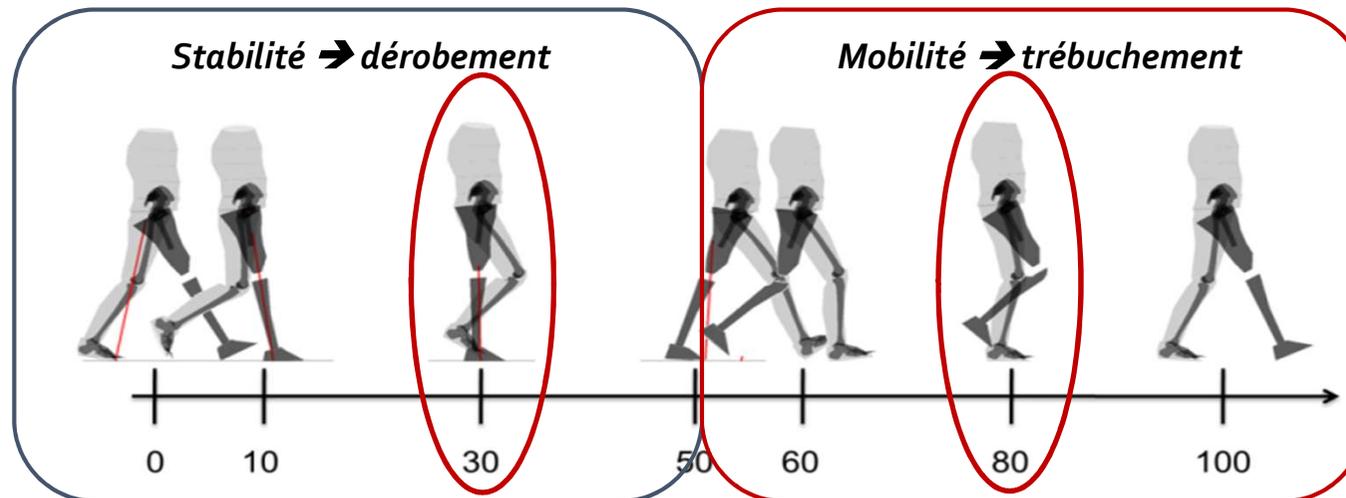
1. **Conscientisation** : instrumentation de la marche et FB parfois nécessaire
2. **Priorité du patient**



Corrections possibles dans une certaine mesure...
→ utilisation optimale des DM mais défauts inhérents aux DM

7. Boiteries et défauts de marche

Synthèse



TF

- Boiterie de moyen fessier
- Antéflexion du tronc
- Hyperlordose lombaire

- Voile externe
- Rotation externe
- Voile interne

PRO-
THESE

COUPLE
PP

- Asymétrie du COP
- Diminution du TTP
- Diminution de la propulsion

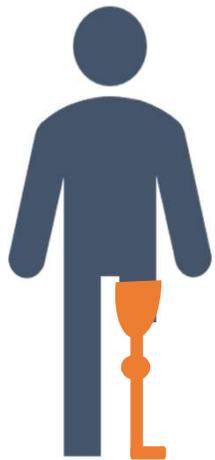
- Fauchage ou circumduction
- Abduction de hanche
- Vaulting (côté sain)
- Hip hicking

COUPLE
PP

Home message

Les prothèses de MI se rapprochent le plus de la physiologie humaine mais... ne remplace pas le MI

L'objectif du patient est d'être sécurisé en phase d'appui et de ne pas trébucher en phase d'oscillation



Les boiteries sont décrites en **4D** (cycle de marche et dans les 3 plans de l'espace)

Des défauts de marche peuvent devenir des boiteries pour un œil expérimenté

Attention de ne pas passer à côté de certaines boiteries du fait symétrisation

Les patients **dosent et modifient la temporalité des défauts** selon les situations

Les **corrections sont possibles** dans une certaine mesure si les défauts sont conscientisés

Les corrections seront automatisées si le patient y trouve un bénéfice

Innovations technologiques !

7. Que la prothèse ?

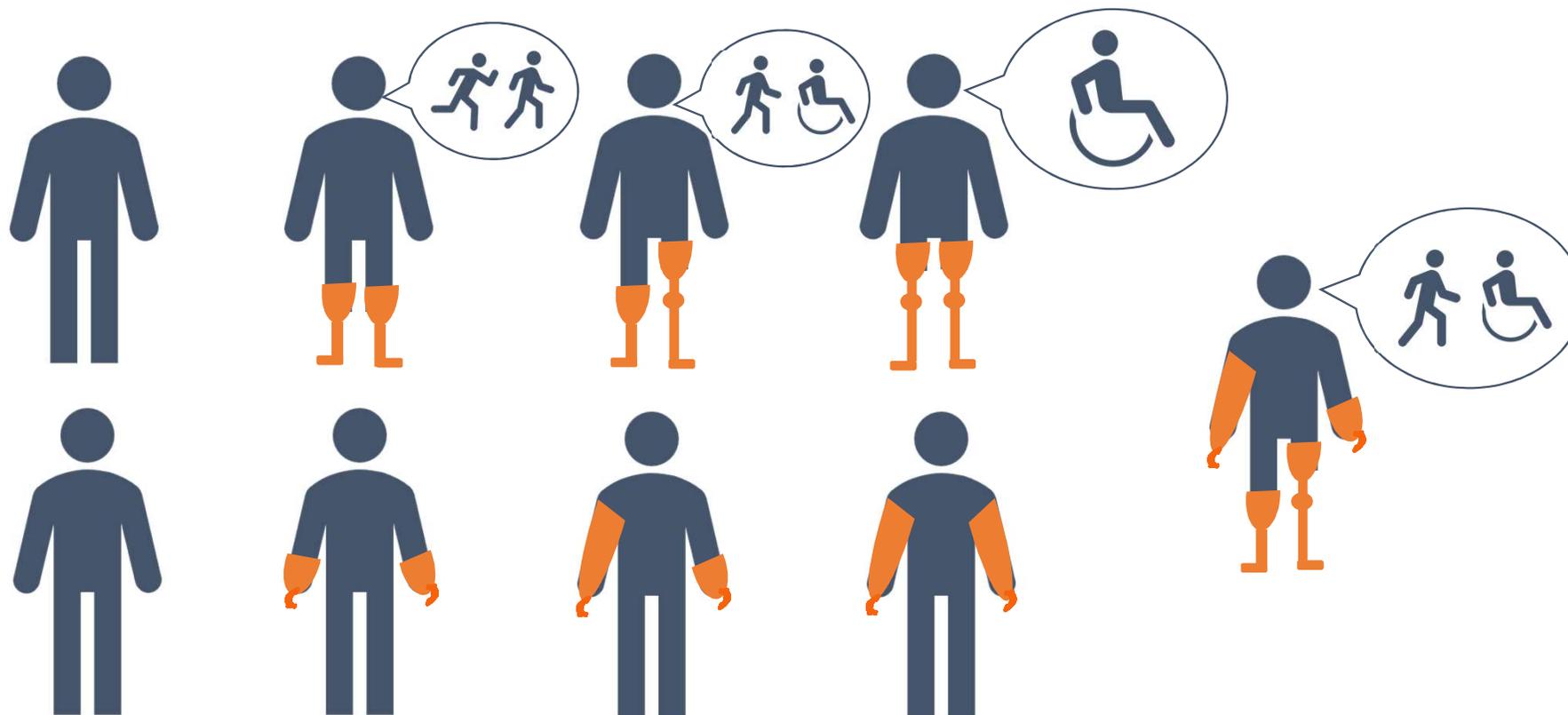
7. Mais pas que la prothèse !



- Déambulation en **FRM** pour certains niveaux d'amputation ou amputations multiples
- **Aides humaines** : AVQ
- **Adaptation du domicile** pour le FRM ou pour les commandes : **domotique**
- **Adaptation du véhicule**
- Aménagement de **poste de travail**, reconversion professionnelle

7. Amputation multiples

Cas particuliers → centres experts



Home message

1. La **chirurgie d'amputation** n'est pas systématiquement une situation d'échec thérapeutique mais peut être une **opportunité**.
 2. Les amputations de MI sont essentiellement **d'origine vasculaire**
 3. La **présence du genou** du patient reste un élément déterminant pour la récupération fonctionnelle.
 4. **L'état fonctionnel antérieur** et le **projet de vie** du patient détermine le projet de rééducation et d'appareillage
-
5. L'appareillage d'un patient TT et TF **est quasiment toujours techniquement possible**, l'appareillage du pied n'est jamais facile !
 6. Les prothèses de MI **se rapprochent le plus de la physiologie humaine** mais il persiste toujours des défauts de marche
 7. Les performances du patient sont conditionnées par une **excellente suspension entre le moignon et l'emboiture**
 8. **Le choix des DM** composant la prothèse est réalisé suite à un **diagnostic lésionnel et situationnel**
Cela nécessite une **rééducation spécifique** aux DM par **équipe multidisciplinaire spécialisée**

8. Cas clinique 1

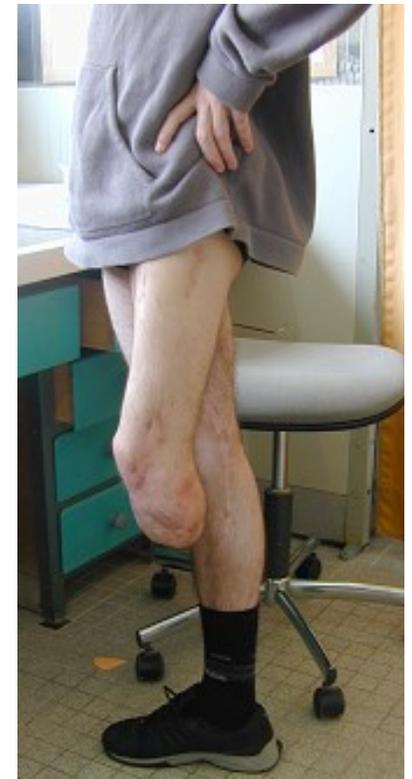
- Pascal, **17 ans**, présente au cours d'un **AVP** 1997 une **amputation de jambe gauche** au 1/3 supérieur associée à une **fracture ouverte au 1/3 moyen du fémur G** avec perte de substance traitée par fixateur externe, injection de moelle osseuse puis greffon cortico-spongieux.
- **Staphylocoque aureus, pyocyanique et proteus**
- Examen clinique : **enraidissement complet du genou** en extension (échec de deux mobilisations sous AG)
- **Prescription ?**





CS 3/5/12

A eu une désarticulation de genou en 2008 pour bénéficier d'un genou plus performant



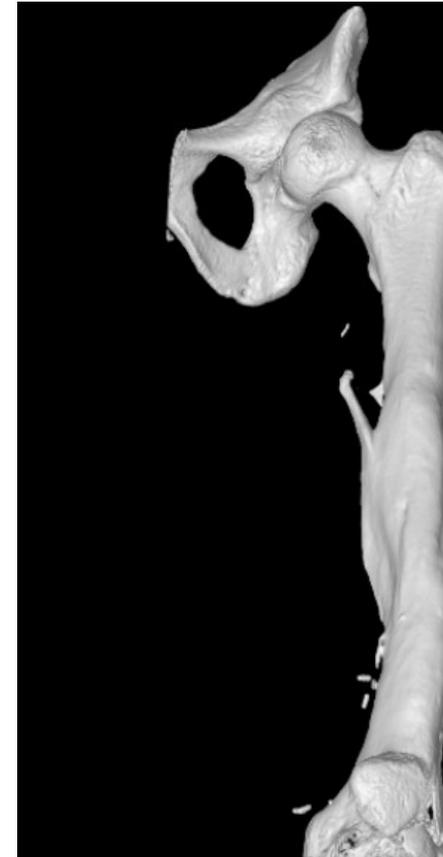
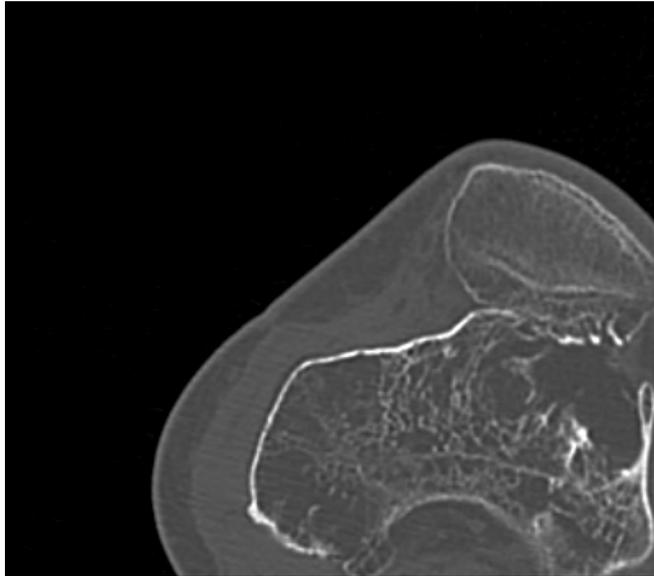
Se plaint de l'esthétique avec genou Hybrid
Souhaite trouver une solution plus esthétique



Quel niveau ?



TDM en fenêtre osseuse



Amputation cuisse en septembre 2012
prothèse avec genou microprocesseur

o6/21 : CS pour visite d'inclusion pour étude de recherche clinique sur **emboiture sub-ischiatique**

CAT ?

06/21 : CS pour visite d'inclusion pour étude de recherche clinique sur **emboiture sub-ischiatique**

- **Emboiture ischion inclus**

- Stabilisation via le maintien de la branche ischio-pubienne et le grand trochanter
- Maintien du fémur en add pour contrôle stabilité ML et AP

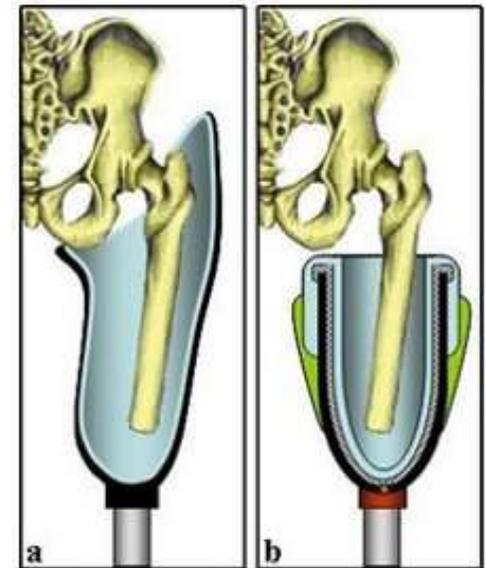
- **Emboiture sub-ischiatique (I-Sub)** *Fatone 2017*

- Libération de la racine du MR qui libère le bassin et les chaînes musculaires
- Compression des tissus mous pour contrôler la prothèse



Amélioration des AA de hanche dans le plan sagittal
Amélioration du confort (SCS) à la marche en terrain plat
Chez des patients très actifs (K3-K4)

Fatone 2021, Fatone 2022



Examples of transfemoral sockets: (a) Ischial Containment and (b) Sub-ischial.

Forces de réaction exercées sur le MR en opposition à la force exercée par le poids

06/21 : CS pour visite d'inclusion pour étude de recherche clinique sur **emboiture sub-ischiatique**

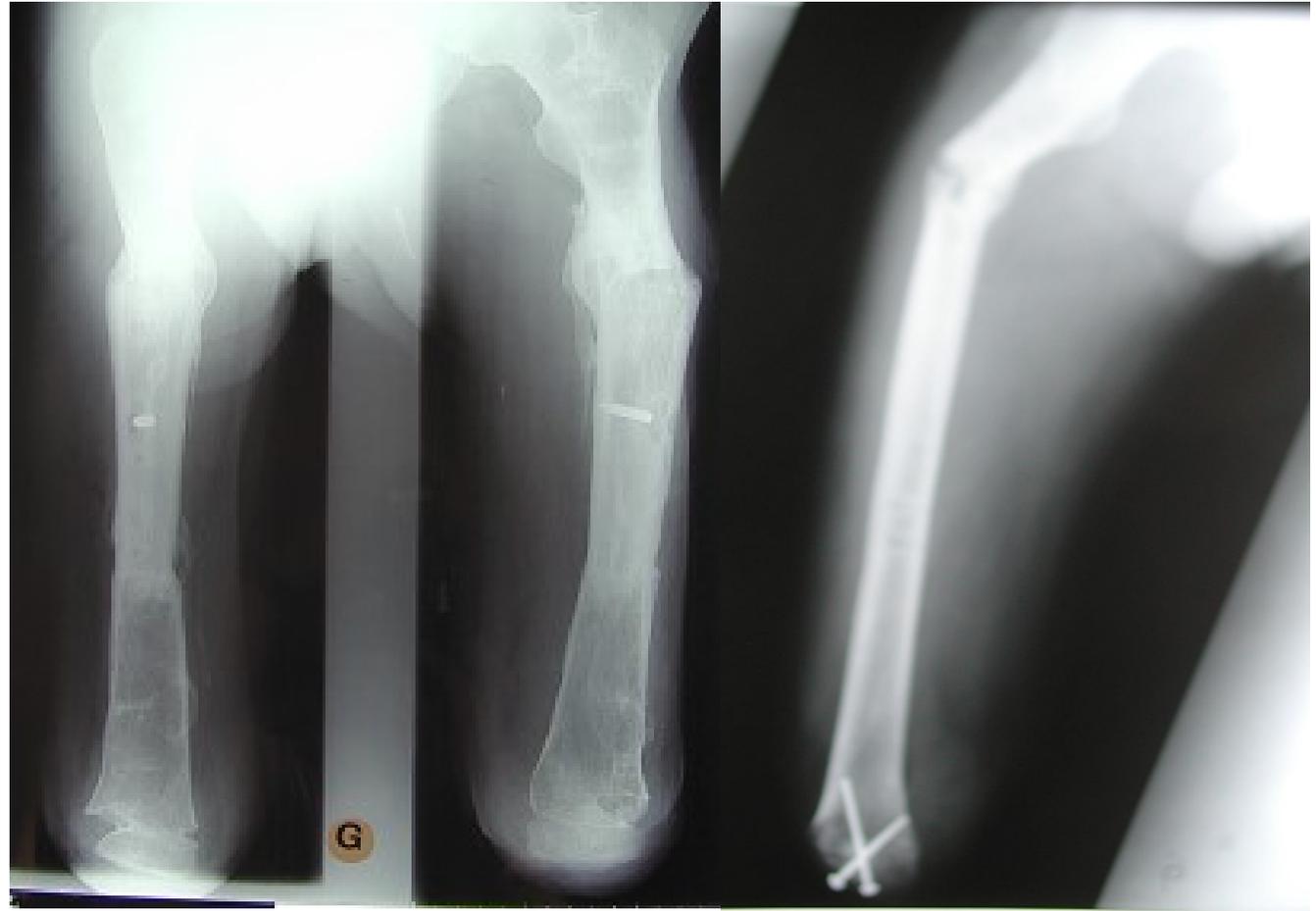
CAT ?



Accident de moto 2/99 : Gritti G

Fracture 1/3 supérieur du fémur Gauche
traitée par fixateur externe

Chauffeur de bus né en 75



6. Cas clinique 2

- 1996 : AVP en 1996 (tiers responsable) avec fracture de la cheville gauche compliquée de lésions nerveuses.
- Mise en place d'orthèses puis plusieurs chirurgies d'arthrodèse de la cheville dans les années qui ont suivi, dont une chirurgie compliquée d'ostéite à staphylocoque en 2002,
- 2003 : 1^{ère} amputation TT suite échec du traitement médical, compliquée par ostéite chronique persistante
- 2004 : 2^{ème} et 3^{ème} reprises amputation TT
- 2006 : 2 lavages articulaires du genou G pour ostéoarthrite septique,
- 2006 : 1^{ère} amputation TF,
- 2009 : 2^{ème} amputation TF, sous ATB jusqu'en 2010
- 24/02/2012 : 3^{ème} amputation TF en tiers inférieur G

Les prélèvements bactériologiques osseux per opératoires du 24/02/2012 sont restés stériles !

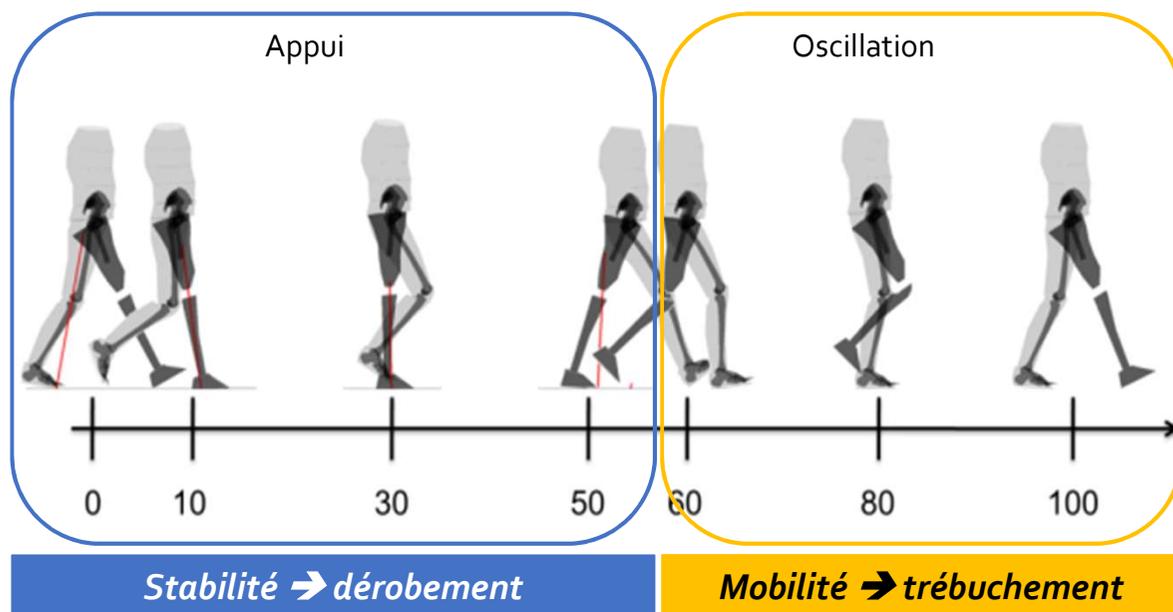
Défauts de marche



Prothèse fémorale G avec genou prothétique C leg, pied classe III
AQM à la demande OP car difficulté de réglage genou prothétique

Comment procéder ? Quelle articulation ? Quel plan ? Quel moment du cycle ?

Défauts de marche



INDIVIDU

COUPLE PP

- Boiterie de moyen fessier
- Anté-flexion du tronc
- Hyperlordose lombaire

PROTHESE

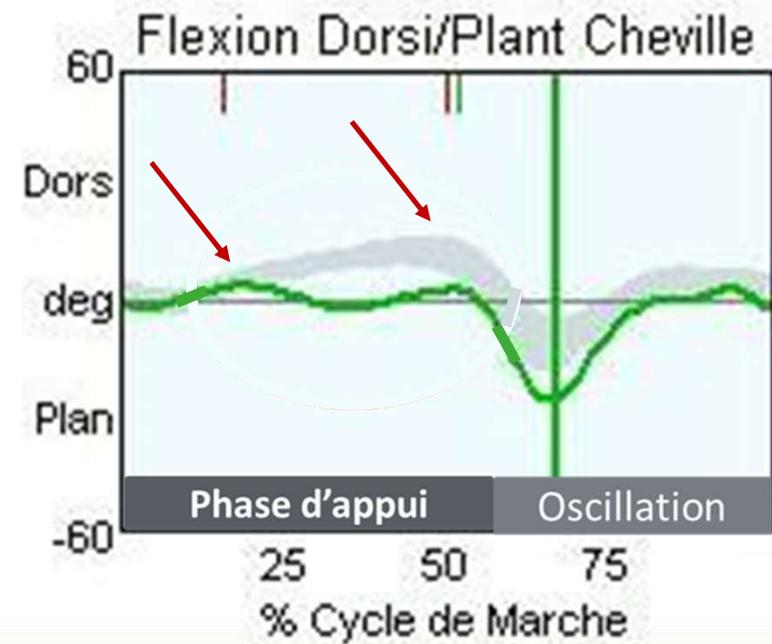
- Voile externe
- Rotation externe
- Voile interne

COUPLE PP

- Fauchage
- Abduction de hanche
- **Vaulting (pied CL)**
- Élévation du bassin
- **Gestion du claquement de genou**

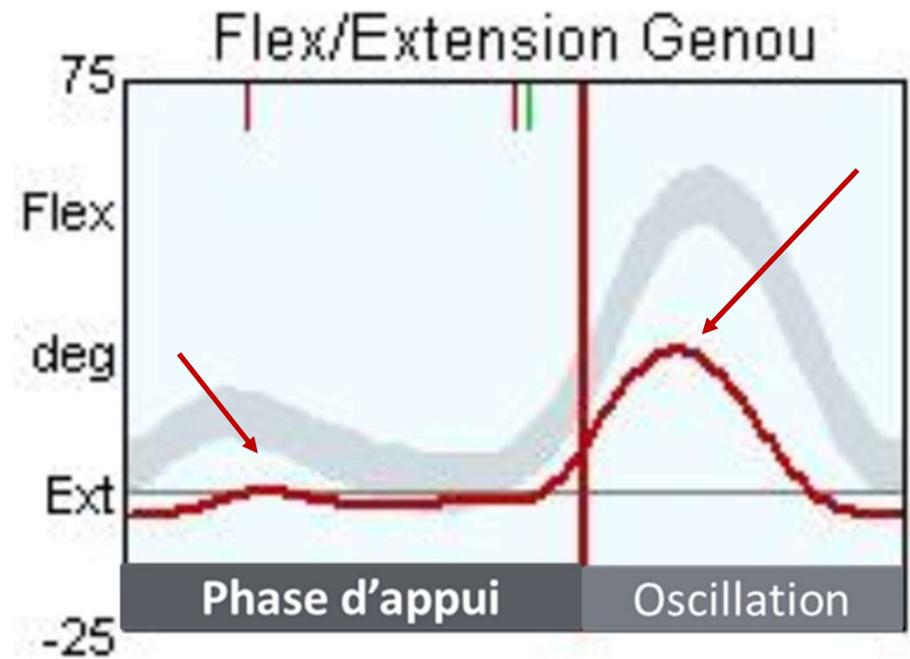
En gras : les boîtiers spécifiques de l'amputé

Plan sagittal



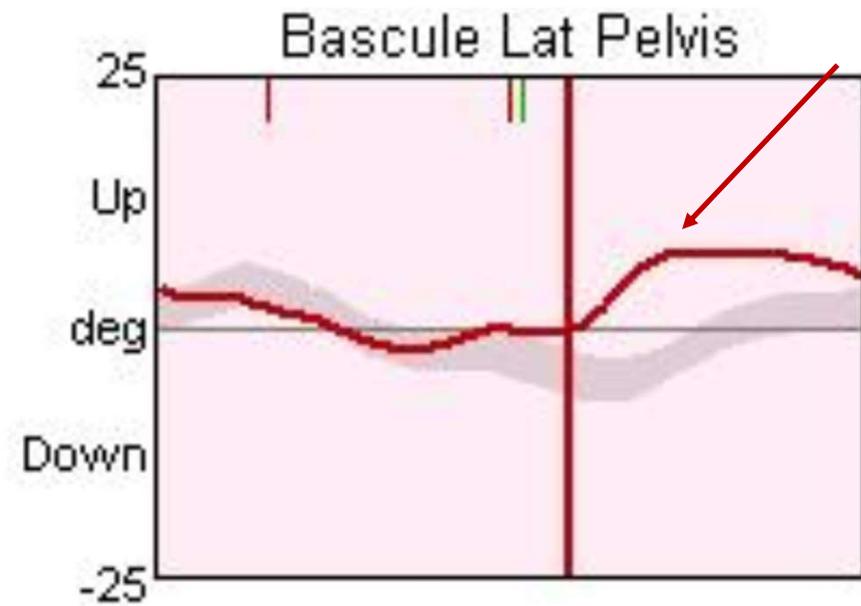
Côté CL : vaulting pied-cheville pendant la phase d'appui

Plan sagittal



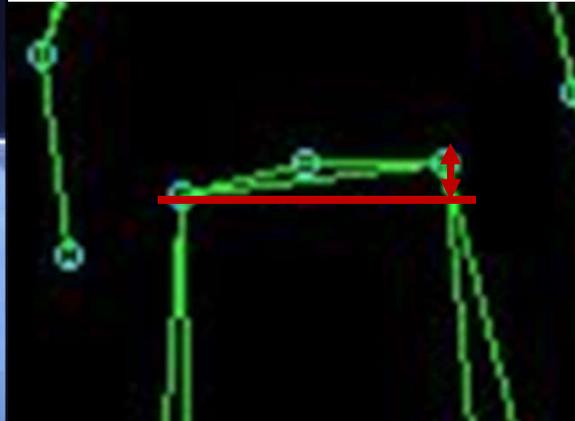
Côté Prothèse : diminution de la flexion de genou prothétique pendant la phase d'oscillation

Plan Frontal



Bassin : élévation de l'hémibassin du côté prothétique

Plan Frontal



26 mm

Bassin : élévation de l'hémibassin du côté prothétique



Plan Frontal



Bassin

- Élévation en phase d'appui
- Abaissement en phase d'oscillation

Plan horizontal



53 mm



29 mm

Bassin : retard de l'EIAS D à l'attaque du pas

Correction du schéma de marche

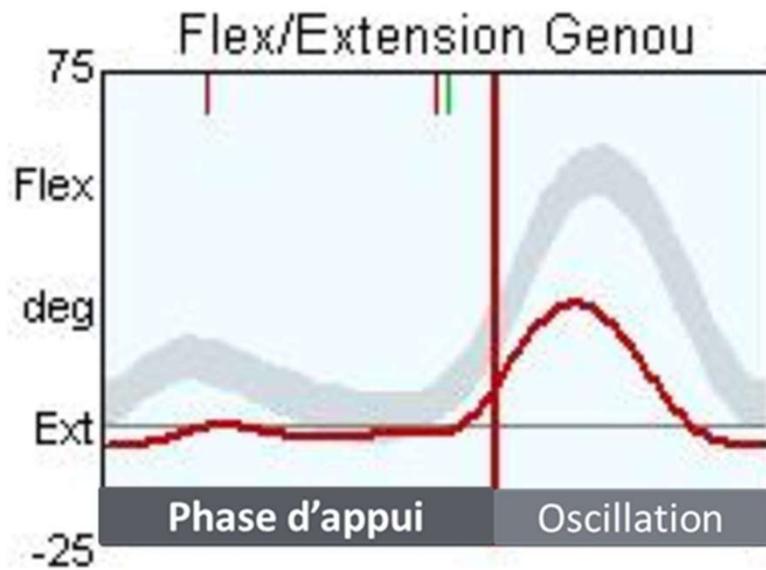


Marche spontanée

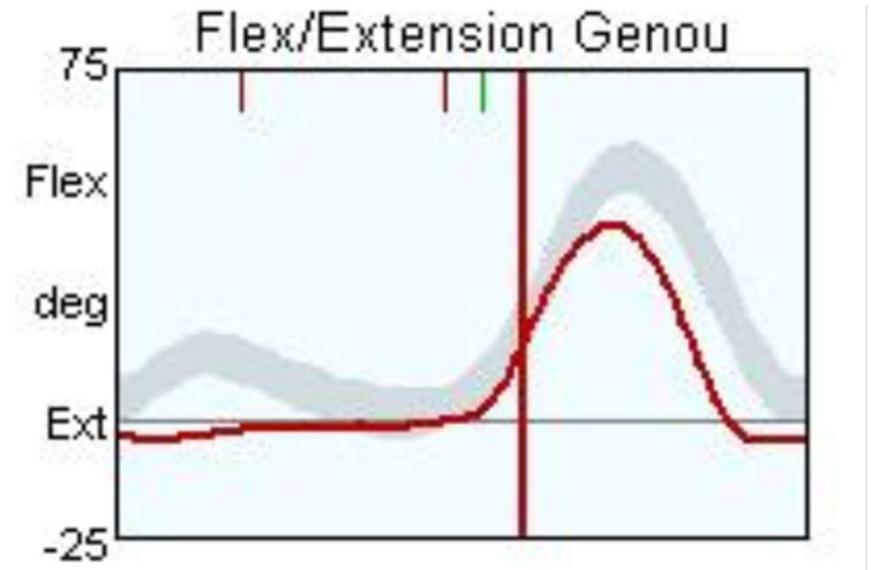


Après correction de la marche :
Appui sur avant-pied pour amélioration flexion
de genou prothétique

Correction du schéma de marche



Marche spontanée



Après correction de la marche :
Appui sur avant-pied pour amélioration flexion
de genou prothétique

Correction du schéma de marche

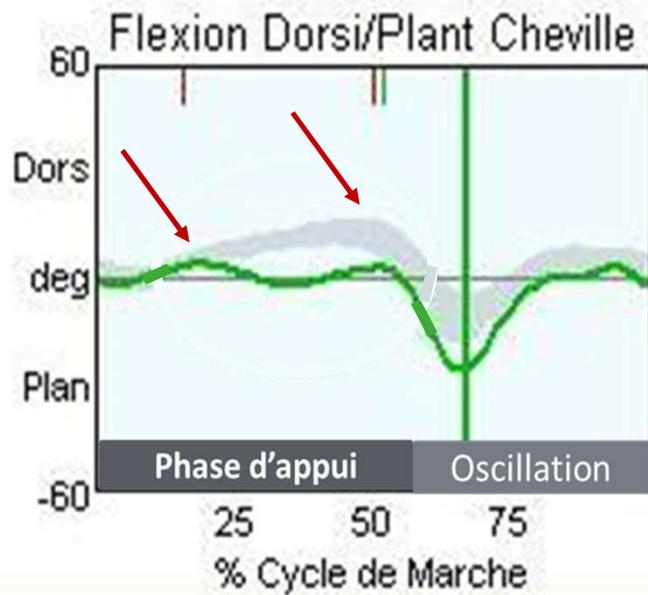


Marche spontanée

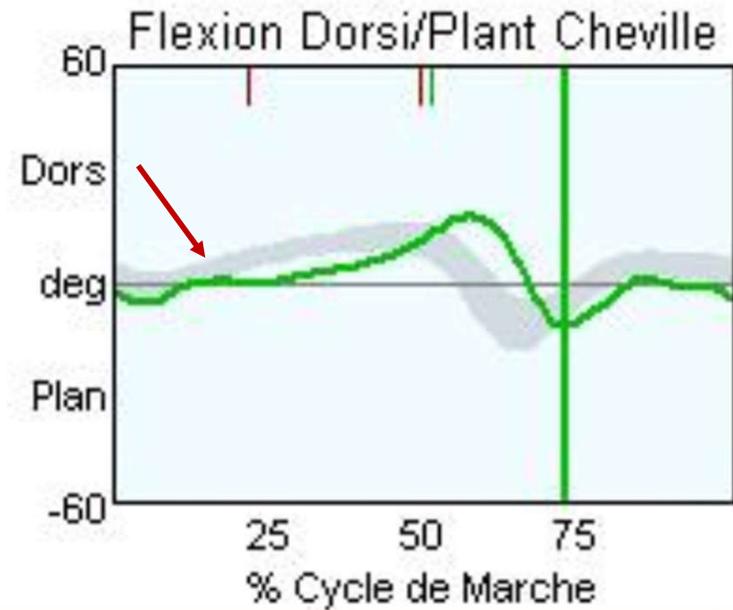


Après correction marche :
Garder le talon CL au sol le plus longtemps possible pour limiter le vaulting

Correction du schéma de marche

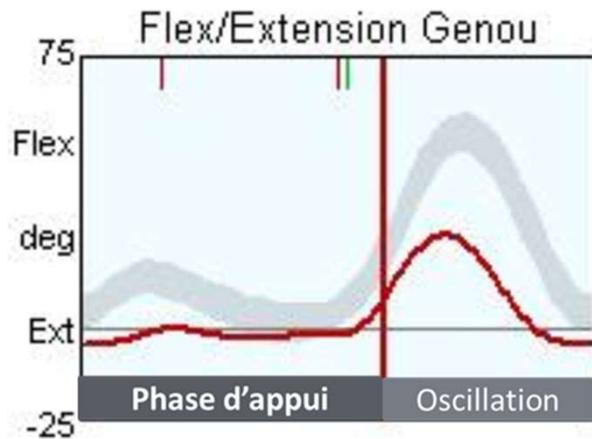


Marche spontanée

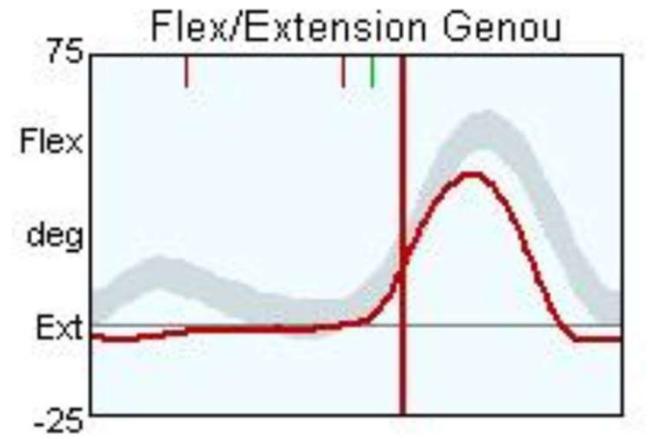


Après correction marche :
Garder le talon CL au sol le plus longtemps possible pour limiter le vaulting

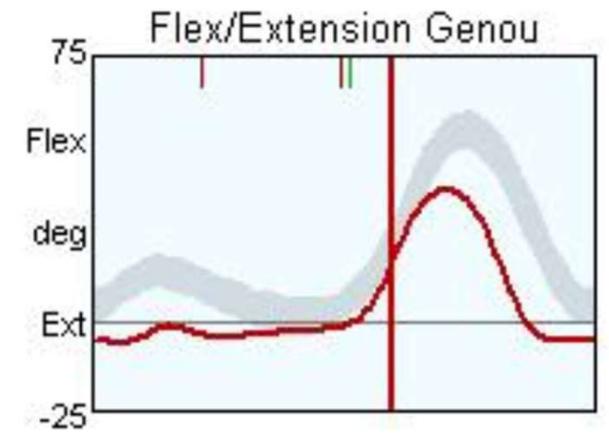
Correction du schéma de marche



Marche spontanée



Après correction de la marche 1
Appui sur avant pied prothétique



Après correction de la marche 2
Garder le talon au sol CL

Correction du schéma de marche



Marche spontanée



Après correction marche :
Garder le talon CL au sol le plus longtemps possible pour limiter le vaulting



Merci de votre attention

Cours DES Appareillage 25/01/24



Dr I. Loiret, Dr P. Herbé, Pr J. Paysant

