

Douleurs de la personne amputée

Principales étiologies et démarche clinique

Cours DES MPR Module 4

21 février 2025

Dr HERBÉ Pierrick
(pierrick.herbe@ugecam.assurance-maladie.fr)

Dr LOIRET Isabelle

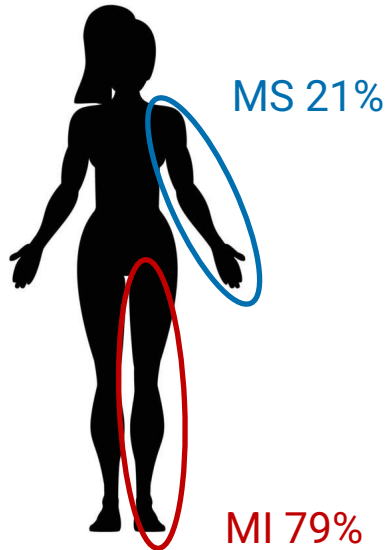
Pr PAYSANT Jean

Définitions

- Vieux français : « esmougoner » □ **Moignon**
- Anglais et ICF : **stump / residual limb** □ **Membre résiduel +++**

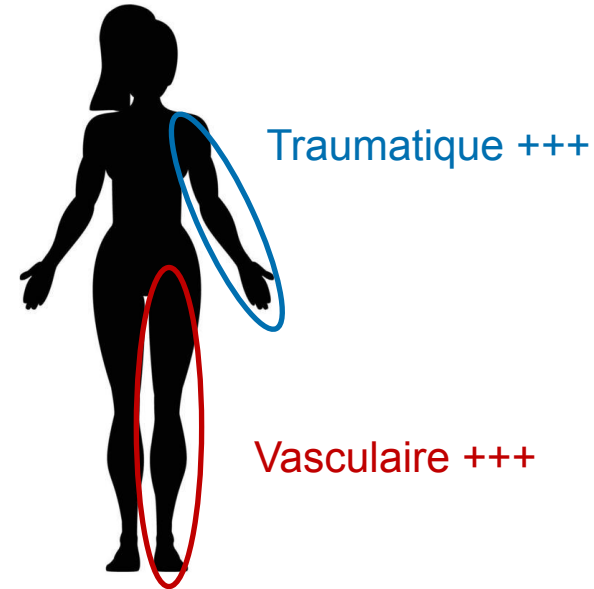


- En France :
 - PMSI 2020 : **16 737 amputations**



Causes d'amputation

- Différences membre inférieur et membre supérieur



- Retenir :

- Vasculaire
- Traumatique
- Infections chroniques
- Tumoral
- Dysfonction (enraidissement, membre non fonctionnel...)
- Douleurs chroniques

Anatomie d'une prothèse

Une prothèse se compose :

- 1- D'un manchon
- 2- D'une emboiture
- 3- D'un genou
- 4- D'un pied
- 5- D'un élément de jonction
- 6- D'une esthétique / personnalisation

L'emboiture

L'emboiture est la partie dans laquelle le patient vient chauffer le moignon.

Éléments de jonction

Adaptation de la hauteur et de la rotation

Le Pied

En élastomère, en carbone, avec ou sans amortisseur de torsion.
Il en existe une multitude, choisis en fonction de l'activité du patient et de son poids.
Une esthétique s'ajoute ensuite sur le pied.



Pied en carbone



Pied en carbone
dans son esthétique



Le genou

Le genou prothétique a pour but « d'imiter » le fonctionnement du genou humain.
Il en existe de nombreux modèles, du genou verrou au genou microprocesseur.
Il est choisi en fonction de l'activité du patient.

Esthétique et personnalisation

L'emboiture peut être personnalisée avec de nombreux motifs, selon le choix du patient.
Une mousse esthétique peut être ajustée sur la prothèse, la rendant très peu visible, sous un pantalon par exemple.



Emboiture fémorale
avec motif « bois »



Prothèse en carbone
avec mousse esthétique

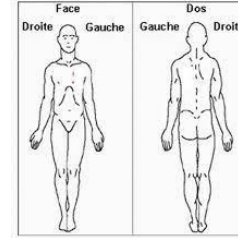


Le manchon

Le manchon se déroule sur le moignon.
Il le protège et assure le maintien de la prothèse.

Questions à se poser face à une douleur chez l'amputé

1. Quelle est la **topographie** de la douleur ?



2. Quelles sont les **composantes** de la douleur ?

➡ Description, questionnaire type DN4

3. Y a-t-il des **facteurs** :

- Déclenchants ?
- De résolution ?

4. Antécédents et **causes** de l'amputation ?



Examen du membre résiduel douloureux

- **Causes évidentes à l'inspection ?**

- Peau : plaie, macération, irritation...
- Hématome, œdème
- Déformation, attitude vicieuse ?

- **Palpation**

- Points douloureux précis ou zone diffuse
- Épanchement intra-articulaire
- Pouls périphériques

- **Examen général**

- Neurologique
- Rachis
- Articulations sus-jacentes



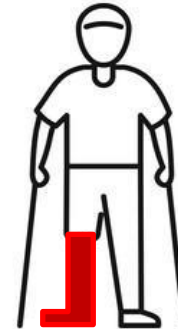
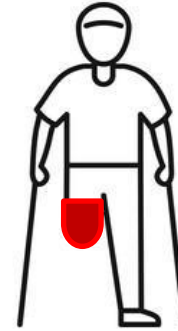
2 types de douleurs

- **Douleurs du membre résiduel** (*residual limb pain/ stump pain*)
 - Localisées au niveau du membre résiduel
 - Peuvent être classées en « intrinsèques » et « extrinsèques »
 - Très fréquentes (jusqu'à 74% Ehde et al. 2008)



Interactions ?

- **Douleurs du membre fantôme** (*phantom pain*)
 - Ressentie dans la zone du membre amputé
 - Celles dont on parle le plus !



Impact sur
appareillage ?

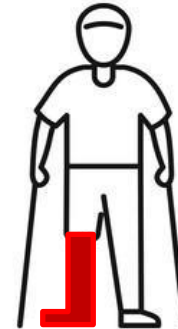
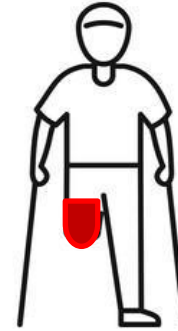
2 types de douleurs

- **Douleurs du membre résiduel** (*residual limb pain/ stump pain*)
 - Localisées au niveau du membre résiduel
 - Peuvent être classées en « intrinsèques » et « extrinsèques »
 - Très fréquentes !



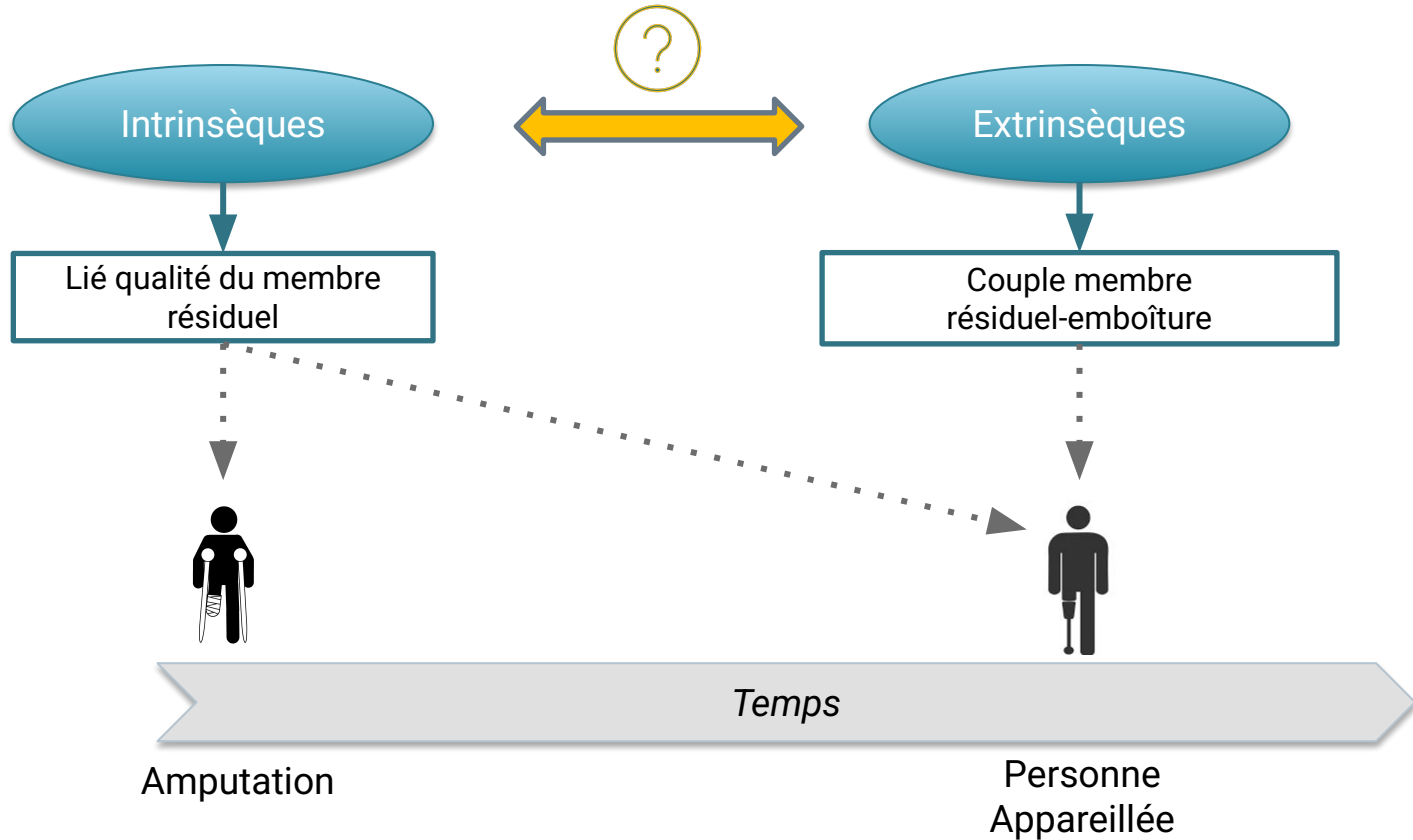
Interactions ?

- **Douleurs du membre fantôme** (*phantom pain*)
 - Ressentie dans la zone du membre amputé
 - Celles dont on parle le plus !



Impact sur
appareillage ?

Intrinsèques VS Extrinsèques



Intrinsèques VS Extrinsèques

Classification proposée arbitraire et discutable car souvent les mécanismes peuvent être intriqués : l'objectif est de réfléchir de manière pragmatique et d'essayer de comprendre si les douleurs proviennent d'une atteinte du membre résiduel en lui-même, de l'appareillage ou potentiellement de l'association des 2.

- **Intrinsèques**

- Ossification hétérotopique
- Atteinte vasculaire
- Infection : ostéite, ostéomyélite
- Névrome



- **Extrinsèques = lié à l'appareillage**

- Névrome qui devient actif
- Atteintes cutanées
- Bursite
- Œdème médullaire / Fracture de contrainte



Ossifications hétérotopiques

- Formation d'un **tissu osseux dans un tissu mou**
- Probablement en lien avec une réponse inflammatoire exagérée
 - ➡ Modifications génétiques et cellulaires
- **Facteurs de risques :**
 - une atteinte au niveau du système nerveux, la gravité de la blessure, les lésions par explosion, une amputation du membre inférieur et des complications précoces de la plaie au moment de la blessure



Juillet 2013



Novembre 2013

Ossifications hétérotopiques

- **Clinique :**
 - Aiguille chaussure / lors mise manchon
 - Gonflement site amputation/ craquement
 - Si localisation articulaire : enraidissement
- **Imagerie :**
 - Radiographie □ délai
 - (Echographie □ précoce, inflammation tissu mou?)
 - Scintigraphie
 - TDM
- **Traitement :**
 - Pas de consensus
 - Préventif : suture du périoste
 - Symptomatique
 - Curatif
 - Chirurgie : attendre > 6 mois évolution (pas consensuel)





Eperon osseux

- Formation de nouvel os ectopique sur les extrémités osseuses du membre résiduel pouvant entraîner des douleurs considérables
- Peut être à l'origine de conflit et d'ulcérations des tissus mous
- **Radiographie +++**
- **Traitement**
 - Adapter appareillage +++
 - Discuter chirurgie



Ostéite et ostéomyélite

- **Inflammation et la destruction des os** dues à des bactéries, des mycobactéries ou des champignons
 - *“ostéite, terme réservé le plus souvent à la forme chronique de l'adulte, et ostéomyélite, terme réservé à l'infection aiguë hématogène principalement de l'enfant” - SPILF*
- Manière **précoce ou tardive**
- **Propagation locale** d'une infection des tissus mous avoisinants, de la propagation **hématogène** ou de la récurrence tardive d'un **foyer septique** cliniquement occulte
- **Symptômes**
 - Douleurs osseuses localisées
 - Signes locaux : cellulite caractérisée (gonflement + une douleur + érythème)
 - Signes généraux :
 - Aiguë ++
 - Souvent – si chronique



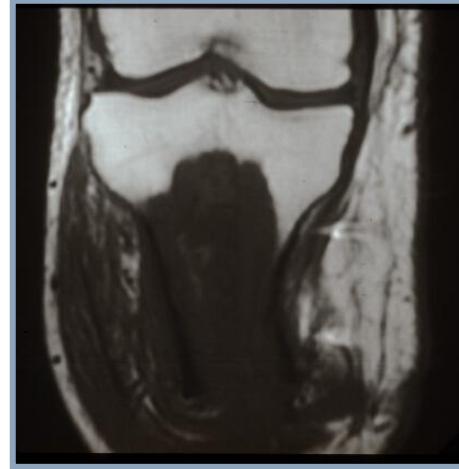
Ostéite et ostéomyélite

Examen paracliniques :

- **IRM** (+/- injection gado)
 - Diagnostic positif
 - Extension tissus mous
- **Apport de TDM** (+/- injection)
 - Etat de corticale osseuse
 - Contraintes appui
- **Apport de scintigraphie**
 - Scinti Tc
 - Scinti leucocytes marqués

Potentiellement grave

- Ré-amputation
- Morbidité supplémentaire
- Décès...



Atteinte vasculaire

- 1^{ère} cause amputation MI
 - Maladie artéritique **toujours évolutive**
- Patient **peut devenir** artéritique
- **Potentiellement majoré** par port de la prothèse

Atteinte vasculaire

- 1^{ère} cause amputation MI
 - Maladie artéritique **toujours évolutive**
- Patient **peut devenir** artéritique
- **Potentiellement majoré par port de la prothèse**
- Clinique :
 - ***Douleurs nocturnes***
 - ***Claudication intermittente « classique »***
 - ***Claudication intermittente « inversée »***
 - Douleurs à la marche appareillée, mais ne cédant pas au repos, voir même augmentant.
 - Due à la compression par l'emboîture avec effet garrot :
 - Lors de la marche, les mouvements d'oscillation du membre résiduel améliorent sa vascularisation distale donc réduisent l'ischémie. Lors de l'arrêt de la marche, l'ischémie ré-augmente, et donc les douleurs avec.

Atteinte vasculaire

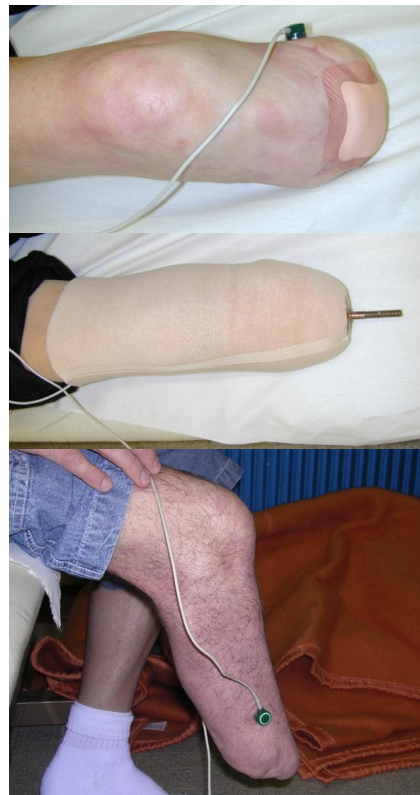
- 1^{ère} cause amputation MI
 - Maladie artéritique **toujours évolutive**
- Patient **peut devenir** artéritique
- Potentiellement majoré par port de la prothèse
- Clinique :
 - *Douleurs nocturnes*
 - *Claudication intermittente « classique »*
 - *Claudication intermittente « inversée »*
 - Douleurs à la marche appareillée, mais ne cédant pas au repos, voir même augmentant.
 - Due à la compression par l'emboîture avec effet garrot :
 - Lors de la marche, les mouvements d'oscillation du membre résiduel améliorent sa vascularisation distale donc réduisent l'ischémie. Lors de l'arrêt de la marche, l'ischémie ré-augmente, et donc les douleurs avec.

Évolution maladie ?
Compression par appareillage ?
Comment ?

Sans prothèse
Avec prothèse
Avec simulation d'appui

Atteinte vasculaire - Exploration

- **Échographie doppler**
 - Artères, veines
 - Peu de spécificité
- **TcPO2**
 - Statique / dynamique
 - État oxygénation tissulaire
 - < 35mmHg : ischémie permanente
 - < 10mmHg : ischémie critique
 - Intérêt :
 - Niveau amputation (pour chir vasc.)
 - Geste revascularisation
 - Aide cicatrisation
 - Influence du manchon (position assise/allongée; influence type manchon)



Atteinte vasculaire - Exploration

- **Échographie**
 - Artères, veines
 - Peu de spécificité
- **TcPO2**
- **Artériographie**
 - Avec et sans prothèse
 - En charge
- **Angioscanner**
 - Sans et avec prothèse
 - Avec simulation de charge



Intrinsèques / Extrinsèques

Sans prothèse



Avec prothèse sans
simulation d'appui



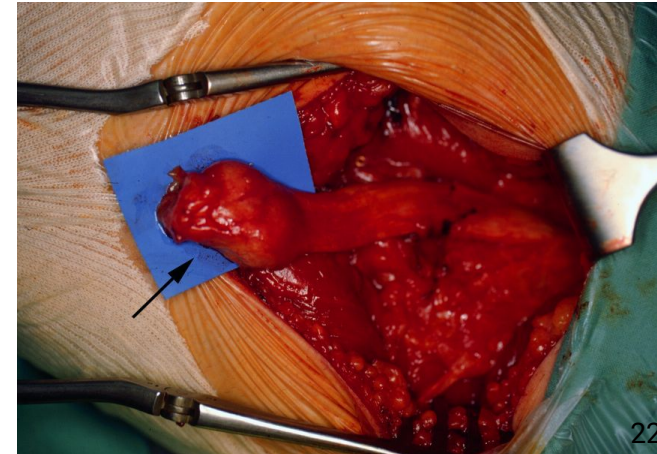
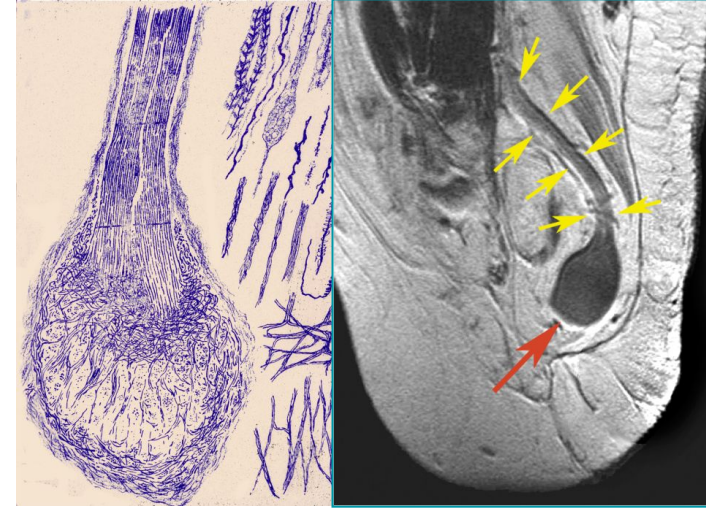
Avec prothèse et
simulation d'appui



Ischémie du moignon lors du port de la prothèse et lors de la simulation d'appui, par compression du réseau vasculaire collatéral (développé sur une thrombose segmentaire ancienne de l'artère poplitée).
Traitement par remodelage de l'emboîture +/- traitement chirurgical (à discuter).

Névrome

- **Cicatrisation normale** d'un nerf sectionné !
 - Fibres en régénération formant une masse enchevêtrée à l'extrémité nerveuse = « névrome d'amputation »
- **Plupart = Asymptomatiques !**
- Mais peuvent être, ou devenir, douloureux ...



Névrome douloureux

1. Névrome Asymptomatique (cicatrice nerveuse)

Névrome douloureux

1. Névrome Asymptomatique (cicatrice nerveuse)

2. Névrome symptomatique

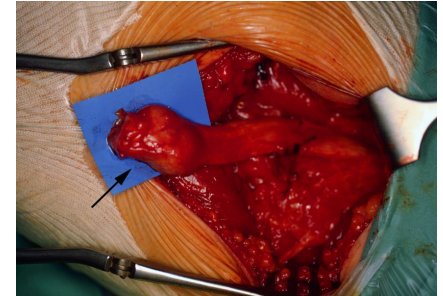
- **Prévalence** : Amputés **membre inférieur** : 15% [7-28] Emile et al. 2021 / **membre supérieur** 13% [8-18] Chaker et al. 2024)
- **Douleurs “précoces” <1 mois** :
 - **Le névrome transitoire** : douleurs neuropathiques en lien avec l'activité spontanée propre au phénomène de cicatrisation, transitoire (durant en moyenne quelques semaines)

Névrome douloureux

1. Névrome Asymptomatique (cicatrice nerveuse)

2. Névrome symptomatique

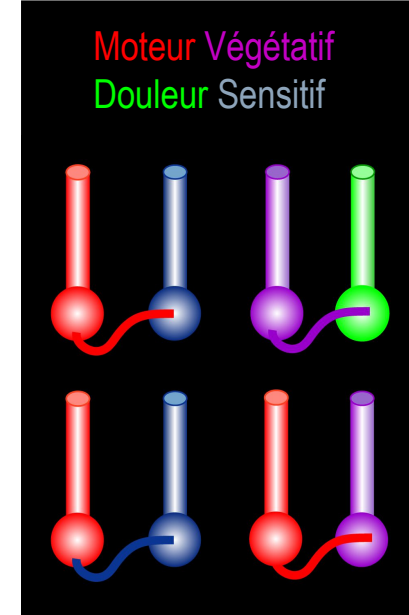
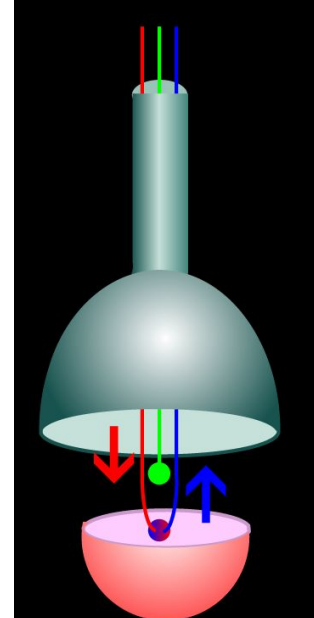
- **Prévalence** : Amputés **membre inférieur** : 15% [7-28] Emile et al. 2021 / **membre supérieur** 13% [8-18] Chaker et al. 2024)
- **Douleurs “précoces” <1 mois** :
 - **Le névrome transitoire** : douleurs neuropathiques en lien avec l'activité spontanée propre au phénomène de cicatrisation, transitoire (durant en moyenne quelques semaines)
- **Douleurs “tardives” >1 mois** :
 - **Névromes pathologiques (intrinsèque)**
 - Transmissions “éphaptiques” (ex : C - Â)
 - Envahissement des tissus de cicatrisation
 - Trajets aberrants (fibres récurrentes)
 - **Névromes normaux (extrinsèque)**
 - Conflit avec le névrome
 - Abaissement du seuil douloureux si inflammation locale





Névrome pathologique - Éphapses

- “**Éphapses**” : véritables courts circuits entre les différentes fibres composant les nerfs (mélange fibres motrices, sensibles, sympathiques et/ou voies de la douleur).
- **Tableau clinique :**
 - Douleurs neuropathiques fulgurantes
 - +/- associés à des troubles sudoraux ou moteurs, localisées dans le moignon
 - Peut également irradier dans le fantôme et en amont.
- **Responsabilité ?**





Névrome pathologique - Éphapses

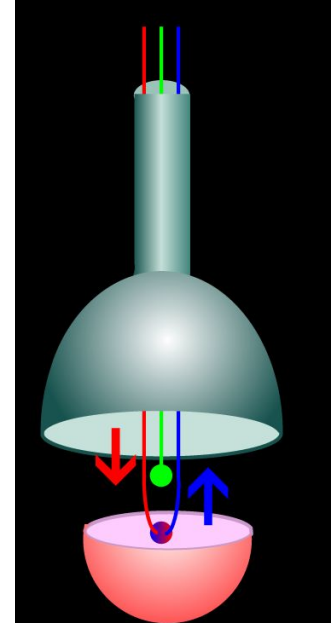
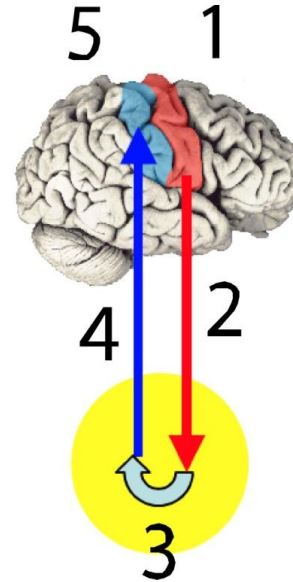
Potentiels évoqués moteurs = stimulation des aires motrices



Effets adjacents : manifestations végétatives, douloureuses voire myoclonies... (mélange fibres nerveuses)



PEM « positifs » traduit l'existence d'éphapses





Névrome pathologique - Éphapses

Potentiels évoqués moteurs = stimulation des aires motrices



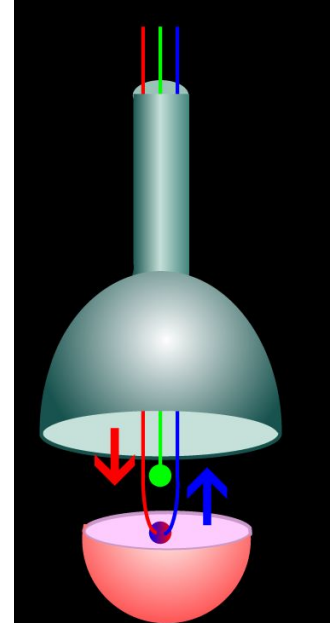
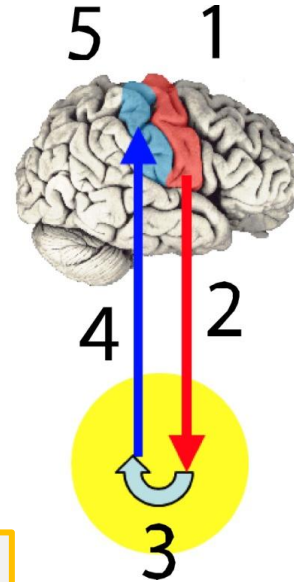
Effets adjacents : manifestations végétatives, douloureuses voire myoclonies... (mélange fibres nerveuses)



PEM « positifs » traduit l'existence d'éphapses



Responsabilité du névrome
Chirurgie



Poppler et al. 2018 → Méta analyse sur résultats du traitement chirurgical des névromes symptomatiques toute cause confondue (pas que amputés): amélioration dans la majorité des cas (77% [73-83]) quelque soit la technique. Semble y avoir des techniques plus performantes mais pas possibilité de conclure.



Névrome pathologique - Éphapses

- **Paysant et al. 2004 :**
 - Etude prospective sur utilisation à visée diagnostique des PEM pour les névromes symptomatiques
 - Groupe 1 : 24 personnes amputées MI douleurs membres résiduels
 - Groupe 2 : 10 personnes amputées SANS douleurs MR
 - **PEM et si modif + IRM névrome → chirurgie et nouveaux PEM à 6 semaines**
 - **Groupe 1**
 - IRM = 17 névromes / 6 bursites / 2 anomalies signal osseux
 - 12 PEM + dont 11 névromes à IRM
 - **9/11 chirurgie (2 refus) → ∅ douleur post op 9/9 + PEM normalisés**
 - 7 IRM névromes et PEM <0 → tous évolutions favorable sans intervention
 - **Groupe 2**
 - IRM : normal et pas de signe provoqués par PEM



Névrome pathologique

PERIPHERAL NERVE SURGERY AND RESEARCH

Diagnostic Criteria for Symptomatic Neuroma

Denise M. J. Arnold, MD, Suzanne C. Wilkens, MD,* J. Henk Coert, MD,† Neal C. Chen, MD,*
Ivica Ducic, MD, PhD,‡ and Kyle R. Eberlin, MD§*

Diagnostic Criteria for Symptomatic Neuroma

Must have all 3:

1. Pain with at least 3 of the following characteristics: burning, sharp, shooting, electric, paresthesias, numbness, cold intolerance
2. Symptoms in a defined neural anatomic distribution
3. History of nerve injury or suspected nerve injury

Must have at least 1:

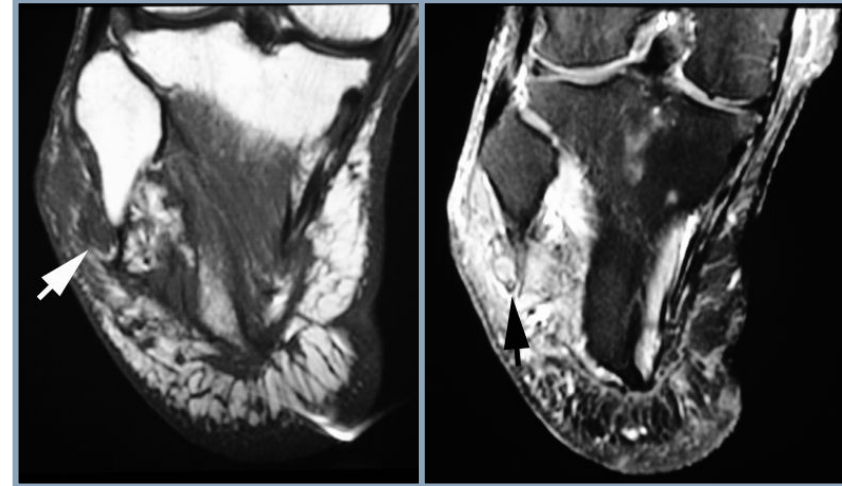
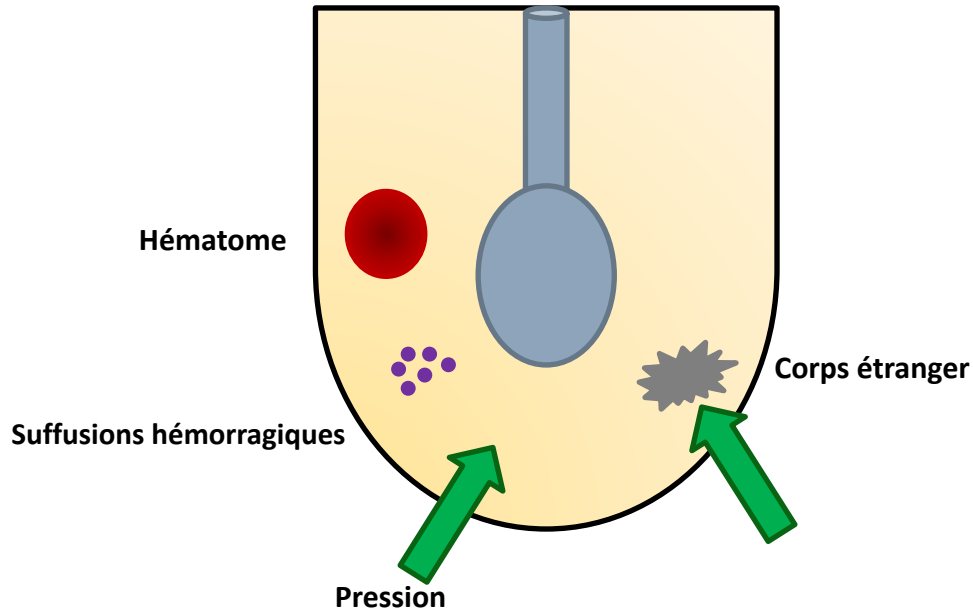
1. Positive Tinel Sign (for cutaneous nerve)
2. Positive response to local anesthetic injection
3. US or MRI confirmation of neuroma

FIGURE 2. Diagnostic criteria for symptomatic neuroma.



Névrome douloureux - Extrinsèque

- Réfléchir à ce qui peut irriter le nerf, recours à l'imagerie pour localisation névrome + évaluation





Prévention formation des névromes (douloureux)

- **“Classique et historique”**
 - **Traction - section nerveuse - enfouissement (protection dans les muscles)**
 - n’agit pas sur mécanismes supposés génération des névromes, mais effet de protection du névrome
- Réinnervation musculaire ciblée (“targeted muscle reinnervation”)
 - “neurotisation” d’un nerf sectionné vers un nerf purement moteur d’un muscle qui n’est plus fonctionnel
 - limites : nerf donneurs limités
- Interface Nerveuse Périphérique régénérative (“Nerveuse Regenerative Peripheral Nerve Interfaces”)
 - “donner à manger au nerf” + protection
 - limites : pas de vascularisation du greffon = risque nécrose surtout si trop gros

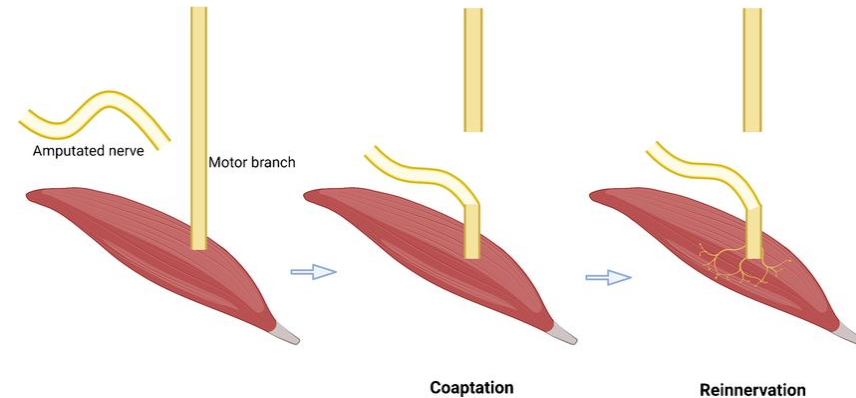


cours UNES Pr MALIKOV



Prévention formation des névromes (douloureux)

- “Classique et historique”
 - Traction - section nerveuse - enfouissement (protection dans les muscles)
 - n’agit pas sur mécanismes supposés génération des névromes, mais effet de protection du névrome
- Réinnervation musculaire ciblée (“targeted muscle reinnervation”)
 - “neurotisation” d’un nerf sectionné vers un nerf purement moteur d’un muscle qui n’est plus fonctionnel
 - limites : nerf donneurs limités
- Interface Nerveuse Périphérique régénérative (“Nerveuse Regenerative Peripheral Nerve Interfaces”)
 - “donner à manger au nerf” + protection
 - limites : pas de vascularisation du greffon = risque nécrose surtout si trop gros

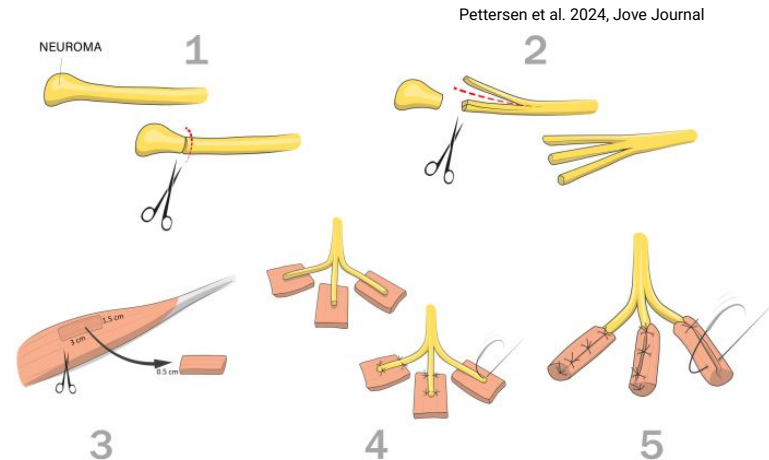


Tham et al. 2022, European Journal of Plastic Surgery



Prévention formation des névromes (douloureux)

- “Classique et historique”
 - Traction - section nerveuse - enfouissement (protection dans les muscles)
 - n’agit pas sur mécanismes supposés génération des névromes, mais effet de protection du névrome
- Réinnervation musculaire ciblée (“targeted muscle reinnervation”)
 - “neurotisation” d’un nerf sectionné vers un nerf purement moteur d’un muscle qui n’est plus fonctionnel
 - limites : nerf donneurs limités
- Interface Nerveuse Périphérique régénérative (“Nerveuse Regenerative Peripheral Nerve Interfaces”)
 - “donner à manger au nerf” + protection
 - limites : pas de vascularisation du greffon = risque nécrose surtout si trop gros





Prévention formation des névromes (douloureux)

- “Classique et historique”
 - Traction - section nerveuse - enfouissement (protection dans les muscles)
 - n’agit pas sur mécanismes supposés génération des névromes, mais effet de protection du névrome
- Réinnervation musculaire ciblée (“targeted muscle reinnervation”)
 - “neurotisation” d’un nerf sectionné vers un nerf purement moteur d’un muscle qui n’est plus fonctionnel
 - limites : nerf donneurs limités
- Interface Nerveuse Périphérique régénérative (“Nerveuse Regenerative Peripheral Nerve Interfaces”)
 - “donner à manger au nerf” + protection
 - limites : pas de vascularisation du greffon = risque nécrose surtout si trop gros

Études en faveur ↓ des douleurs du membre résiduel + des douleurs du membre fantôme ! (en préventif et curatif)

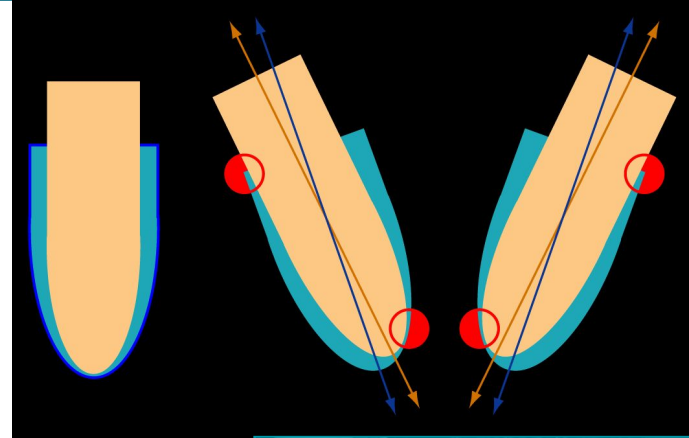
Atteintes cutanées

- **Irritation locale**
 - Intolérance du manchon, frottements



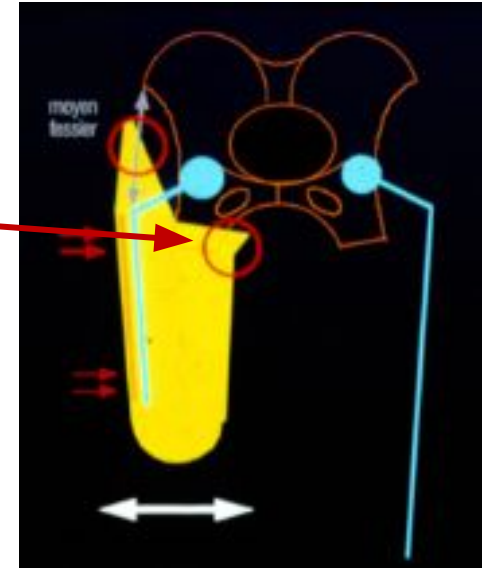
Atteintes cutanées

- **Irritation locale**
 - Intolérance du manchon, frottements
- **Défaut adaptation de la prothèse**
 - Alignement, revoir emboiture
 - Système de suspension non adapté



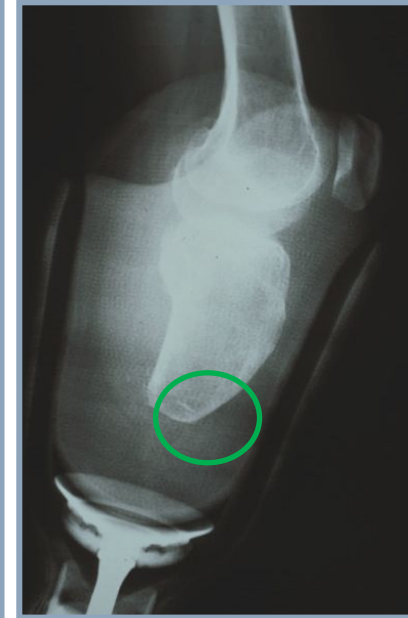
Atteintes cutanées

- **Irritation locale**
 - Intolérance du manchon, frottements
- **Défaut adaptation de la prothèse**
 - Alignement, revoir emboiture
 - Système de suspension non adapté
- **Zone appui non physiologique (par rapport à un sujet sain)**
 - Eliminer défaut d'adaptation
 - Port fractionné, augmentation progressive du temps de port
 - ⇒ Jusqu'à habitude



Atteintes cutanées

- **Irritation locale**
 - Intolérance du manchon, frottements
- **Défaut adaptation de la prothèse**
 - Alignement, revoir emboiture
 - Système de suspension non adapté
- **Zone appui non physiologique (par rapport à un sujet sain)**
 - Eliminer défaut d'adaptation
 - Port fractionné, augmentation progressive du temps de port
 - ➡ Jusqu'à habitude
- **Erreur technique lors amputation** (angle Farabeuf, résection insuffisante de la fibula)
- **Allodynie cicatricielle...**



Bursite

- **Conflit mécanique moignon - cavité prothétique**
- **Aiguë ou chronique**
- **Inflammation de bourses synoviales**
 - Peut être enflammées à la suite d'une activité physiques excessive ou de traumatismes répétitifs, d'une infection, d'une maladie métabolique (ex : goutte) ou d'arthrite inflammatoire systémique (ex : polyarthrite rhumatoïde)



Bursite

- **Conflit mécanique moignon - cavité prothétique**
- **Aiguë ou chronique**
- **Inflammation de bourses synoviales**
 - Peut être enflammées à la suite d'une activité physiques excessive ou de traumatismes répétitifs, d'une infection, d'une maladie métabolique (ex : goutte) ou d'arthrite inflammatoire systémique (ex : polyarthrite rhumatoïde)
- **Douleur mécanique aux manifestations inflammatoires**
 - Érythème, gonflement, chaleur locale
 - Variation du volume du moignon,
 - Masse palpable fluctuante et généralement douloureuse

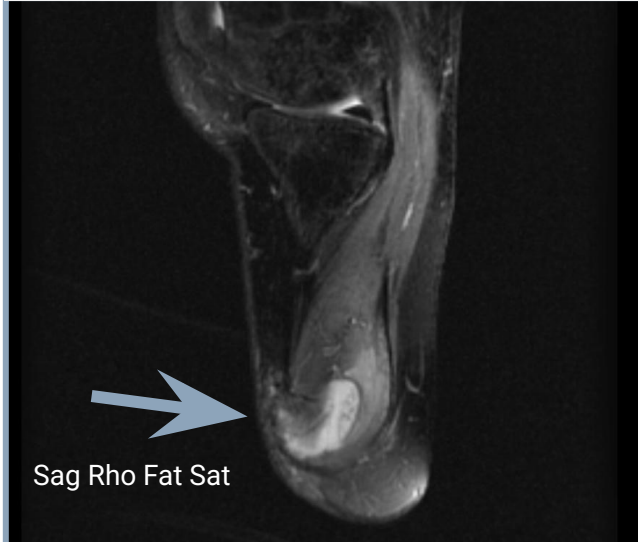


Bursite

- **Echographie et IRM +++**
- **Traitement :**
 - Arrêt port prothèse et modification emboiture **APRÈS** guérison

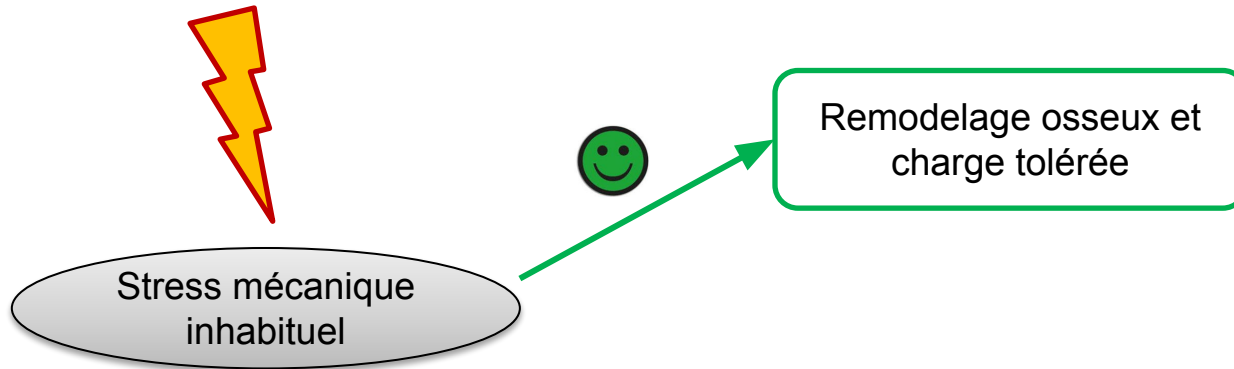
IRM

Hypo signal en T1
Hyper signal en Rho Fat Sat
Prise de contraste au gadolinium des contours de la bursite



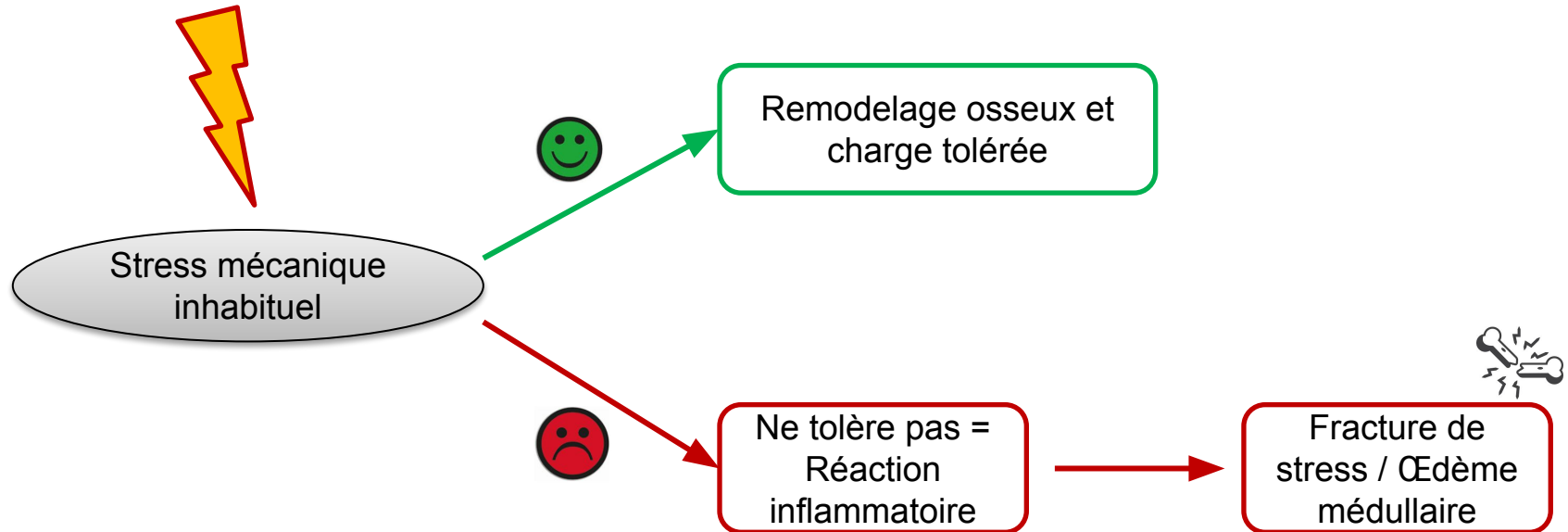
Fracture de contrainte / œdème médullaire

- Modification biomécanique du corps lors appareillage
 - ➔ L'interface prothèse-membre résiduel est obligée de tolérer la totalité de la charge de poids corporel



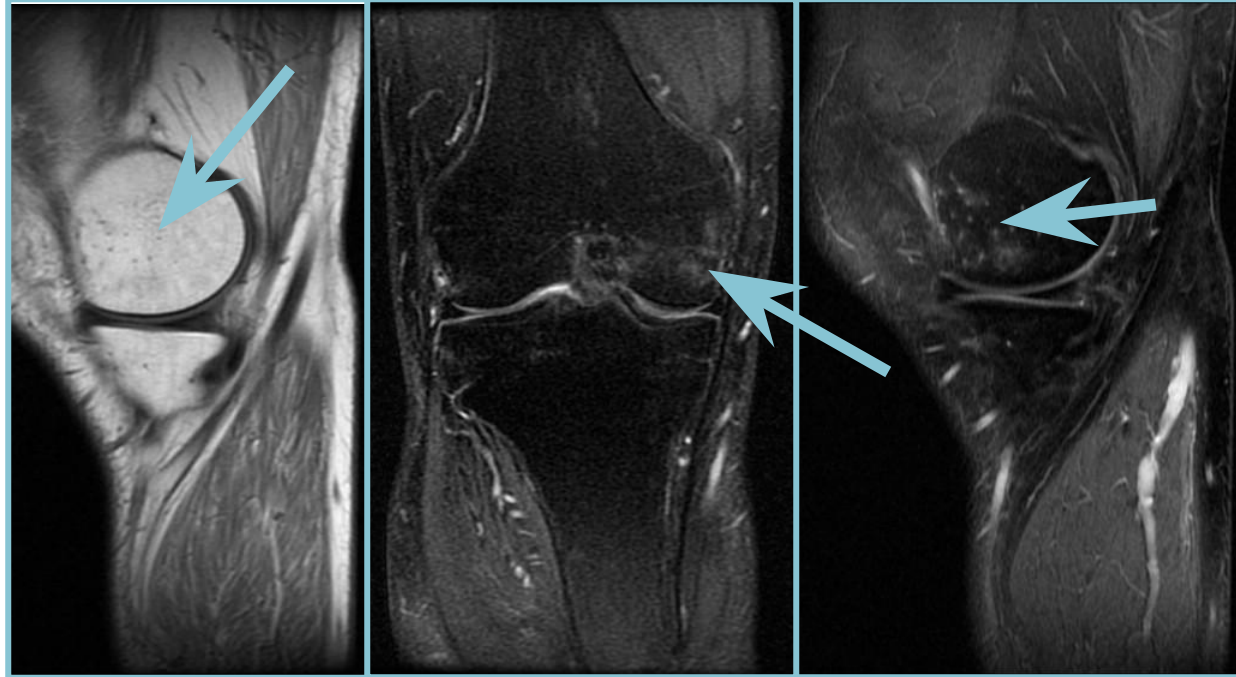
Fracture de contrainte / œdème médullaire

- Modification biomécanique du corps lors appareillage
 - ➔ L'interface prothèse-membre résiduel est obligée de tolérer la totalité de la charge de poids corporel



Fracture de contrainte / œdème médullaire

- Radiographie :
 - Normale initialement +++
 - Diagnostic tardif
- Scintigraphie osseuse/IRM
 - Diagnostic plus précoce



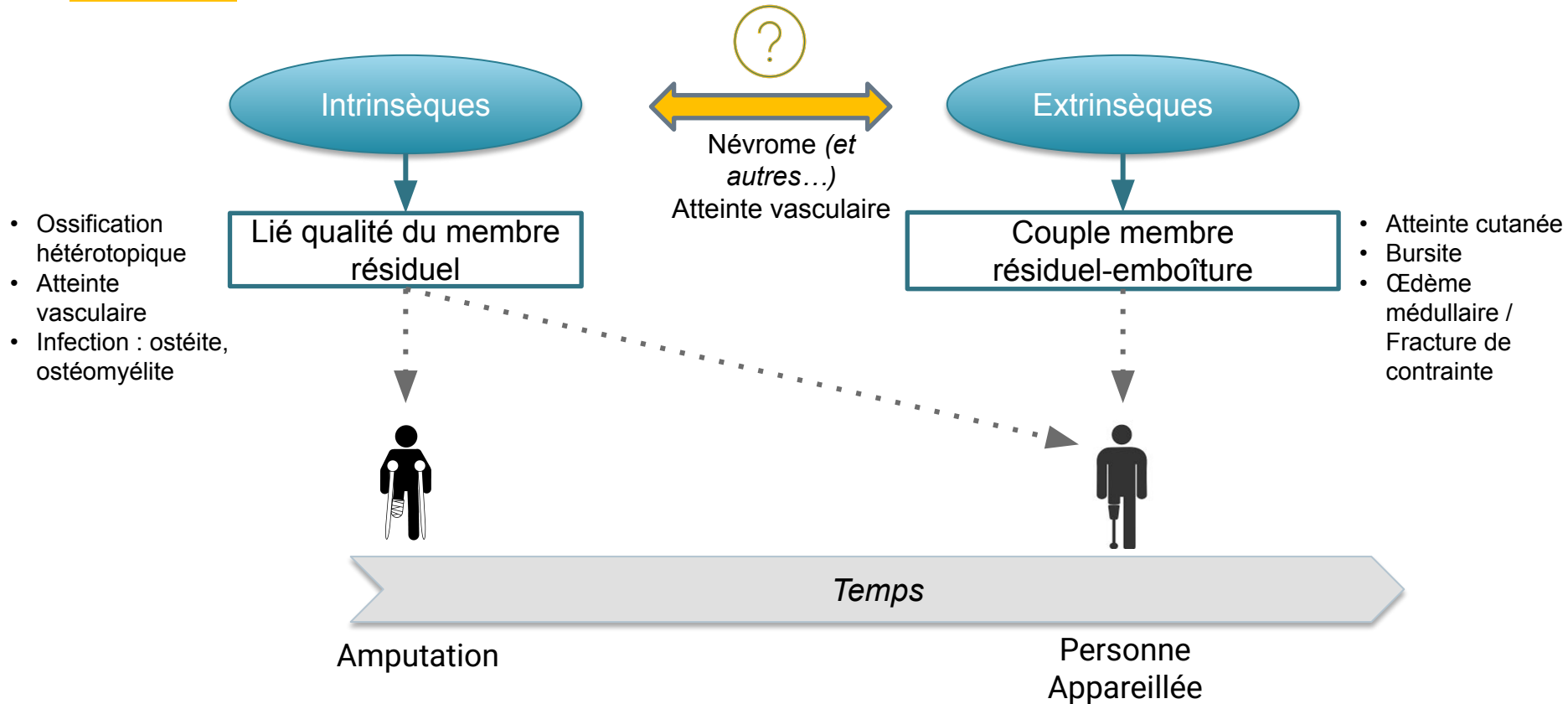
IRM : hétérogénéité en T1, hyper intense en T2



A ne pas oublier

- Récidive tumorale
 - Peut se manifester par des douleurs du membre résiduel, et ce de manière précoce ou tardive
- Coxarthrose irradiant dans le genou, épicondylite...
- Radiculalgies, névralgies cervico-brachiales, syndrome canalaire...

Synthèse

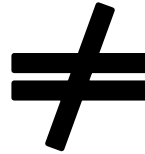


Douleurs du membre fantôme

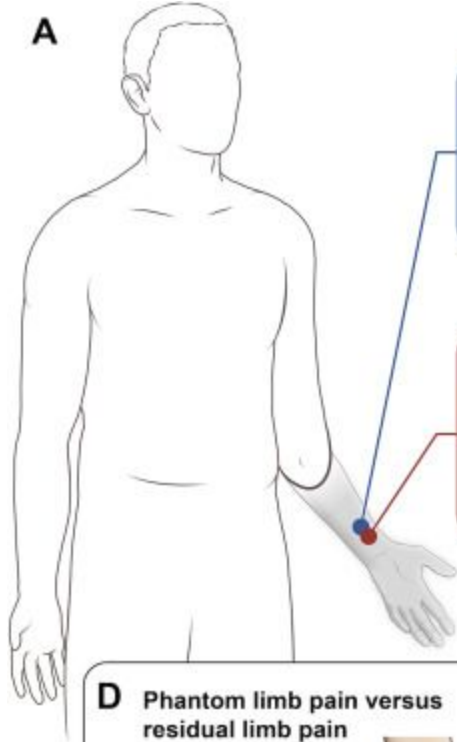


Bien différencier SMF et DMF

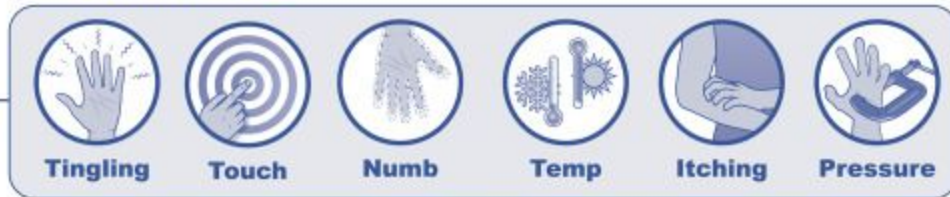
- Différentier sensation de membre fantôme (SMF) et douleurs du membre fantôme (DMF)
- **SMF** = perceptions **non douloureuses** émanant de la partie du corps perdue après la désafférentation ou l'amputation
 - Par définition non douloureuse □ bien les individualiser pour ne pas traiter par excès
 - Vécu par presque tous les amputés



- **DMF** = sensation **douloureuse** localisée dans la partie du corps perdue ou désafférentée
 - Localisée sur le membre entier ou sur une région du membre manquant



B NON-PAINFUL phantom limb sensations



C PAINFUL phantom limb sensations



D Phantom limb pain versus residual limb pain



E Frequency of episodes

Percentage (%) of unilateral upper and lower amputees (n=3,374) reporting frequency of phantom limb pain episodes



F Intensity of episodes

Percentage (%) of unilateral upper and lower amputees (n=3,374) reporting intensity of phantom limb pain episodes



Schone et al., 2022

Douleurs du membre fantôme (ou algohallucinoze)

- 1^{ère} description par Ambroise Paré (1510-1590)
- Silase Weir Mitchell, neurologue Américain
 - Propose le terme de « *phantom limb pain* » en 1871
- Peut survenir de **manière précoce ET tardive** (plusieurs années après amputation...)
- Prévalence vie-entière : **76 – 87%** Stankevicius et al., 2020



Problématique fréquente +++

Tableau clinique

- **Composante neuropathique +++**
 - Décharges électriques, brûlure, compression, étau, fourmis...
- Dans **tout le membre fantôme ou une partie**
- **Paroxystique +++** ou continue
 - *Desmond et Malachlan 2010* : 83% par crises et 17% douleurs continues
 - Crises peuvent durent de **quelques heures à... quelques jours !**
- Peut être **variable en intensité**
- **Parfois identique à la douleur préopératoire**
- Position du membre fantôme, possibilité de le bouger ou non...



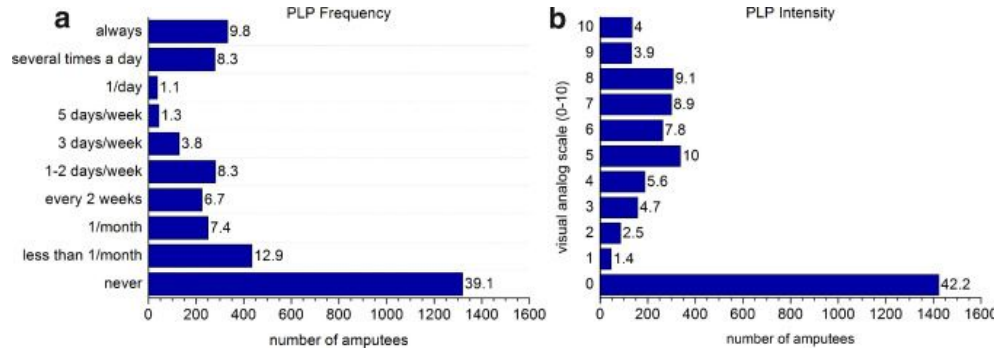
Tableau clinique

- **Fréquents facteurs déclenchants**
 - émotions,
 - zone gâchette,
 - miction, défécation,
 - éjaculation,
 - éternuement,
 - affection viscérale...
- **Aggravée**
 - par pathologie du moignon : ++
- **Soulagée**
 - *par serrement, par appareillage, par utilisation*

The Prevalence and Characteristics of Phantom Limb Pain and Non-Painful Phantom Phenomena in a Nationwide Survey of 3,374 Unilateral Limb Amputees

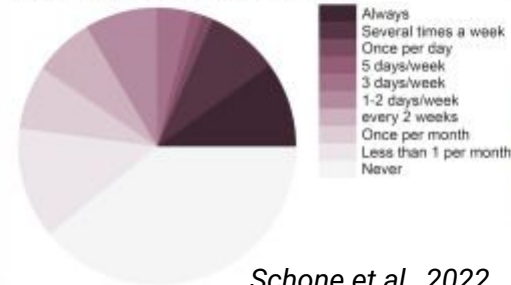


Martin Diers,^{*,†} Bertram Krumm,[‡] Xaver Fuchs,^{*,§} Robin Bekrater-Bodmann,^{*} Christopher Milde,^{*,||} Jörg Trojan,^{*} Jens Foell,^{*,¶} Susanne Becker,^{*,#} Gerhard Rümenapf,^{*,*} and Herta Flor^{*,††}



E Frequency of episodes

Percentage (%) of unilateral upper and lower amputees (n=3,374) reporting frequency of phantom limb pain episodes



F Intensity of episodes

Percentage (%) of unilateral upper and lower amputees (n=3,374) reporting intensity of phantom limb pain episodes

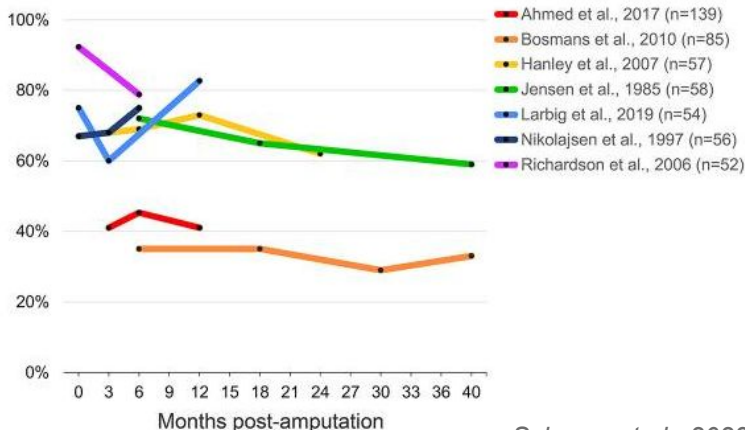


Evolution dans le temps

- Certaines études plutôt en faveur d'une décroissance dans le temps (*Bosmans et al. 2010, Wartan et al. 1997*)
- Autres études plutôt en faveur d'une stabilité dans le temps (prévalence & intensité)

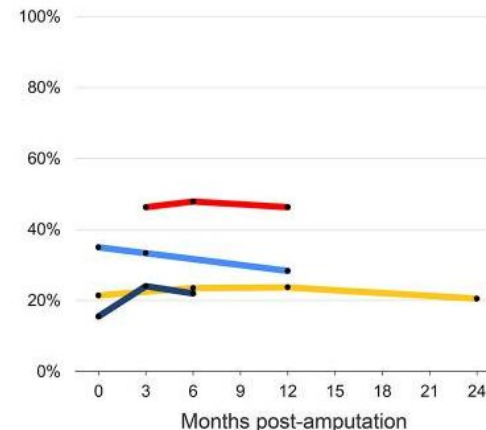
Phantom Limb Pain Prevalence

Average prevalence (% of amputee sample experiencing phantom limb pain)



Phantom Limb Pain Intensity

Average pain intensity score (% of maximum score)



Schone et al., 2022

Facteurs de risque DMF

Most common factors associated with PLP

FACTORS OF INTEREST	NUMBER OF STUDIES REPORTING EACH FACTOR	STRENGTH OF ASSOCIATION	MEASURE OF ASSOCIATION	SAMPLE SIZE	REFERENCES
Residual limb pain	5	Very strong Very strong Strong Strong Moderate	31.2 (8.97-108.50) [†] 11.17 (p<0.01) [‡] 7.03 (1.34-38.82) [‡] 3.90 (p<0.001) [‡] 3.90 (p<0.01) [‡]	139 (ULA/LLA) 141 (ULA) 52 (LLA) 536 (ULA/LLA) 52 (ULA/LLA)	Ahmed et al., 2017 Desmond et al., 2010 Richardson et al., 2007 Dijkstra et al., 2002 Larbig et al., 2019
Pre-amputation pain*	4	Very strong Strong Moderate Moderate	10.40 (p=0.002) [‡] 6.36 (p=0.024) [‡] 4.22 (p<0.01) [§] 2.83 (1.38-5.76) [‡]	391 (ULA/LLA) 44 (ULA/LLA) 52 (ULA/LLA) 139 (ULA/LLA)	Yin et al., 2017 Noguchi et al., 2019 Larbig et al., 2019 Ahmed et al., 2017
Non-painful phantom sensations	3	Very strong Strong Strong	19.50 (p<0.001) [‡] 107.30 (p<0.0001) [§] 4.94 (P<0.05) [§]	536 (ULA/LLA) 526 (ULA/LLA) 22 (ULA/LLA)	Dijkstra et al., 2002 Wartan et al., 1997 Razmus et al., 2017
Proximal amputation*	2	Very strong Moderate	15.65 (p<0.001) [‡] 1.60 (0.038) [‡]	104 (LLA) 536 (ULA/LLA)	Gallagher et al., 2001 Dijkstra et al., 2002
Lower limb amputation*	2	Strong Moderate	2.50 (1.3-4.7) [‡] 5.60 (p<0.001) [‡]	914 (ULA/LLA) 536 (ULA/LLA)	Ephraim et al., 2005 Dijkstra et al., 2002
Diabetic cause of amputation*	2	Strong Moderate	4 (p<0.001) [‡] 2.24 (p=0.032) [‡]	536 (ULA/LLA) 44 (ULA/LLA)	Dijkstra et al., 2002 Nogucji et al., 2019
Post-amputation depression	2	Strong Moderate	3.86 (1.75-8.53) [‡] 2 (1.3-3.1) [‡]	139 (ULA/LLA) 914 (ULA/LLA)	Ahmed et al., 2017 Ephraim et al., 2005
Use of prosthesis	2	Moderate Moderate	2.83 (1.19-4.76) [‡] 4.23 (p<0.05) [§]	139 (ULA/LLA) 57 (LLA)	Ahmed et al., 2017 Hanley et al., 2009

[†] Pearson's univariate correlation test; [§] Chi-squared; [‡] Relative risk; [‡] Odds ratio
 * Classified as a *risk factor*, in that the factor of interest precedes the typical onset of PLP (following the amputation event)
 U/L A=upper-limb amputee; L/L A=lower-limb amputee

Figure 2 Factors positively associated with phantom limb pain (PLP). Most common factors associated with PLP identified in the meta-analysis by Limakatso *et al.*³³ In selecting these factors, we chose to report those that met the following two criteria: reported in at least two studies and have a positive association that was moderate to very strong in strength. Data adapted from Table 3 in Limakatso *et al.*, 2020 with permission.

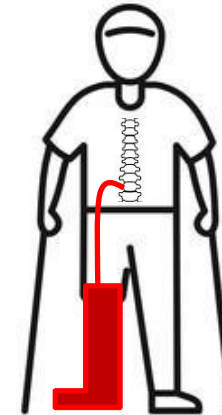
Facteurs de risque DMF

- Société Française Anesthésie Réanimation 2019 *"Mon patient doit être amputé en urgence, que faire?"*:
 - Douleur sévère préopératoire
 - Amputation bilatérale
 - Douleurs de moignons en postopératoire
 - Reprise chirurgicales multiples

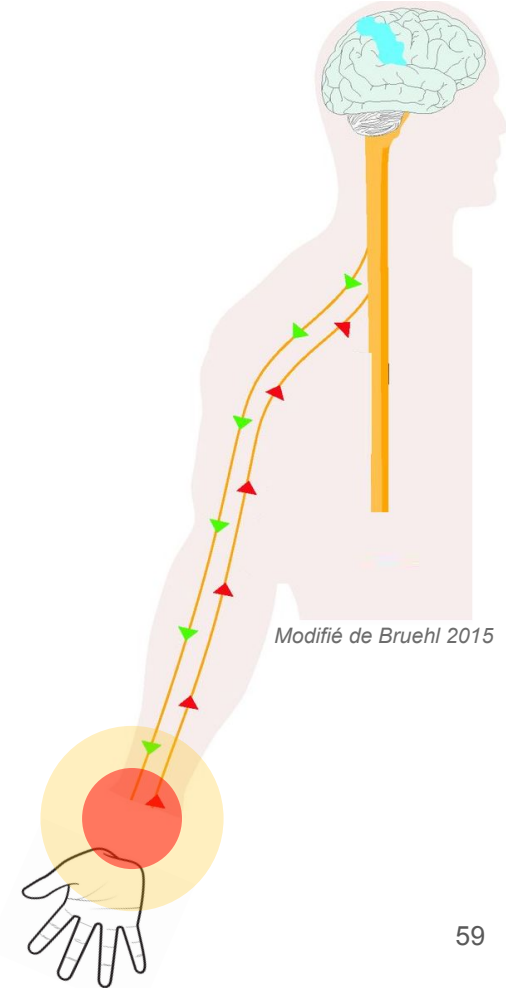


Douleur référée et projetée

- « Vraie » douleur du membre fantôme (ou algohallucinose)
- **Douleur référée :**
 - Liée à pathologie affectant des structures avec les mêmes afférences au niveau de la moelle (ex : infarctus du myocarde et MSG)
- **Douleur projetée :**
 - L'irritation proximale des nerfs destinés au membre amputé (ex : sciatalgie)

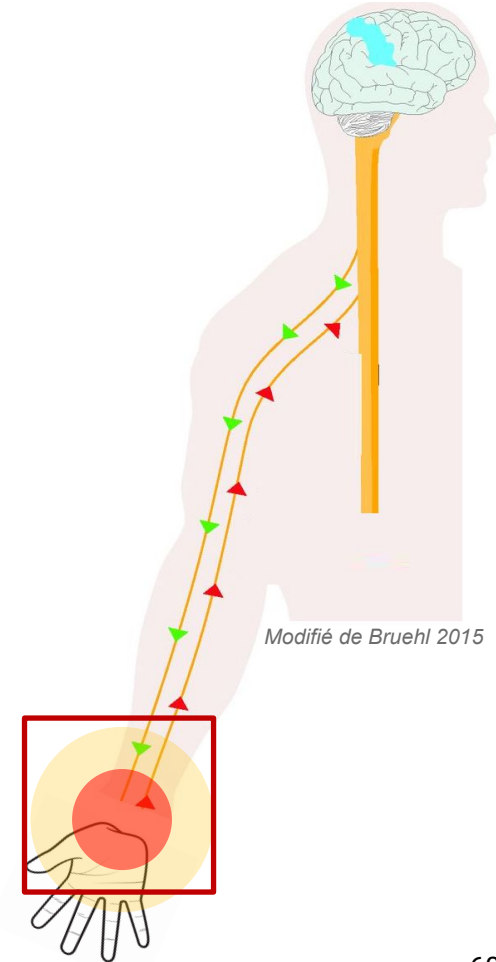


- Débattue +++
- Pas de consensus
- Probablement des mécanismes intriqués
 - Probable variation entre les individus & dans le temps
- Présentation “étage par étage”



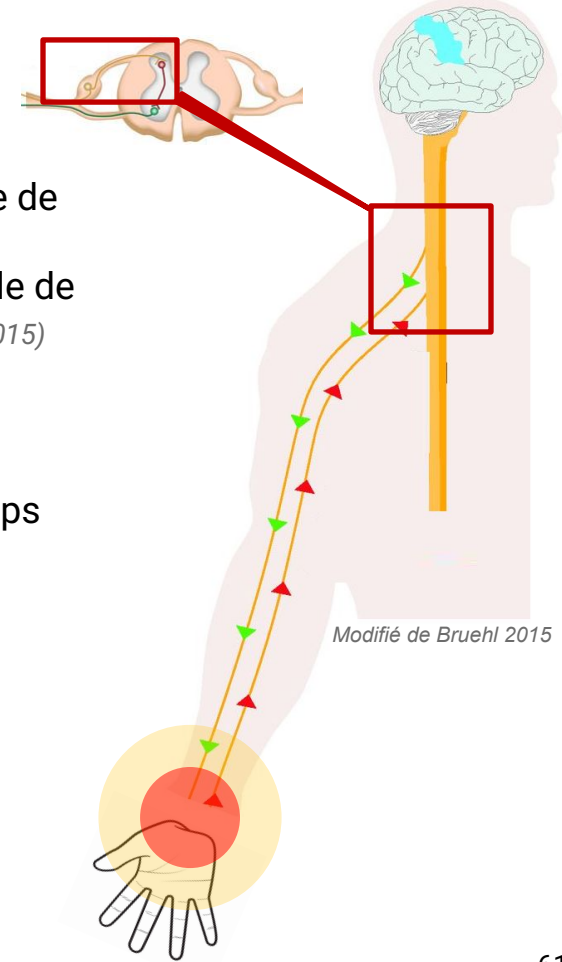
Mécanismes périphériques

- Anciennement hypothèse n°1
- **Peut exister une activité ectopique des fibres nerveuses suite à la section**
 - Transmission d'informations anormales au SNC = plasticité maladaptative
- **Rôle contesté des névromes**
 - Actuellement plutôt contre (**ablation ne supprime pas toujours DMF**)
 - Prévenir leur formation pourrait peut être avoir un impact (technique peropératoire de réinnervation musculaire ciblée, interface régénérative !)



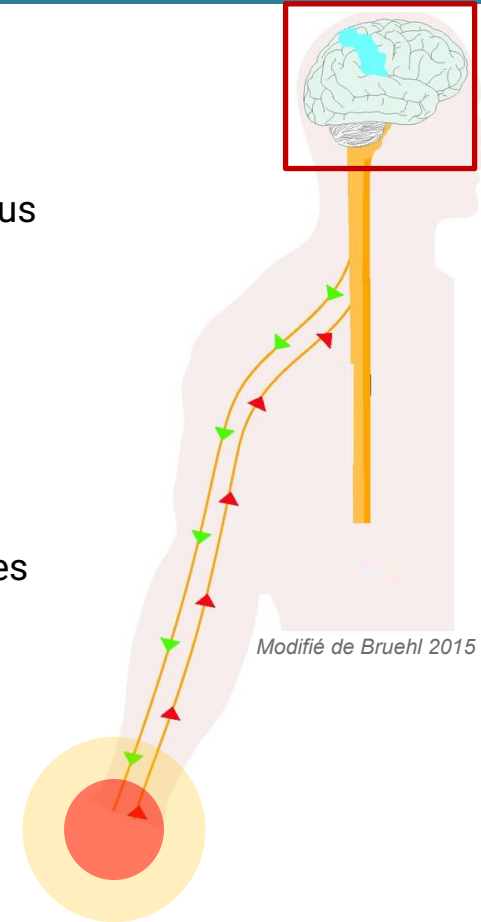
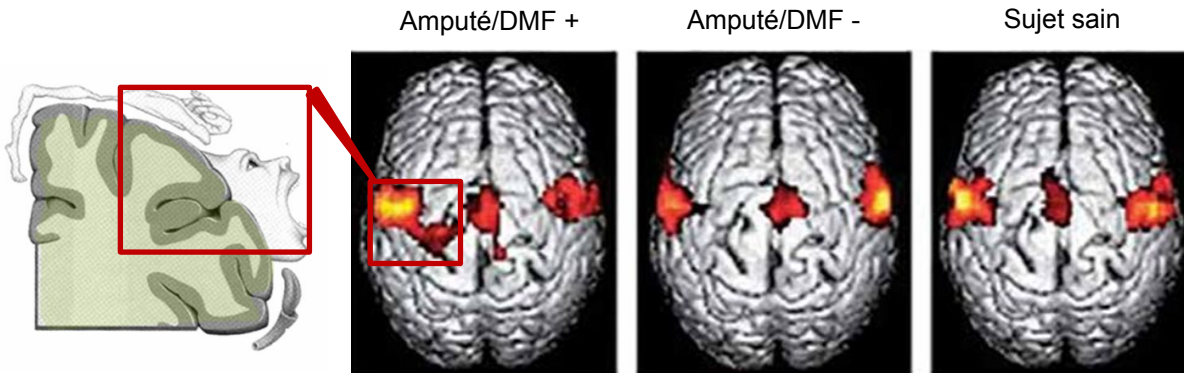
Mécanismes spinaux

- Phénomène de sensibilisation centrale au niveau de la corne dorsale de la moelle
 - **“Long term potentiation”** = augmentation activité corne dorsale de la moelle après stimulation répétée des fibres C (*Nikolajsen et al, 2015*)
 - Peut persister dans le temps
- **Réorganisation fonctionnelle (=plasticité)** avec extension des champs réceptifs (*Finnerup et al, 2012*)



Mécanismes supra-spinaux

- Actuellement mécanismes suspectés comme les plus impliqués (et le plus d'études dessus)
- Plusieurs théories, utilisation **imagerie fonctionnelle +++**
- **Réorganisations corticales**
 - Au niveau cortex somesthésique et moteur
 - Désafférentation de l'aire corticale correspondant au membre amputé aboutirait à un « envahissement » par les structures voisines

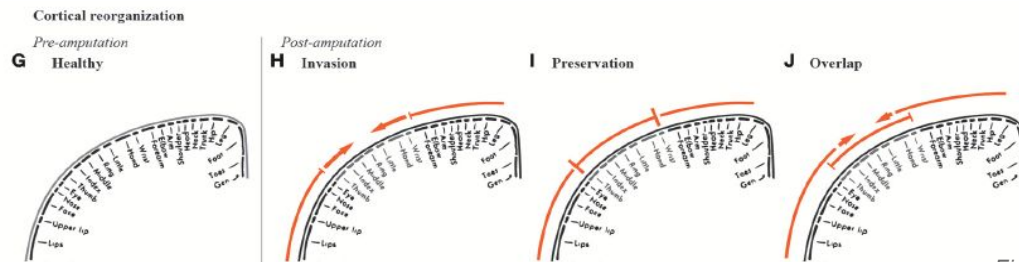




Mécanismes supra-spinaux

● Réorganisation corticale ?

- Makin et al. (2013, 2015), Schone 2023 → sujets amputés & avec DMF ont une représentation corticale préservée de leur membre amputé
- Makin et al. (2013) → corrélation entre diminution connectivité fonctionnelle inter-hémisphérique & DMF
- Raffin et al. (2016) → activation IRMf membre fantôme + structures adjacentes peuvent se superposer !
 - Invasion & préservation peuvent coexister
 - “réorganisation corticale” → changement fonctionnel et pas que structurel



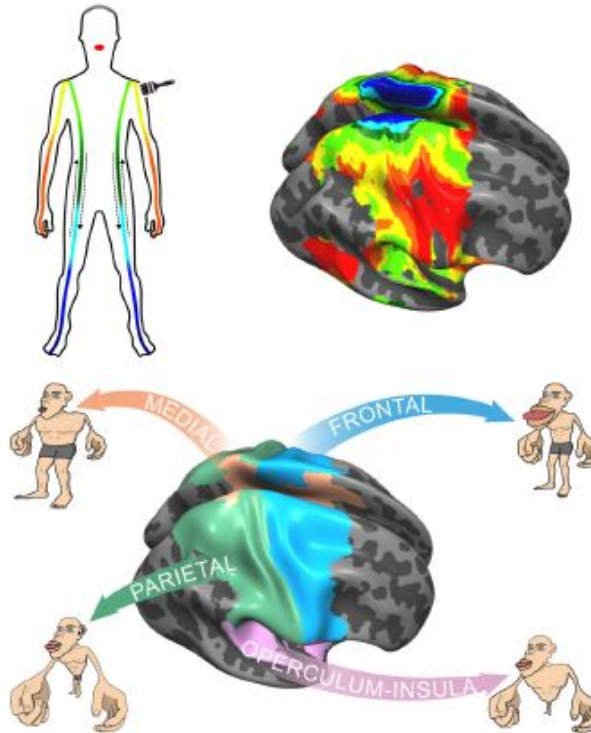
Ejaz, 2018

FIGURE 1 | Hypotheses on the genesis of phantom limb pain. Simplified schematic of motor (“M”) and somatosensory (“SMS”) signals in a healthy able-bodied, and a person post-amputation. The red arrow resulting in pain perception represents the entire pain neurosignature along with nociceptive fibers where relevant (A–F). For instance, in a healthy subject, the red signal represents nociceptive afferents firing when stimulated (“f”), as well the neurosignature that results in pain perception (A). The hypotheses of PLP are illustrated in function of changes in efferent and afferent pathways (A–F), as well as their processing circuitry, such as sensorimotor cortical representations (G–F).



Mécanismes supra-spinaux

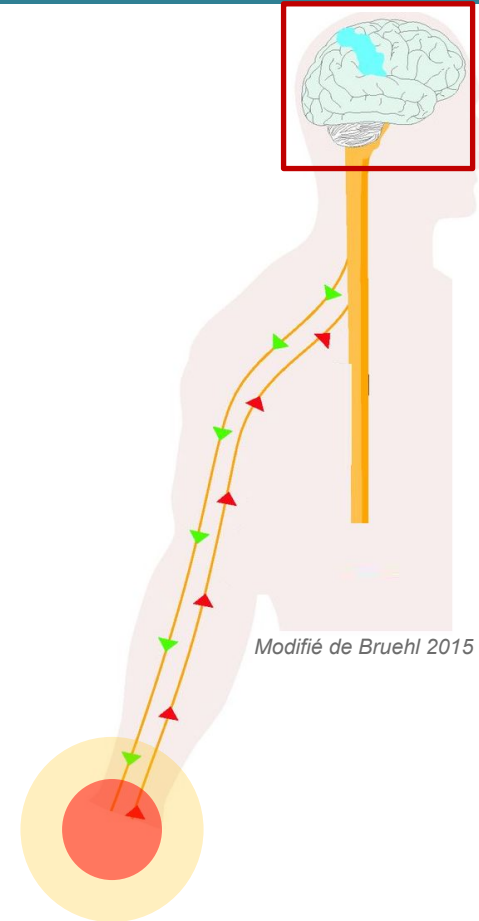
- **Représentation cérébrale**
 - Représentation corticale du corps n'est pas limité au cortex somesthésique ou moteur....



Saadon-Grosman et al., 2020

Mécanismes supra-spinaux

- Théorie de la **neuromatrice de la douleur** de Melzack (1990)
 - Hypothèse changement neuromatrice puisque le membre amputé ne transmet plus de message afférent
 - Pourrait générer douleur de manière anormale
- Modification au niveau **thalamique** avec réorganisation fonctionnelle
Flor et al., 2006

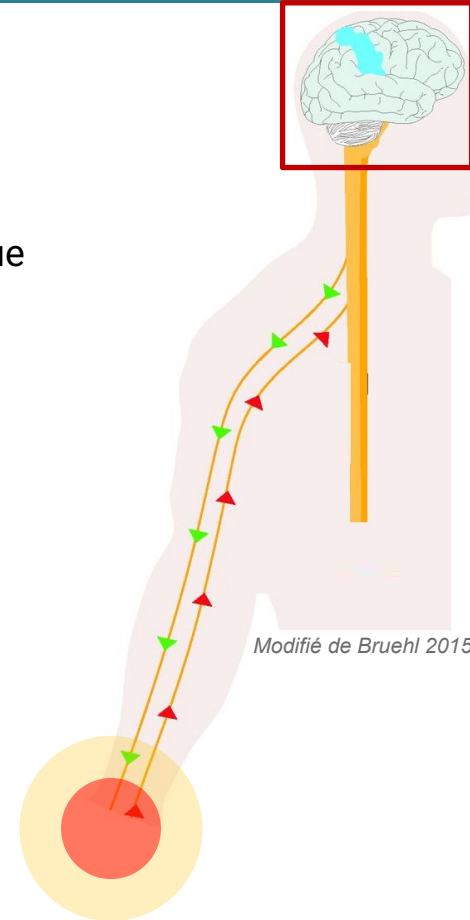


Mécanismes supra-spinaux

- **Incongruence sensori-motrice/ mémoire proprioceptive** *Harris et al., 1999*
 - Absence du membre = absence retour visuel et proprioceptif lorsque patient souhaite bouger le membre amputé
 - Conflit → Serait à l'origine de la douleur
 - base derrière thérapie miroir et rééducation sensitive
- MAIS :
 - DMF peut apparaître immédiatement MAIS aussi plusieurs années après
 - Plutôt contradictoire, devrait apparaître immédiatement

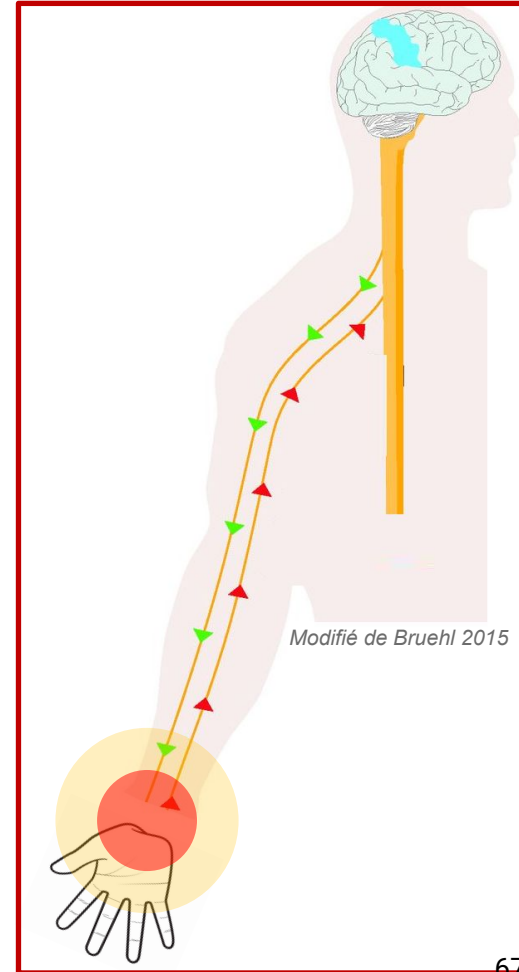
Melzack et al, 1998; Zamany et al. 20116)

Modifié de Bruehl 2015



Que retenir ?

- Différentes hypothèses physiopathologiques, mais pas forcément contradictoire
- Probablement des mécanismes complexes interconnectés !
- Etiologie actuellement majoritaire = plasticité maladaptative



Théorie de l'enchevêtrement stochastique (Ortiz-Catalan, 2018)

- “The stochastic entanglement”
 - = “ensemble désordonné résultant de phénomène aléatoires”
- Propose plasticité inadaptée : due aux changement afférences sensibles (douloureuses et non douloureuses) + modification du contrôle moteur
- A plusieurs niveaux : supra-spinal mais aussi spinal !

Théorie de l'enchevêtrement stochastique (Ortiz-Catalan, 2018)

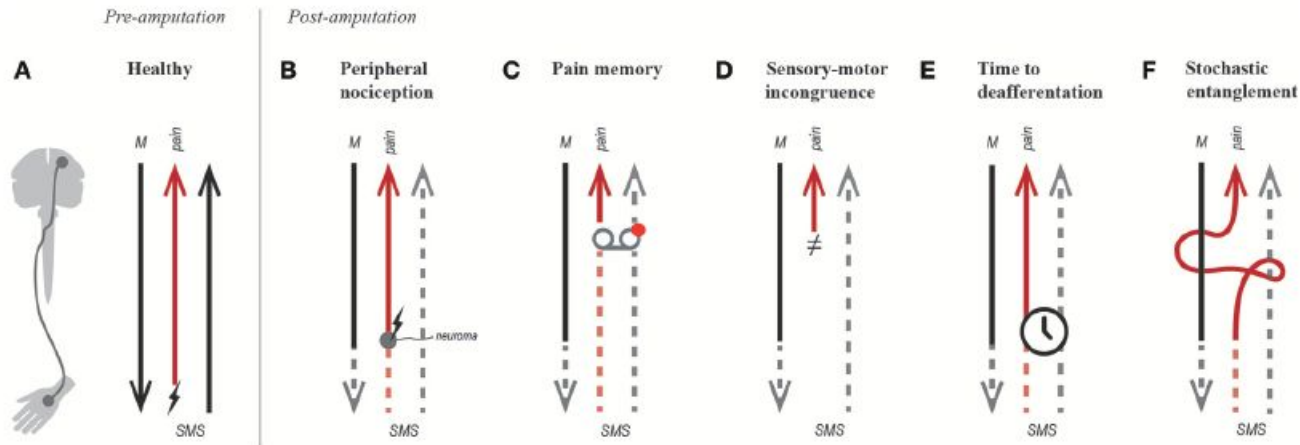


FIGURE 1 | Hypotheses on the genesis of phantom limb pain. Simplified schematic of motor (“M”) and somatosensory (“SMS”) signals in a healthy able-bodied, and a person post-amputation. The red arrow resulting in pain perception represents the entire pain neurosignature along with nociceptive fibers where relevant (A–F). For instance, in a healthy subject, the red signal represents nociceptive afferents firing when stimulated (“f”), as well the neurosignature that results in pain perception (A). The hypotheses of PLP are illustrated in function of changes in efferent and afferent pathways (A–F), as well as their processing circuitry, such as sensorimotor cortical representations (G–F).

Théorie de l'enchevêtrement stochastique (Ortiz-Catalan, 2018)

- “La théorie du chaos est une théorie scientifique rattachée aux mathématiques et à la physique qui étudie le comportement des systèmes dynamiques sensibles aux conditions initiales, un phénomène généralement illustré par l'effet papillon. En d'autres termes, de petites variations dans les conditions initiales d'un système peuvent entraîner des résultats très différents à long terme.”

- Après amputation

- Circuit moteur et sensitif → état de “vulnérabilité”
- Pourrait y avoir des connexions à d'autres réseaux tels que celui de la perception de la douleur.
- ATTENTION :
 - De bases : chaque neurone a des milliers de connexions (estimé en moyenne 7000 synapses/neurone)
 - En général activation préférentielle pour une partie seulement → sélectivité

- Incarnation (“embodiment”) de la perception de la douleur

- Toujours localisation de la douleur → représentation corticale du corps, surtout cortex somesthésique (S1), connecté à nombreux autres réseaux dont moteur & douleur +++
- Déjà connexion pré-existante
 - mais sélectif douleur chez sujet sain
 - Cette sélectivité serait perturbé par le phénomène d'enchevêtrement stochastique



Théorie de l'enchevêtrement stochastique (Ortiz-Catalan, 2018)

- “Chaos” tient compte des patient qui ne développent PAS de DMF
 - Tous les patients amputés → incongruence motrice, pas tous développent des DMF
 - Pas tous patients avec DMF réorganisation corticale
 - Patients avec réorganisation corticale n'ont pas forcément de DMF
- Réponses émotionnelles et cognitives à ces liens jusque là inconcevable pourraient les renforcer



Traitement



Mon patient doit être amputé en urgence : que faire ?

Dr Cyril Quemeneur^{1,2}, Dr Matthieu Langlois^{1,3}

¹Centre Hospitalo-Universitaire Pitié-Salpêtrière, 47-83 Boulevard de l'Hôpital, 75013, Paris, France

²Bridage des Sapeurs-Pompiers de Paris, Centre médical Masséna, 37 Boulevard Masséna, 75013 Paris, France

³Service Médical du RAID, Domaine du Bel Air, Route de Gisy, 91570 Bièvres, France

Auteur correspondant : Dr Cyril Quemeneur

Email : cyril.quemeneur@aphp.fr

- **Anesthésie périnerveuse à privilégier pour amputation distal, AG pour proximal**
 - Cathéter post-op dans tous les cas
 - Éviter anesthésie neuraxiale dans tous les cas
- **Antalgique classique en post-op immédiat**
 - Pas place opioïde long cours
- **Anti-hyperalgésiant :**
 - Kétamine pré, per et post-op
 - Gabapentinoïdes pré et post-op

[Intervention Review]

Pharmacologic interventions for treating phantom limb pain 2016

Maria Jenelyn M Alviar¹, Tom Hale², Monalisa Lim-Dungca³

¹University of Melbourne-Royal Melbourne Hospital, Melbourne, Australia. ²Rehabilitation Medicine, Epworth Hospital, Richmond, Australia. ³Department of Rehabilitation Medicine, University of the Philippines College of Medicine, Manila, Philippines

- La **morphine, la gabapentine et la kétamine** ont démontré une efficacité antalgique **favorable à court terme par rapport à un placebo**.
- La **mémantine et l'amitriptyline** pourraient ne pas être efficace dans les DMF.
- Dans l'ensemble **les preuves de l'efficacité des traitements passés en revue sont jusqu'ici non concluantes**.
- L'efficacité à court et à long terme de la BoNT/A, des opioïdes, des antagonistes des récepteurs NMDA, des antiépileptiques, des antidépresseurs, de la calcitonine et des anesthésiques locaux pour les critères de jugement cliniquement pertinents, notamment la douleur, la fonction, l'humeur, le sommeil, la qualité de vie, la satisfaction vis-à-vis du traitement, et les événements indésirables **reste indéterminée**.

[Intervention Review]

Transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) for phantom pain and stump pain following amputation in adults

Mark I Johnson¹, Matthew R Mulvey², Anne-Marie Bagnall¹

¹Faculty of Health and Social Sciences, Leeds Beckett University, Leeds, UK. ²University of Leeds, Leeds, UK

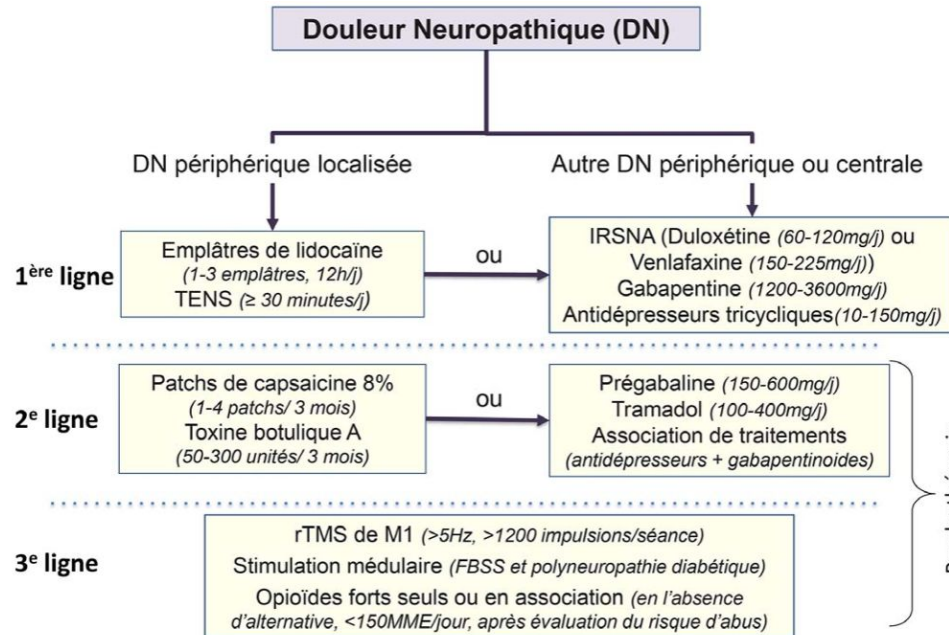
- **Aucune étude contrôlée randomisée (ECR) ne permettait d'évaluer l'efficacité de la TENS** pour la prise en charge de la douleur fantôme et de la douleur du moignon.
- La littérature existante concernant la TENS utilisée pour la douleur fantôme et la douleur du moignon ne présente **pas la rigueur méthodologique et la qualité de notification nécessaires pour évaluer son efficacité** de manière fiable.
- **D'autres preuves issues d'ECR sont nécessaires** avant de pouvoir tirer des conclusions.

Traitements pharmacologiques et non pharmacologiques de la douleur neuropathique : une synthèse des recommandations françaises

Pharmacological and Non-Pharmacological Treatment for Neuropathic Pain: Short Form French Guidelines

X. Moisset · D. Bouhassira · J. Avez Couturier · H. Alchaar · S. Conradi · M.-H. Delmotte · M. Lantéri-Minet
· J.-P. Lefaucheur · G. Mick · V. Piano · G. Pickering · E. Piquet · C. Regis · E. Salvat · N. Attal

© Lavoisier SAS 2020



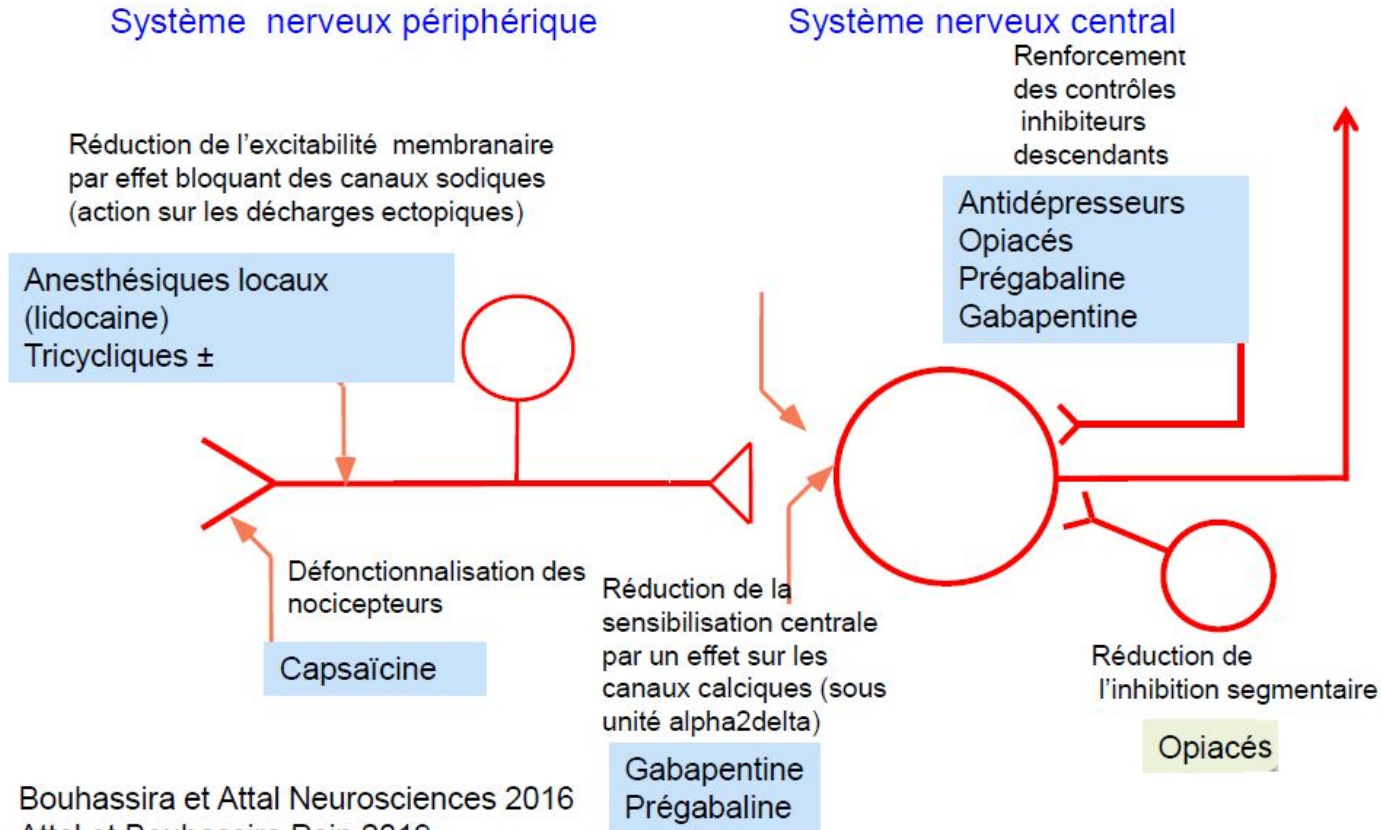
- Pour les douleurs continues ou crises fréquentes +++
- Être **raisonnable !**
- **Essai de traitement:**
 - Essai de chaque molécule ≥ 6 semaines à dose maximale tolérée (sauf intolérance et au moins à dose minimale efficace)
 - Vise réduction douleur ≥ 30% et/ou amélioration fonctionnelle ≥ 30%
 - Maintien du traitement au moins 6 mois en cas d'efficacité puis réduction progressive des posologies si possible
- Ne pas traiter à outrance :
 - Si **inefficace = ARRÊT**
- Toujours garder en tête **effets secondaires** (prise de poids et nécessité adaptation appareillage, troubles cognitifs, somnolence et risque de chute, troubles conduction pour tricycliques, HTA pour IRSNa...)

Tableau II. Synthèse des recommandations fondées sur des preuves pour la prise en charge médicamenteuse des névralgies post-zostériennes.

Molécule	Mécanisme d'action	Principaux événements indésirables	Précautions d'usage et contre-indications	Posologie initiale, maximale et dose efficace	Recommandations pratiques d'utilisation
Antidépresseurs tricycliques					
Amitriptyline Clomipramine Imipramine	Inhibition de recaptures des monoamines, blocage des canaux calciques, effets anticholinergiques	Somnolence, effets anticholinergiques, prise de poids	Pathologie cardiaque, glaucome, adénome de la prostate, convulsions (?) Les dosages > 75mg/j doivent être évités chez les sujets âgés	10mg à 25mg au coucher/ 150mg/jour La dose efficace varie d'un patient à l'autre	Augmenter la posologie de 10 à 25mg tous les 3 à 7 jours jusqu'à l'efficacité et la survenue d'effets indésirables
Inhibiteurs de recapture de la sérotonine et de la noradrénaline					
Duloxétine	Inhibition de recapture de la sérotonine et de la noradrénaline	Nausée, douleur abdominale, constipation	Troubles hépatiques, usage de tramadol, hypertension	30mg 1 fois/j à 60mg 2 fois/j Dose efficace : 60 à 120mg/jour	Débuter à 30mg 1 fois/j et augmenter ensuite de 30mg après une semaine et selon la tolérance jusqu'à 120mg/j
Venlafaxine		Nausée, hypertension à des posologies élevées	Pathologie cardiaque, hypertension, usage de tramadol	37,5mg 1 à 2 fois/j à 225mg/j Dose efficace : 150-225mg/j	Augmenter de 37,5mg à 75mg chaque semaine selon la tolérance
Ligands alpha-2-delta des canaux calciques					
Gabapentine	Agit sur la sous-unité alpha-2-delta des canaux calciques voltage-dépendants, qui diminue la sensibilisation centrale	Sédation, vertiges, œdème périphérique Prise de poids	Réduire dosages en cas d'insuffisance rénale	1 à 300mg 3 fois/j à 1200mg 3 fois/j Dose efficace : 1200-3600mg/j	Augmenter de 100mg à 300mg 3 fois/j tous les 3 à 7 jours en fonction de la tolérance
Prégabaline				25mg à 75mg 1 fois/j à 300mg 2 fois/j Dose efficace : 150-600mg/j	Augmenter de 75mg après 3 à 7 jours puis de 150mg environ
Lidocaïne (topique)					
Lidocaïne 5% patches	Blocage des canaux sodiques	Erythème local, démangeaison, rash	Aucune	1 à 3 patches pour 12 heures pour couvrir la zone douloureuse	Il n'est pas nécessaire d'augmenter la posologie graduellement
Patches de capsaïcine à forte concentration (8%)	TRPV1 agoniste	Douleur, érythème, prurit, Rares cas d'élévation de la pression artérielle (augmentation initiale de la douleur)	Aucune altération globale de l'évaluation sensitive après application répétée, prudence en cas de neuropathie progressive	1-4 patches pour couvrir la zone douloureuse, tous les 3 mois Application durant 30min pour les pieds, 60min pour le reste du corps, éviter le visage Usage hospitalier dans de nombreux pays	Il n'est pas nécessaire d'augmenter la posologie graduellement
Opioides					
Tramadol	Agoniste des récepteurs Mu et inhibition de la recapture de monoamines	Nausée et vomissement, constipation, vertiges, somnolence	Antécédent d'addiction, risque suicidaire, risque de mésusage en cas d'utilisation prolongée	50mg 1 ou 2 fois/j 400mg sous forme de médicament à action prolongée	Augmenter de 50 à 100mg tous les 3 à 7 jours
Morphine Oxycodone	Agoniste des récepteurs Mu (l'oxycodone peut aussi entraîner un antagonisme des récepteurs k)			10mg à 15mg de morphine toutes les 4 heures ou à la demande (doses équianalgésiques à celles des autres opioïdes) jusqu'à 300mg de morphine ont été utilisées dans les douleurs neuropathiques	Après 1 à 2 semaines de transition aux opioïdes à action prolongée, utiliser les médicaments à action rapide en fonction de la demande et selon la tolérance
Toxine botulinique de type A	Inhibiteur de la libération d'acétylcholine et agent bloquant neuromusculaire Effets potentiels sur la transduction mécanique les effets centraux dans les douleurs neuropathiques	Douleur au site d'injection	Hypersensibilité connue, infection de la zone douloureuse	Pas d'effets indésirables systémiques	50-300 unités sous-cutanées adaptées à la zone douloureuse – répétées tous les 3 mois

Attal 2016, Douleurs post-Zotérienne, base des recommandations de NeuP

Mécanismes d'action

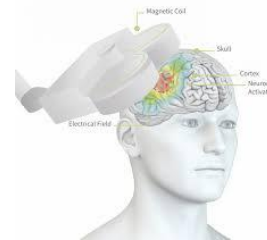


Neuromodulation

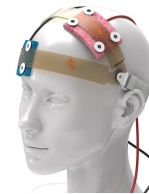
- Stimulation médullaire ou des ganglions des racine dorsales



- Stimulation magnétique transcrânienne (rTMS)



- Stimulation transcrânienne à courant continu (tDCS)



- Stimulation cortex moteur, deep brain stimulation...



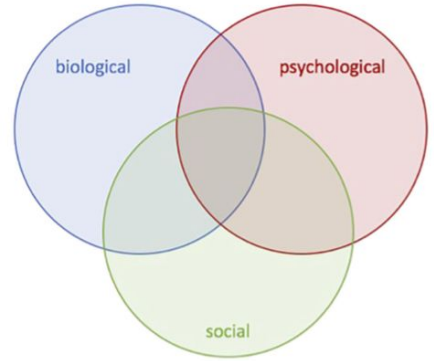
Traitements non médicamenteux

- **Thérapie miroir :**
 - Théorisé dans les années 90
 - Principe : leurrer le cerveau avec un feedback visuel normal pour l'aider à effectuer des mouvements avec le fantôme pour « sortir » d'une position potentiellement douloureuse
 - **Imagerie motrice**
 - Demande au patient d'imaginer effectuer un mouvement
 - Mécanismes suspectés proches de ceux impliqués dans la thérapie miroir
- ➔ Résultats contradictoires dans la littérature mais globalement favorable (et peu effets Ilr) !
- Actuellement essor de la **réalité virtuelle** et combinaison avec thérapie miroir/imagerie motrice



Prise en charge Psychologique

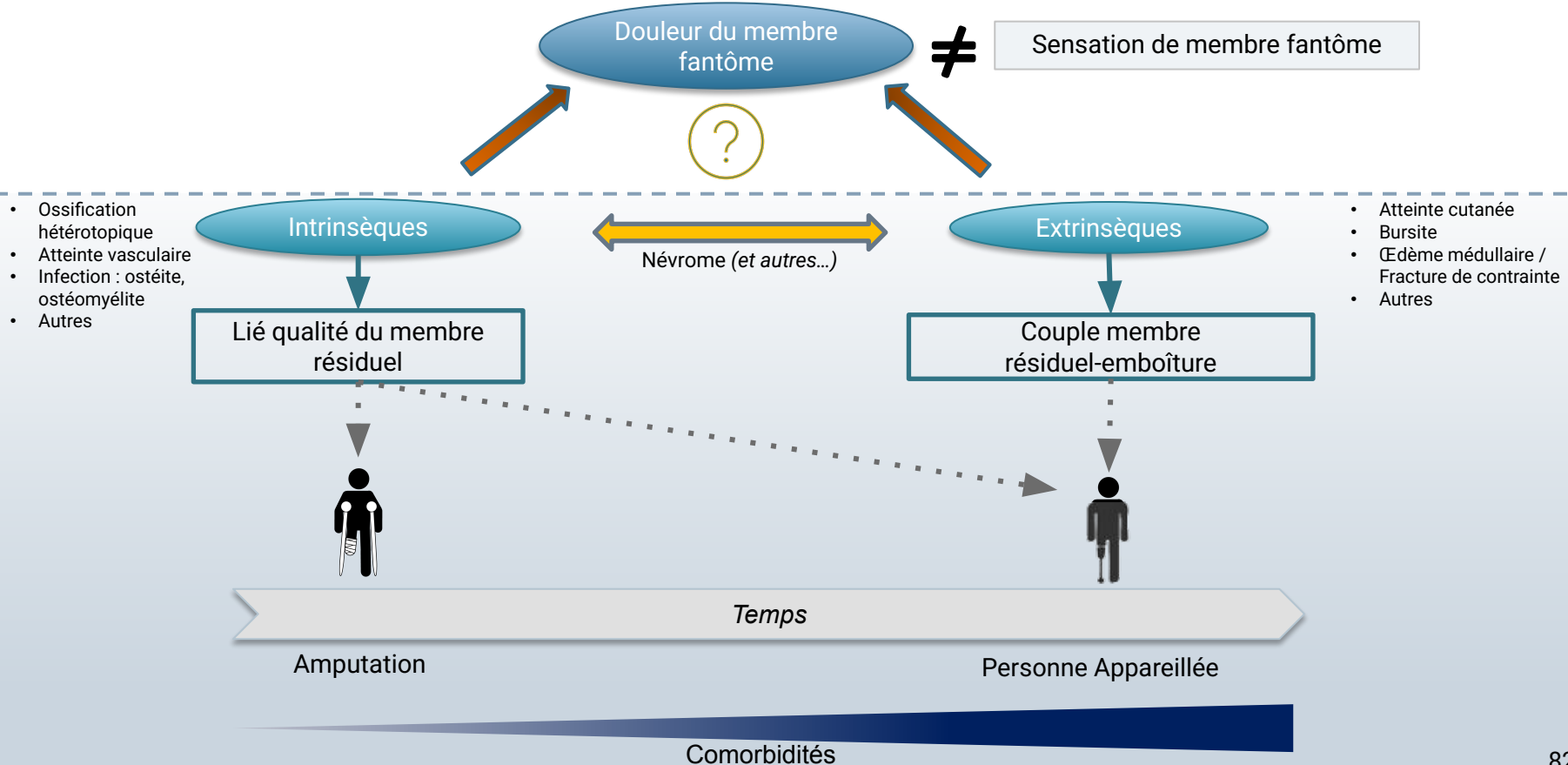
- Douleur chronique □ **Modèle bio-psycho-social !**
- **Anxiété et dépression** contribuent à la douleur chronique
- Toujours penser à rechercher éléments de **stress post traumatique**
- Possibilité essayer **relaxation, hypnose, TCC...**



Douleurs de la personne amputée

Synthèse

Douleur Membre Résiduel





La clinique permet de poser le diagnostic dans la plupart des cas !



Interrogatoire et examen clinique



Une douleur du membre résiduel peut induire/majorer des douleurs de membre fantôme (épine irritative) = intrication des mécanismes



Ne pas confondre sensation de membre fantôme et douleur de membre fantôme



Examens complémentaires si besoin



Traitement



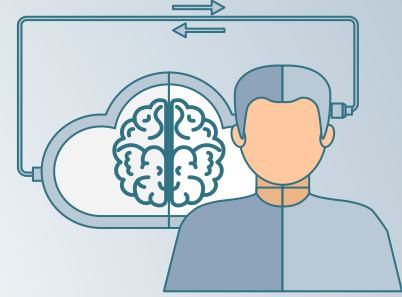
Assez « simple » pour les douleurs du membre résiduel



Plus compliqué pour les douleurs du membre fantôme
Beaucoup d'études en cours



Prise en charge multidisciplinaire +++ (modèle bio-psycho-social)



Merci de votre attention

Remerciements : Dr LOIRET, Pr PAYSANT



**UNIVERSITÉ
DE LORRAINE**



**FACULTÉ DE
MÉDECINE / MAÏEUTIQUE /
MÉTIER DE LA SANTÉ à NANCY**

