

**DIPLOME INTER-UNIVERSTAIRE EUROPEEN DE REEDUCATION ET  
D'APPAREILLAGE EN CHIRURGIE DE LA MAIN**

Promotion 2019-2021

**LA PROTHESE MYOELECTRIQUE A LA REUNION :  
RETOUR D'EXPERIENCE**

**Jury :**

Monsieur le Professeur MOUTET François

Madame le Docteur FORLI Alexandra

Monsieur GERLAC Denis

Madame VETTER Aude

Madame RICHELET Annabelle

Monsieur le Docteur LOISEL François

## REMERCIEMENTS

**A Monsieur le Professeur Moutet, Madame Forli et M Gerlac, ainsi qu'à toute l'équipe de Coordination et d'Enseignement** du D.I.U. pour la qualité de cette formation, qui ont su garder le cap malgré des conditions sanitaires inédites, qu'ils trouvent ici le témoignage de mes plus sincères remerciements.

**A Noëlle**, à qui je dois la « maternité » du sujet de ce mémoire. Qu'elle trouve ici mes plus vifs remerciements pour son obstination à me faire comprendre tout l'intérêt pratique de ce mémoire pour tous ces professionnels avides de découvrir la main prothétique myoélectrique.

**A Jean-Baptiste, Marie, Anaïs et Justine**, les Professionnels du CRF Ste Clotilde engagé dans l'appareillage prothétique, qu'ils soient certains de ma profonde reconnaissance pour leur disponibilité, leur patience et leurs échanges. Ils me permettent ainsi de faire partager leur expérience unique de terrain.

**A Géraldine et Leslie**, les Orthoprothésistes impliqués dans l'appareillage de membre supérieur. A leur sympathie, leur dynamisme et leur pugnacité au service du patient. Qu'ils soient assurés de ma gratitude pour leur cordialité et leur professionnalisme.

**A ma famille** pour m'avoir accompagné et soutenu pendant ces deux années intenses mais forts riches

**Aux étudiants de la Promotion 2019-2021.** Merci pour ces deux années pleines de folies en tout genre.

En espérant que ce retour d'expérience sera utile à ceux qui découvriront la main prothétique myoélectrique ainsi qu'à ceux qui, comme nous, voudront se lancer dans l'aventure de l'appareillage myoélectrique.

En référence à Paul Valery, « ce qui est simple est faux, ce qui ne l'est pas est inutilisable », j'ai tenté de présenter ce mémoire de manière accessible mais intéressant pour tous. Dans tous les cas, n'oublions pas que l'appareillage prothétique reste une expérience humaine que l'on peut tenter d'expliquer mais qui doit surtout se vivre.

## Table des matières

1.	Introduction .....	4
2.	Retour d'Expérience .....	5
2.1.	Avant le premier patient .....	5
2.1.1.	Première Etape : Rencontrer des professionnels aguerris.....	5
2.1.2.	Deuxième Etape : Les autorisations .....	5
2.1.3.	Troisième Etape : Constituer une Equipe .....	5
2.1.4.	Quatrième Etape : Se Former.....	6
2.1.5.	Cinquième Etape : Accueillir les Patients.....	6
2.2.	Les Patients Appareillés.....	7
2.2.1.	La Population .....	7
2.2.2.	Le primo appareillage .....	9
2.2.3.	Séjour en Rééducation.....	9
2.2.4.	Analyse et Discussion .....	11
2.3.	L'Appareillage non compliqué de A à Z .....	18
2.3.1.	Recrutement.....	18
2.3.2.	Première Rencontre.....	18
2.3.4.	Accueil du Patient .....	21
2.3.5.	Bilans Initiaux de Rééducation .....	22
2.3.6.	Découvrir le Matériel de Rééducation [40] .....	37
2.3.7.	Renforcement musculaire du moignon.....	39
2.3.8.	Recherche des Points Moteurs .....	40
2.3.9.	Réalisation de l'Emboîture .....	42
2.3.10.	Essai de l'Effecteur.....	43
2.3.11.	Finalisation du séjour.....	44
2.4.	Les Difficultés Rencontrées .....	45
2.4.1.	L'Amputation .....	45
2.4.2.	Le Matériel pris en charge.....	46
2.4.3.	Point Moteur .....	47
2.4.4.	La Prise Prothétique.....	50
2.4.5.	Emboiture.....	52
2.4.6.	Muscles.....	55
2.4.7.	Déclencheurs .....	57
2.4.8.	Motivation du Patient .....	58
2.4.9.	Motivation du Thérapeute .....	61
2.5.	Conclusion .....	63

3. Annexes.....	64
3.1. Tableaux de Données .....	65
3.1.1. Tableau 1 : Patients.....	65
3.1.2. Tableau 2 : Appareillage.....	66
3.1.3. Tableau 2 : Données fonctionnelles .....	67
4. Bibliographie .....	68

**ABREVIATIONS** : par ordre d'apparition dans le texte

Centre de Rééducation Sainte CLOTILDE : **CRSC**

Hôpital de Jour : **HdJ**

Evacuation sanitaire : **EVASAN**

Evaluation Rapide des Fonctions Cognitives : **ERFC**

Association de Défense et d'Etude des Personnes Amputés : **ADEPA**

Programme de Médicalisation des Systèmes d'Information : **PMSI**

Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand Questionnaire : **DASH**

Questionnaire de St Antoine : **QSA**

Programme d'Imagerie Mentale : **PIM**

Echelle Numérique Verbale : **ENV**

Echelle Visuelle Analogique : **EVA**

Haute Autorité de Santé : **HAS**

Maison Départemental des Personnes Handicapées : **MDPH**

Reconnaissance en Qualité de Travailleur Handicapé : **RQTH**

Gestion du Fond pour l'Insertion Professionnelle des Personnes Handicapées : **AGEFIPH**

Allocation pour Adulte Handicapé : **AAH**

Garantie d'Accident de la Vie : **GAV**

## 1. Introduction

Le Centre de Rééducation Ste Clotilde (CRSC) a ouvert ses portes en 2001. Il est spécialisé en Pathologie de l'Appareil Locomoteur et Neurologie pour les adultes. A cette époque, la prothésisation de membre supérieur était possible à la Réunion, uniquement en esthétique ou mécanique. La prothésisation myoélectrique était dévolue à la Métropole, principalement sur le Centre de Rééducation de Saint Maurice, en Région Parisienne. Le faible nombre de patients amputés et la technicité de l'appareillage avaient naturellement orienté vers cette solution.

Les patients motivés pour être appareillés devaient s'armer de courage pour un périple de 6 mois (EVASAN, appareillage, rééducation), voire plus. Peu sont ceux qui ont tenté l'aventure. Le « réunionnais » n'aime pas s'éloigner de sa famille, ni de son île.

Pour ceux qui ont essayé, la désillusion est grande au retour. Le service de maintenance est long. La moindre batterie à changer n'arrive pas avant des mois. En cas de réparation, la main prothétique entière repart en Métropole pour plusieurs mois (transport, réparation, retour). Les patients se sont lassés. La plupart a abandonné son appareillage au fur et à mesure. L'appareillage myoélectrique alors restait marginal à La Réunion.

Courant 2015, lors d'une discussion informelle avec une orthoprothésiste motivée, l'idée de pouvoir appareiller à La Réunion avec les nouvelles main prothétique myoélectrique a émergé. Les conditions techniques et matérielles s'y prêtaient davantage. Une collègue aguerrie à l'appareillage de membre supérieur allait par ailleurs renforcer son équipe. La première main prothétique polydigitale de la Société Össur était enfin remboursée. Cette dernière, déjà présente sur l'île pour le membre inférieur, ne fut pas difficile à impliquer. Avec l'accord de la Direction du CRSC, nous nous sommes lancés dans cette aventure. 8 patients nous ont fait confiance.

Depuis 2020, l'activité s'est malheureusement arrêtée avec l'arrivée d'un certain virus, des mesures sanitaires inédites et surtout l'absence de nouveau patient motivé.

Ce mémoire retrace notre aventure dans la prothésisation myoélectrique. Une aventure humaine à vivre.

## 2. Retour d'Expérience

L'appareillage prothétique en général et myoélectrique en particulier est un long processus qui touche à de multiples aspects : techniques, personnel, psychologique, entre autres. Avant de l'envisager au CRSC, il était toutefois nécessaire d'étudier la faisabilité en quatre étapes avant de pouvoir accueillir et appareiller le premier patient.

### 2.1. Avant le premier patient

#### 2.1.1. Première Etape : Rencontrer des professionnels aguerris

La toute première étape fut de rencontrer les professionnels du CRF de St Maurice à Valenton, en région parisienne. Les échanges téléphoniques et l'accueil fut très cordiale. Pendant deux jours nous avons pu échanger sur leur pratique, leur difficulté et les solutions trouvées. J'ai pu repartir avec certains protocoles qui ont pu enrichir secondairement notre propre réflexion, de retour à La Réunion.

#### 2.1.2. Deuxième Etape : Les autorisations

Il existe 10 unités de rééducation adulte sur l'île de La Réunion, polyvalentes ou spécialisées. Pour un séjour en Hôpital de Jour (HdJ), les transports professionnels vers un CRF restent limités à la région géographique du domicile. Dans l'idée de pouvoir proposer un appareillage myoélectrique, les patients « hors secteur géographique » devaient pouvoir se déplacer dans le « Nord ».

La première étape fut d'obtenir l'accord de la Sécurité Sociale pour les transports. Un appareillage « moderne » avec une rééducation adaptée sur l'île de La Réunion permettait de limiter les demandes d'évacuation sanitaire (EVASAN). Après quelques discussions, un accord est obtenu avec la Sécurité Sociale pour le financement des transports. Les patients de toute l'île pourront venir au CRSC.

#### 2.1.3. Troisième Etape : Constituer une Equipe

Si j'avais été sensibilisé dans mon cursus aux main prothétiques en général et à l'appareillage myoélectrique en particulier, aucun thérapeute du CRSC (kinésithérapeute,

ergothérapeute, ou professeur d'éducation physique adaptée) n'avait d'expérience dans le maniement de cet outil. Une poignée de professionnels était toutefois intéressée par le projet. Ils se sont portés volontaires pour tenter l'expérience.

#### 2.1.4. Quatrième Etape : Se Former

Une première formation a été réalisée fin 2016, par la Société Össur, pour apprendre les rudiments de l'appareillage myoélectrique aux professionnels volontaires. Une session de formation de 2 jours a été organisée au sein du CRSC. Un patient amputé fut invité pour l'occasion. Appareillé de longue date mais ayant délaissé sa main prothétique myoélectrique hors d'usage depuis une dizaine d'années, il fut à la fois très curieux et investi pour essayer cette nouvelle génération poly-digitale. Il a appris autant que nous. Il est certain que nous n'aurions pas autant progressé sans ce patient hors du commun.

#### 2.1.5. Cinquième Etape : Accueillir les Patients

Les patients amputés de membre supérieur sont rares (cf Population). Tous ne sont pas appareillés, certains préfèrent une « esthétique », d'autres conservent un moignon nu. Avec le concours de la société d'appareillage ortho prothétique, nous avons commencé à accueillir des patients, un à la fois, avec toutes leurs différences et leurs particularités.

Depuis le début 2020, nous n'avons malheureusement pas pu recevoir de nouveaux patients motivés pour un appareillage myoélectrique. Quelques consultations ont bien été faites mais sans suite ou nouveau séjour.

## 2.2. Les Patients Appareillés

### 2.2.1. La Population

Nous avons pu accueillir 8 patients entre 2017 et 2020. Tous les résultats sont colligés dans les tableaux 1, 2 et 3 en annexe, pages 65,66 et 67.

L'âge moyen au moment du séjour était de 59 ans (42-71). La majorité des patients était mariés (2 célibataires) et n'avait pas d'activité professionnelle (2 actifs). Les 2 patients actifs ne sont pas les plus jeunes (50 et 62 ans). Le côté amputé était majoritairement à gauche (5/8) qui n'était pas le côté dominant au moment de l'amputation (droitiers). On notera un amputé bilatéral et trois amputés à droite.

Aucun de nos patients n'était douloureux, éventuellement sous traitement. En fait, un seul prenait une association d'antalgiques de niveau 1 et 2 en raison de douleurs d'épaule bilatérales (sur-utilisation probable). Il était le plus vieil amputé (50 ans d'appareillage, finalement abandonné). Le patient amputé le plus récent (tumeur) ne signalait pas de douleur. Tous les patients avaient une prescription d'antalgique de niveau 1 (PARACETAMOL) si besoin.

La cause d'amputation était majoritairement traumatique, dans le cadre d'un accident du travail (Lamineuse ou broyeuse, 2 patients), d'un accident de bricolage (toupie de bétonnière, 1 patient) ou d'un accident de la voie publique (1 patient). On note un patient victime de blast (feu d'artifice artisanal). Un patient a été victime d'une agression grave (rix) par « sabre » ou machette (membres supérieurs et crâne) avec des lésions cérébrales associées. L'Evaluation Rapide des Fonctions Cognitives (ERFC) était calculé à 27/50 ou 23/42 (hors utilisation des mains) avec une perte de points sur l'écriture, les praxies, la compréhension et le raisonnement, le calcul mental, l'orientation temporo-spatiale. Deux patients ont présenté des tumeurs (sarcome, chondrome) de l'avant-bras, compliquées.

L'âge moyen au moment de l'amputation est de 37 ans (16 -65). Les deux plus jeunes au moment de l'amputation (16 et 18 ans) ont été victimes respectivement d'un accident de la voie publique avec plaie délabrante de la main (1971) et d'un polytraumatisme grave par blast (réalisation d'un feu d'artifice artisanal) avec atteinte d'une main, des membres inférieurs ainsi que de lésions internes.

Tous les patients vivent à leur domicile sauf un (bi-amputation, lésions cérébrales) qui vit en institution depuis une vingtaine d'années, en raison de la dépendance physique. On notera que ce patient singulier présentait essentiellement un apragmatisme important dont il est difficile de savoir s'il était lié à la situation de dépendance ancienne ou aux lésions cérébrales. Il s'est toutefois bien approprié les mains prothétiques. On notera qu'il était appareillé avec une seule main prothétique fonctionnelle (cuillère au bout d'une emboiture), à droite, son côté dominant, depuis 2018. Il utilisait cette main prothétique fonctionnelle pour manger seul.

Le niveau d'amputation est très variable avec deux patients amputés au niveau métacarpien, sans sauvetage du pouce, quatre amputés d'avant-bras plutôt entre les deux tiers distaux et deux amputations humérales. Si on corrèle le niveau à la cause, les deux amputations « mineures » (en aval du poignet) transmétacarpiennes sont traumatiques (blast, bétonnière). Concernant particulièrement les patients victimes de tumeur, le premier est amputé en avant-bras (chondrome du carpe traité chirurgicalement et médicalement avec expansion régionale à 8 ans), le second est amputé en huméral (sarcome de l'avant-bras compliqué).

Le délai moyen entre l'amputation et l'appareillage est variable, de 3 mois à 30 ans, soit une moyenne de 9 ans (113 mois). La médiane (4 premiers patients) est néanmoins à 3 mois (appareillage dans les suites de l'amputation).

Concernant les éléments fonctionnels (cf appareillage de A à Z), les différents bilans ayant évolué, on ne les retrouve dans leur intégralité que pour peu de patients. Concernant le Quick-DASH, on note une amélioration avec le port de la main prothétique avec un gain de 10 à 20 points montrant une amélioration de l'autonomie dans des activités usuelles. Le Box and Block montre des capacités de préhension avec la main prothétique. Le faible nombre de cubes déplacés (10 à 17% par rapport au côté sain) montre le manque de dextérité pour des patients appareillés néanmoins depuis peu. Le GRASP et la KEY GRIP servent surtout à savoir si le patient peut réaliser la prise et s'il peut la verrouiller (GRASP).

Trois patients sont perdus de vue : deux départs en métropole, un en récurrence tumorale

### 2.2.2. Le primo appareillage

Pour les patients déjà appareillée, le primo dispositif est variable : esthétique (4/7 patients) ou mécanique (3/7 patients). Un patient (1/7) n'a pas été appareillé d'emblée. Pour ce patient en particulier (amputation bilatérale, lésions cérébrales), on note le plus grand délai entre l'amputation et l'appareillage classique (28 ans). Une main prothétique fonctionnelle (cuillère montée sur une emboiture) avait été réalisée en 2018.

Seulement deux patients ont eu plusieurs types d'appareillage (Mécanique et esthétique, ou mécanique, fonctionnel et myoélectrique). Le premier, jeune (16 ans, 1971) au moment de l'amputation, a changé de type de main prothétique pour des raisons d'inadaptation et de douleurs, passant d'une mécanique à une esthétique qu'il a finalement abandonné également. Le second, actif, est passé d'une main prothétique mécanique simple à une main prothétique myoélectrique. L'appareillage a été réalisé en métropole, au CRF de Saint Maurice. On notera qu'il s'est confectionné un appareillage « fonctionnel » pour son activité professionnelle (multi-crochet multi-fonction)

Au moment de la première consultation, 4 patients avaient abandonné leur appareillage. 1 patient utilisait une main prothétique fonctionnelle (emboiture avec cuillère ou fourchette). 1 seul n'avait jamais été appareillé (Amputation récente). 2 patients conservaient un appareillage (patients encore actifs). Concernant ces deux derniers patients, l'un était appareillé en esthétique, son seul appareillage. Le second n'utilisait plus qu'un appareillage mécanique. Il avait abandonné son appareillage myoélectrique pour des problèmes techniques récurrents (délais de réparation et livraison de matériel).

### 2.2.3. Séjour en Rééducation

Le premier patient a été accueilli en septembre 2017. Il s'agissait d'un patient très dynamique, actif, ayant déjà été appareillé avec une main prothétique myoélectrique, qu'il avait néanmoins abandonnée depuis une dizaine d'années. Il en avait pourtant gardé les automatismes. Il s'est approprié sa main prothétique polydigitale immédiatement. Il lui a fallu quelques heures supplémentaires pour en comprendre les subtilités. Ce patient singulier n'a pas eu besoin de rester au CRF et ce d'autant qu'il n'avait pas arrêté son activité professionnelle. Il a été revu une fois par semaine pendant les 4 semaines d'essai réglementaire. L'appareillage a été une réussite d'emblée. Un peu trop enthousiaste, utilisant sa main polydigitale pour toutes les activités dont le bricolage, il a été nécessaire

de lui proposer un second dispositif terminal de type GREIFER pour lui permettre de bricoler. De la même manière qu'avec l'I-LIMB™ (cf Anatomie de la Prothèse) il s'est immédiatement approprié cette main-outil.

Les différents patients se sont secondairement succédés entre septembre 2017 et août 2020. Un patient a dû interrompre son premier séjour en mars 2020, en raison du confinement. Un second séjour lui a été proposé 5 mois plus tard. Deux patients sont venus de manière très erratique. Le tout premier patient ainsi qu'un chef d'entreprise actif, amputé en esthétique depuis 8 ans (au moment du séjour). Il a su développer moult compensations avec cette main prothétique. Il ne souhaitait pas s'investir dans un nouvel appareillage finalement plus « lent ».

La durée moyenne de séjour des 6 autres patients est de 4 mois (min = 2 mois, max = 8 mois, médiane = 4 mois).

Le plus long séjour (8 mois en durée cumulée) concerne le patient bi-amputé depuis 30 ans. Si des contractions étaient présentes d'emblée dans les avant-bras, une recorticalisation des aires motrices a été nécessaire pour stabiliser le signal myoélectrique. L'appareillage s'est étalé sur deux séjours en raison de la crise sanitaire de 2020, avec une « pause » de 5 mois, de mars à août 2020. Le second séjour a été plus court (1 mois) par rapport au premier (7 mois). La question s'est posée de n'envisager qu'un seul appareillage, du côté droit, le plus utilisé. Au vu des capacités musculaires bilatérales et de la motivation du patient pendant le séjour, une seconde main prothétique a été envisagée à gauche. Il s'est finalement bien approprié les deux mains prothétiques. Il était capable de les allumer seul une fois mises en place. Il utilisait préférentiellement le côté droit, dominant et utilisait le côté gauche en appoint.

On note un déconditionnement musculaire chez 5/8 patients. Les 3 autres patients sont le plus jeune (40 ans au moment du séjour) et les deux patients actifs. Les séjours sont proportionnellement plus courts pour ces 3 patients (quelques jours épars et 2 mois).

Quatre patients ne présentaient pas d'amyotrophie majeure : les deux amputés trans-métacarpien, le premier patient (actif et très dynamique) et, curieusement, le patient amputé depuis 30 ans, sans appareillage classique.

La main prothétique proposée est majoritairement une I-LIMB™. Deux patients ont pu essayer une MichelAngelo™ mais ont finalement préféré la première pour des raisons de

force de préhension (cf Prothésisation) et service après-vente (15 jours de délai versus 4 à 8 semaines). Pour les deux patients amputés trans-métacarpien, une I-DIGIT™ a été mise en place (la seule prothèse de doigts à l'époque). Pour les deux amputés au niveau trans-huméral, le coude était passif, l'un à verrouillage manuel, l'autre à verrouillage myo-électrique.

L'appareillage a été réussi pour 6 patients pour un total de 8 main prothétiques (un appareillage bilatéral). Un patient, peu enclin à changer d'appareillage, a finalement interrompu son séjour avant la fin. Pour un patient (amputation tumorale), l'appareillage n'a pas pu être mené jusqu'au bout en raison de difficulté récurrente d'emboiture (cf Difficultés rencontrés) et surtout d'une récurrence tumorale.

Il nous a semblé nécessaire d'adapter les objectifs à chaque patient pour permettre la meilleure appropriation de l'outil qui devient un peu plus leur « main » à chaque utilisation.

Parmi les 6 patients appareillés, le premier patient s'est immédiatement approprié son nouveau « jouet » qu'il utilise encore avec une incroyable dextérité en alternance avec ses autres dispositifs terminaux (mécanique, fonctionnelle et Greifer). Un patient (amputé huméral) a pu réutiliser sa main prothétique pour la pêche. Des mises en situation ont été réalisées dans ce sens. Un peintre en bâtiment à la retraite a pu recommencer à peindre plus facilement. Le plus jeune patient a pu découvrir le regard nouveau de ses jeunes enfants sur la main du futur. Les objectifs ambitieux pour le patient bi-amputé ont été pris en relai par les professionnels de l'établissement où il vit. Dans le but d'une transmission de compétence, les thérapeutes ont accompagné le patient sur son lieu de vie pour des mises situation et montrer le maniement de la main prothétique aux équipes de l'établissement.

#### 2.2.4. Analyse et Discussion

Les éléments de la littérature sont relativement pauvres comme le souligne F Lamande dans son étude de 2013 [1]. En France, on retrouve quelques données du Programme de Médicalisation des Systèmes d'Information (PMSI) dans des rapports généraux de 2008, de juillet 2013 [2] puis en 2018 [3], celui-ci étant plus spécifique des SSR. Il n'y a généralement pas de distinction entre les membres supérieur et inférieur. Au niveau international, les données sont erratiques d'une étude à l'autre et varie selon le pays.

**Incidence et prévalence** : S'appuyant sur un rapport de l'H.A.S. de 2007, l'Association de Défense et d'Etude des Personnes Amputés (ADEPA) estime le nombre d'amputés en France entre 100.000 et 150.000 [4]. Elle en déduit par extrapolation le nombre d'amputé de membre supérieur entre 10.000 et 22.500 (10 à 15%), tous niveaux confondus.

Toujours en France, l'étude de 2013 de F Lamande [1] mentionne 400 à 500 (2 à 3%) amputations de membre supérieur sur les 17500 réalisées tous membres confondus. L'incidence serait de 200 amputations majeures annuelles en France ou 0,026% selon G Dautel et G Pomares en 2018 [5].

Selon le rapport retranscrit de la COFEMER (malheureusement inaccessible en ligne) de 2014 [6], le nombre de nouveaux amputés de membre supérieur serait de 1870 patients (5% des 37.400 nouveaux amputés) soit une prévalence de 0,003% de la population (62.324.000 français) et une incidence annuelle de 154,3 patients/an.

Plus localement, l'étude rétrospective (2004-2013) de G Pomares et al [7] dans un centre SOS Main de Nancy, en 2018, sur plus de 50.000 patients, rapporte un taux d'amputation initial de 3%. Parmi ces 2247 patients, 57% ont pu être réimplantés avec succès. Il estime donc à 1291 le nombre d'amputé initial ou secondaire, soit une prévalence moyenne de 143 par an entre 2004 et 2013.

L'incidence des amputés de membre supérieur en France semble donc se situer entre 150 et 200 par an.

Wright et al [8] dans son étude de 1995 sur la population américaine retrouve une prévalence d'amputation de 1/300 habitants (soit 8,79/100.000) dont 23% concernant le membre supérieur, complété par l'étude de Ziegler-Graham [9] qui rapporte près de 62.000 amputés de membre supérieur par an aux USA. La prévalence évolue entre 1996 et 2005 passant de 0,4 à 0,53 millions. Il estime que ce nombre devrait doubler d'ici 2050. La prévalence des amputés congénitaux serait de 15/100.000.

L'étude très détaillée de Kristin Ostlie de 2011 [10] pour la population norvégienne, actualise la prévalence des amputations majeures (hors doigts) à 11,6/100.000.

A ce jour, il n'existe pas d'éléments statistiques sur la population d'amputés de membre supérieur à La Réunion. Depuis l'ouverture d'un Centre SOS Main en 2015, on sait que près de 3 patients sont opérés par jour d'un traumatisme grave n'entraînant pas nécessairement une amputation. Néanmoins, d'autres structures et services opèrent les

patients (orthopédie, vasculaire, ...) aux quatre coins de l'île. La prévalence, l'incidence ou simplement quelques chiffres concernant les amputations de membre supérieur restent pour le moment inaccessibles à La Réunion.

**Hospitalisation et Durée de séjour :** En France, le nombre de journées d'hospitalisation en MCO est de 518.582 [2], soit 1,8% des causes d'hospitalisation, tous membres et toutes régions confondus. On dénombre moins de 60.000 séjours en SSR 2018 [3], tous membres confondus, avec une durée moyenne de séjour de 51,2 jours (soit moins de 2 mois).

La mortalité des amputés de membre supérieur est relativement faible (3,4% [11]) au moment de l'hospitalisation. Elle est essentiellement liée aux co-morbidité (poly-traumatisme thoracique et crânien [11] [12]).

S'il n'est pas possible d'avoir les durées de séjour en MCO pour nos patients (région, ancienneté), on note que la durée moyenne des séjours réalisés au CRF est supérieure (4 mois) à la moyenne nationale, toutes amputations confondus. On peut tenter d'expliquer cette différence par trois points :

- En raison de valeurs trop globales, le nombre des amputés de membre supérieur (10% à 15% des amputés [4].) est dilué dans celui du membre inférieur. Les résultats spécifiques sont donc tronqués.
- Le cahier des charges de l'appareillage du membre supérieur diffère de celui du membre inférieur. Même si elle nécessite un apprentissage, la marche prothétique est plus « intuitive » (en particulier en tibial). Elle ne nécessite pas de réelle « corticalisation » des mouvements.
- L'appareillage myoélectrique nécessite une durée de rééducation également supérieure à celle de l'appareillage mécanique conventionnel (ouverture de la main liée aux mouvements des épaules).

**Age moyen :** il est grandement variable d'une étude à l'autre et compris entre les âges extrêmes suivants : 35 ans (1995, Wright et al [8]) et 65,8 ans (2013, PMSI) [2]. On notera que l'âge moyen des patients dans les pays d'Afrique ou du Moyen-Orient est relativement plus jeune (40,4, [13]). Le patient amputé de membre supérieur est donc globalement jeune.

Pour mémoire, l'âge moyen de notre population est de 59 ans au moment du séjour mais seulement de 37 ans au moment de l'amputation, avec des âges extrêmes allant de 16 ans à 65 ans.

**Genre :** Les hommes sont les plus concernés par les amputations de membre supérieur avec un sexe ratio de 3,1 (77,5%) selon G Pomares et al [7], 82,9% (K. Ostlie [10]) ou 86% (Wright [8]).

On notera que notre population ne compte que des hommes.

**Activité :** Les patients amputés sont principalement actifs quels que soient les pays [10] [11] [13].

Dans notre population, seuls 2 (25%) patients sur 8 sont actifs au moment de leur séjour mais ils étaient 4 (50%) au moment de leur amputation.

**Côté amputé :** Comme le précise G Pomares et al [7], le côté non dominant est le plus souvent amputé, la main dominante tenant l'outil. Kristin Ostlie [10] et IF Tidjani [13] retrouve plutôt un côté droit (vraisemblablement dominant) majoritaire à 53,8% et 55% respectivement. La différence vient probablement du fait d'une sur-représentation des traumatismes de doigts dans l'étude de G Pomares (étude dans un centre SOS main).

On retrouve cette même constatation non dominante dans notre population : 100% d'amputation gauche.

**Niveau d'amputation :** L'étude française de F Lamande [1] montre que près de la moitié (45%) des amputations sont humérales et 35% trans-radial (ou désarticulation de poignet), complété par l'étude norvégienne de K. Ostlie [10] (respectivement 43,1% et 42,2%). Yamamoto retrouve pour sa part une prédominance radiale à 53% [14]. Pour mémoire, les amputations plus hautes (désarticulation scapulo-humérale ou inter-scapulo-thoracique), essentiellement pour cause tumorale [10], ne sont pas exceptionnelles (12% [1]).

Ziegler-Graham et al. [9] estiment, pour leur part, que les amputations majeures (au-dessus de la main, incluant les désarticulations de poignet) ne compte que pour 8% des amputations de membre supérieur soit 92% intéressant la main ou les doigts (sans distinction du niveau : phalange, doigt complet ou trans-métacarpien). Le rapport PMSI de 2008 semble corroborer ces résultats. Les sources ne précisent toutefois pas le niveau ni le pourcentage de patients appareillés (probablement moindre au niveau des doigts).

Cette différence est difficile à expliquer mais peut concerner la définition des populations étudiées (patients appareillés ou seulement traumatique) et les conditions de recrutement (hôpital général, centre SOS main ou Centre de Rééducation). Il est probable que les plaies de doigts amenant à une amputation mineure mais non appareillée soient plus fréquentes que les poly-traumatismes amenant à un appareillage prothétique.

Dans notre population, sélectionnée, le nombre d'amputé trans-radial est majoritaire (50%). Cela est vraisemblablement liée au recrutement (appareillage myoélectrique). Les désarticulations d'épaule ou les amputations trans-humérale très hautes restent effectivement très difficiles à appareiller par manque de points moteurs. Deux patients ont été accueillis au CRF sans pouvoir être appareillés. Tous les deux étaient amputé en huméral haut (accident de moto associé à un plexus brachial) voire trans-glénoïdien (attaque de requin).

**Cause d'amputation :** La cause d'amputation principale reste majoritairement traumatique (entre 72 et 92%) quelles que soient les études. En 2011, Behrend et al. [15] précisent même que 69% des amputations traumatiques concernent le membre supérieur.

Dans leur article de 2018, G Dautel et G Pomares [5] signalent que les amputations en dessous du coude sont plutôt d'origine domestique. Pour sa part, Barmparas en 2010 [12] rapporte une origine plutôt accidentelle (voie publique) pour la moitié (51%) des conducteurs de la voiture de la population étudiée entre 2000 et 2004. Pour les piétons ou les motards, les amputations concernent davantage le membre inférieur ( $p < 0,001$ ).

Le contexte professionnel est variable entre 40% des cas (G Pomares et al [7]) voire majoritaire (93,8%) selon Kobayashi [11] sur une population californienne. Les machines-outils seraient impliquées dans 19,4% des cas [12].

Les causes semblent variées avec le genre : K. Ostlie [10] précise, pour une population norvégienne, que les 3 causes traumatiques principales chez l'homme restent domestiques (41%), sur la voie publique (14,1%) ou accidentelle (12,7%). Chez la femme en revanche, les causes sont différentes : voie publique (41,2%), Accidents de tous types (29,4%) et infectieuses (11,8%).

En marge de l'origine traumatique (toutes conditions confondues), on pourra également citer d'autres causes d'amputation du membre supérieur rapportées dans la littérature

[1], [9] : vasculaire, tumorales, diabétiques, congénitales ou infectieuse. Elles restent néanmoins plus rares.

Dans notre population, on retrouve une cause traumatique analogue (75%) mais le contexte professionnel est moindre (25%). La cause tumorale est certainement sur-représentée (25%) du fait de la faible population.

**Délai d'amputation** : Si la majorité des patients sont amputés le jour du traumatisme (57% selon K. Ostlie [10], 74% selon G Pomares et al [7]), le délai peut varier entre le mois suivant le traumatisme (81%) et plusieurs années (1,5 à 4,5 ans [10]).

Dans notre population, les délais d'amputation n'ont pas pu être calculés (ancienneté des dossiers) mais serait globalement assez rapide et probablement dans le mois au vu des causes traumatiques majoritaires et de l'ancienneté des lésions (pas de centre SOS main à la Réunion avant 2015). On peut toutefois noter que les délais sont plus longs en cas de cause tumorale (6 mois et 8 ans) et lié à l'évolution de la maladie.

**Port de la Main prothétique** : Dans l'étude de K. Ostlie [10], 80% des patients portent encore leur main prothétique ce que retrouve globalement le rapport retranscrit de la COFEMER de 2014 [6] et l'étude de Michiro Yamamoto, [14] avec un quart de patients ayant abandonné leur appareillage (tous membres confondus).

Dans notre population, seuls 2 patients portaient encore leur main prothétique (esthétique ou mécanique).

## **AU TOTAL :**

Les éléments probants concernant les amputés de membre supérieur sont pauvres, souvent parcellaires mais permettent de dresser un semblant de portrait de l'amputé type. Il s'agit plutôt d'un homme, actif, entre 40 et 50 ans. Le côté dominant semble le plus souvent intéressé (amputation majeure). Toutes les études s'accordent sur le fait que l'origine de l'amputation est traumatique dans la majorité des cas (autour de 80%). Chez l'homme, la cause traumatisme est majoritairement domestique ou liée à un accident (voie publique, du travail ou non). Pour la femme, une petite part est infectieuse. Le niveau d'amputation est variable selon les auteurs soit plutôt majeures (au-dessus du poignet) soit au niveau de la main (amputation mineure ne permettant vraisemblablement pas un appareillage). L'amputation est généralement pratiquée rapidement après le traumatisme mais pour une

petite part un délai peut survenir (de 1 à 4 ans) dans le contexte d'amputation post-traumatique secondaire ou tumorale. Une fois appareillé, le patient semble conserver généralement l'usage de sa main prothétique.

Concernant notre population, elle rejoint globalement les éléments décrits hormis pour le port de l'appareillage qui a plus généralement été abandonné.

### 2.3. L'Appareillage non compliqué de A à Z

A des fins didactiques et de facilité de lecture, nous n'abordons ici que les étapes de l'appareillage non compliqué. Le chapitre suivant dédié uniquement aux difficultés rencontrées.

#### 2.3.1. Recrutement

Afin de rechercher les patients amputés, nous nous sommes rapproché des chirurgiens orthopédiques ou vasculaires sans grand succès. Nous avons contacté également les professionnels de l'enfance dans l'idée de pouvoir proposer aux patients amputés congénitaux devenus majeurs un appareillage prothétique. A ce jour nous n'avons pas de retour.

Les patients nous sont donc principalement adressés par la société d'appareillage orthoprothétique avec laquelle nous travaillons. Ce sont souvent des patients déjà appareillés avec une main prothétique esthétique pour lesquels il est proposé un essai de main polydigitale myoélectrique.

#### 2.3.2. Première Rencontre

Le patient est vu la première fois en consultation avec son orthoprothésiste. Généralement, ce dernier a déjà discuté avec le patient de sa motivation à essayer une main prothétique myoélectrique.

La première consultation est pluri-disciplinaire. Sont présents, un kinésithérapeute, un ergothérapeute, un orthoprothésiste, un médecin. Outre la recherche de potentiels points moteurs le regard de chaque professionnel permet d'estimer la motivation, le travail de rééducation à proposer, la durée de séjour envisagée et répondre aux nombreuses questions du patient. Les objectifs du patient sont également recherchés afin de les borner au besoin. A ce stade, la prothétisation est souvent idéalisée. Les objectifs peuvent ne pas être réalistes (retrouver une main comme avant) ou tout simplement non réalisables (« jouer de la musique », « casser des noix dans sa main », « faire de la maçonnerie »).

Avec l'accord du patient, un séjour est proposé. La main prothétique est commandée à la Société Össur. Contrairement à la Métropole, au vu des délais d'acheminement (15 jours),

la main prothétique sera prêtée effectivement pendant 4 voire 5 semaines réelles, à la discrétion de la société.

Une date de séjour est fixée.

### 2.3.3. La douleur

#### 2.3.3.1. Introduction

Dépassant le simple cadre professionnel, la douleur se doit d'être recherchée immédiatement tous les jours, pour toutes les activités. Sa gestion n'est nullement spécifique de l'amputation, elle doit simplement être faite. Mention spéciale dans le cadre des tumeurs dont les douleurs sont parfois singulières et difficiles à traiter. Le concours d'une équipe d'algologie peut être nécessaire. Deux équipes sont disponibles à proximité du CRSC.

Souvenons-nous que le patient amputé est une personne en souffrance à plus d'un titre. En cas d'intervention récente, le traumatisme physique reste prégnant. Le traitement antalgique doit être débuté le plus tôt possible et réajusté régulièrement (en plus ou en moins). N'oublions pas d'arrêter les traitements qui ne sont plus nécessaires.

Nous prévenons régulièrement le patient que le travail de rééducation (athlétisation, port de l'emboiture, ...) peut faire apparaître des douleurs parfois transitoires mais à risque de chronicisation.

#### 2.3.3.2. Nature des douleurs

Le bilan des douleurs du moignon complète l'exploration de la sensibilité. Il distingue les douleurs par excès de nociception des douleurs neuropathiques. Le prescripteur doit être informé tant de l'apparition que de l'évolution des douleurs afin de jouer son rôle. Le médecin introduira l'antalgique le plus adapté au patient (antécédents, allergies) et à la nature des douleurs. Il ajustera secondairement les posologies en fonction de l'efficacité et de la tolérance.

N'oublions pas les douleurs du membre fantômes à distinguer des sensations de membre fantômes. La disparition d'un segment de membre se traduit par un « vide » somatotopique cortical et médullaire. Ce « trou » cortical tend à se réduire avec la

sensation pour le patient que la longueur du bras diminue et, partant, que la main se télescope dans le coude ou l'épaule.

Cette zone corticale « libre » est progressivement envahie par les aires adjacentes ce qui fait le lit des sensations référées. Ces dernières, perturbantes, font ressentir la main ou les doigts en touchant la joue ou l'épaule homolatérale. Ces sensations, toutes insolites qu'elles soient, sont « normales » dans le cadre d'une amputation

Des réarrangements médullaires surviennent néanmoins avec une modification de l'organisation de la corne postérieure de la moelle. Comme au niveau cortical, les aires algiques vont progressivement envahir les zones somesthésiques « libres » créant des interférences de sensation. Le simple contact devient douloureux.

Le traitement de la douleur est indispensable. Un important travail de réarrangement cortical est tout aussi nécessaire avec un Programme d'Imagerie Mentale (PIM).

Les douleurs psychologiques, de nature un peu plus intangible, doivent tout autant être dépistée et traitée. Le concours d'un psychologue est indispensable. Il accompagnera le patient dans le long processus de deuil, en complément du travail réalisé au quotidien par les différents thérapeutes. Par chance, le CRSC est doté de 2 professionnelles formées.

#### 2.3.3.3. Bilans

En guise de bilan, l'Echelle Numérique Verbale (ENV) est certainement la plus utilisée au CRSC. Simple et toujours disponible, dans notre pratique, elle est parfois mieux comprise que l'Echelle Visuelle Analogique (EVA). Le simple fait de questionner le patient sur la présence d'une douleur est déjà pertinent. La notion de quantification est effectivement assez absconse et grandement variable d'une personne à l'autre. Une échelle simple qualitative (présence, amélioration sous traitement, absence) est parfois suffisante.

Il est naturellement nécessaire d'interroger le patient sur les douleurs présentes à l'instant mais également à d'autres moments de la journée (nuit ?) et s'il existe des éléments déclenchant (durée de port de l'emboiture par exemple, intensité des exercices, ...)

Pour aller plus loin, le DN4 [16] identifie spécifiquement les douleurs neuropathiques. Ce bilan est uniquement qualitatif. Le suivi se fait par une ENV ou une EVA.

Davantage utilisé dans les douleurs présentes depuis un certain temps, il peut être intéressant de doubler le bilan de la douleur par un Questionnaire de St Antoine (QSA) [17]. En forme classique ou abrégée, il permet une approche du retentissement psychologique de la douleur en plus de qualifié précisément la douleur.

Une échelle de qualité de vie peut également être pertinente pour « mesurer » le retentissement de la douleur. Au CRSC nous utilisons plutôt le Quick Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand Questionnaire (DASH, cf Kinésithérapeute).

#### 2.3.3.4. Traitement

Le traitement des douleurs neuropathiques diffère de celui des douleurs par excès de nociception. Leur gestion nécessite souvent une co-analgésie. Une association classique simple comprend une association de PARACETAMOL et de TRAMADOL, si possible en libération prolongée. Nous n'hésitons pas à envisager des antalgiques de palier 3 au besoin.

Des traitements spécifiquement neurotropes tels PREGABALINE et GABAPENTINE de long délai d'action (3 à 5 jours) peuvent également être introduits. Pour une action plus rapide et ponctuelle l'AMITRIPTYLINE ou le CLONAZEPAM en goutte (3 à 5 en introduction) peuvent être proposés en sublingual avec un début d'action en quelques minutes. Il faut en revanche prévenir le patient que ces deux produits, assez amers, peuvent entraîner une anesthésie lingual transitoire.

En cas de débordement à juguler les douleurs, quelles que soient leur nature, il est possible de s'attacher l'aide d'un psychologue ou d'une équipe d'algologue. Par chance au CRSC, nous pouvons contacter ces deux types de professionnel.

#### 2.3.4. Accueil du Patient

Le patient est accueilli le premier jour par les différents professionnels qui le suivront pendant son séjour : médecin, kinésithérapeute, ergothérapeute en premier. Pendant le séjour, le patient rencontrera également une diététicienne et une psychologue (cf infra). Le suivi avec ces professionnels est proposé en fonction des besoins et des difficultés identifiées.

Le patient est orienté vers un kinésithérapeute et un ergothérapeute qui assureront l'essentiel de la rééducation tout au long du séjour, en concertation avec l'orthoprothésiste du patient. Un professeur d'éducation physique se joint rapidement à l'équipe.

Le patient est prévenu que le séjour sera entrecoupé de réunions pluri-disciplinaires avec son kinésithérapeute, son ergothérapeute, l'orthoprothésiste et le médecin MPR pour rediscuter des objectifs, des progrès et essayé de trouver des solutions aux difficultés rencontrées.

Les différents bilans sont réalisés. Ils serviront au final pour l'argumentaire lors de la prescription. Abordons profession par profession les différents bilans réalisés.

### 2.3.5. Bilans Initiaux de Rééducation

#### 2.3.5.1. Infirmiers et Aides-soignants

Souvent au premier plan du suivi quotidien, les infirmiers et aides-soignants assurent le recueil des données paracliniques (tension artérielle, température, douleur, ...). Parallèlement au suivi médical, ils recueillent des informations parfois très personnelles (humeur, ressenti au domicile, relation intra-familiale, ...) qui vont aider à l'accompagnement du patient pendant tout son séjour.

Ces professionnels sont souvent les premiers en contact avec les patients à leur arrivée quotidienne. Ces derniers se confient parfois à ces thérapeutes moins « techniques ». Les infirmiers et aides-soignants en font le relai auprès des autres thérapeutes lors des réunions inter-professionnelles hebdomadaires. Ils sont souvent les « oreilles » des doléances.

Les infirmiers et aides-soignants assurent également des gestes techniques. Dans notre population, un seul patient nécessitait des soins de cicatrisation dirigée (amputation humérale récente). Les infirmiers interviennent également en marge des professionnels libéraux pour la surveillance des plaies et s'assurer de la bonne évolution.

Pendant le séjour, ces professionnels assurent la surveillance trophique du moignon. Ils conseillent le patient sur l'entretien cutané (tannage, élasticité, cicatrices) et de l'appareillage, en relai des kinésithérapeutes, ergothérapeutes et orthoprothésistes.

La cause d'amputation est le plus souvent traumatique mais, pendant le séjour, les infirmiers dépistent et surveillent également les facteurs de risques cardio-vasculaires.

#### 2.3.5.2. Médecin

Un bilan médical général et spécialisé est réalisé dès l'entrée du patient. Il intéresse tant le membre amputé que les autres organes. Il permet de dépister des contre-indications à la pratique de certaines activités (intensité de la rééducation, balnéothérapie, ...).

Une attention toute particulière est apportée à la présence de douleur et à leur nature (post-opératoire, neuropathique). Outre le traumatisme psychologique lié à l'amputation, la section des nerfs quel que soit le niveau, peut être responsable de douleur. Un névrome gênant doit être repéré et traité le plus rapidement possible.

Le traitement de la douleur reste une priorité en amont de toute rééducation. Parfaitement inutile, hormis pour alerter, la douleur quelle que soit sa nature va gêner tout le processus de prothésisation. Un dépistage s'impose d'emblée.

Les limitations articulaires identifiées (cf bilan articulaire) doivent être levées le plus rapidement possible. Des imageries doivent être réalisées à la recherche de synostose (fusion entre deux os) ou de fibrose. En cas de gêne, une sanction chirurgicale peut être envisagée en amont de l'appareillage.

La recherche d'ostéophyte est également nécessaire. Ils peuvent être sentis sous la peau et devenir gênant. L'emboiture peut être façonnée pour limiter les appuis sur une zone sensible. En cas de gêne incoercible, un avis chirurgical peut être demandé.

Un suivi médical est réalisé pendant toute la durée du séjour. Les patients peuvent aussi avoir des antécédents cardio-vasculaires, entre-autres, à surveiller.

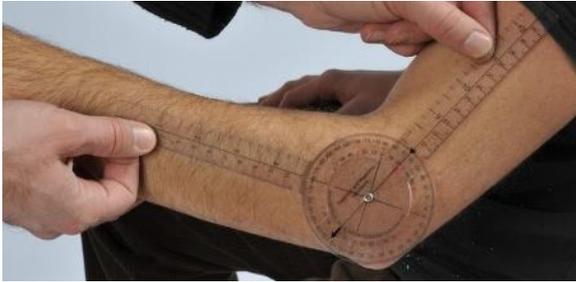
#### 2.3.5.3. Kinésithérapeute

Les kinésithérapeutes réalisent des bilans analytiques normés conventionnels. Il existe peu d'outils spécifiques de l'amputé.

Souvent dépistés lors de la première consultation pluridisciplinaire, les déficiences et les incapacités sont ici quantifiées point par point. Les valeurs sont tant qualitatives que quantitatives.

## **BILAN ARTICULAIRE :**

Il permet de définir les raideurs articulaires qui pourraient limiter l'appareillage ou l'utilisation de la main prothétique. Des goniomètres analogiques ou numériques (inclinomètres) sont utilisés. Les valeurs des amplitudes articulaires sont normées pour chaque segment. [18]



Goniométrie du coude [18]

La main prothétique ne permet que des mouvements de rotation du poignet (hors Greifer, cf Anatomie de la Main prothétique). Les amplitudes sus-jacentes doivent donc être optimales pour compenser cette « raideur » technique. Le bilan articulaire passif prend ici toute son importance.

Une prono-supination enraidie gênera les capacités de prises même avec une rotation de poignet prothétique possible à 360°. Un flessum de coude ou une raideur d'épaule empêcheront l'exploration, les gestes de poursuite et de saisi d'objet. Les raideurs peuvent entraîner des compensations. Elles amèneront des compensations qui feront le lit de pathologies de surcharge.

La part doit être faite entre les raideurs « fixées » avec « arrêt dur », dépassant souvent les capacités de la rééducation, ou potentiellement évolutive à arrêt « mou ».

On notera néanmoins qu'une prothèse radiale gêne l'extension complète du coude en cas d'accrochage sur les reliefs osseux. Un léger flessum résiduel peut être toléré à ce niveau.

## **BILAN MUSCULAIRE [19] :**

Il permet d'identifier les capacités musculaires tant du moignon que des segments sus-jacents. La meilleure main prothétique n'est rien sans un coude et/ou une épaule « efficaces » c'est-à-dire des articulations qui pourront supporter l'utilisation d'une main prothétique (poids, tension musculaire) à la guise du patient (tous les jours, quelle que soit l'activité).

L'appréciation clinique du kinésithérapeute et fonctionnelle (cf Ergothérapeute) est la plus usuelle mais montre rapidement ses limites (variation inter-individuelle, faible sensibilité au changement). De différentes natures (analogiques, électronique, ...) et formes, les dynamomètres sont par ailleurs normés et donnent des valeurs quantifiées. Ils peuvent être utilisés en distalité (main, cf infra) ou en proximal avec n'importe quel segment. [20]



Mesure dynamométrique des extenseurs du poignet [20]

***Au niveau du moignon*** : un bilan permet, dans un premier temps, la recherche de point moteur, Il identifie le ou les muscles « gâchettes » ce qui permet de définir le programme de renforcement adapté qui sera réalisé pendant le séjour avec des exercices spécifiques en autonomie pour le patient.

Le bilan musculaire initial, complété par le bilan cutané, trophique et vasculaire, permet de déterminer les périmétries qui montreront l'évolution du volume du moignon pendant le séjour.

Il dépiste une amyotrophie de sous-utilisation qu'il faudra travailler dans un premier temps (en particulier dans le cas des amputations au-dessus du coude) pour permettre l'appareillage. Un moignon trop « osseux » ne permettra pas un appareillage de qualité. Il expose à des conflits cutanés, des plaies et partant à un possible échec de l'appareillage.

Un de nos patients, amputé trans-huméral court, présentait une amyotrophie telle qu'il a fallu plusieurs mois de renforcement pour permettre un appareillage durable.

***Aux articulations sus-jacentes*** : La main prothétique est souvent ressentie comme lourde. Intégralement montée, avec batteries, elle peut peser plusieurs kilos (prothèse humérale). L'emboiture entraîne souvent des porte-à-faux qui peuvent être importants en particulier dans le cas d'une abduction d'épaule. Si celle-ci ou le coude ne peuvent supporter le poids, si les mouvements ne sont pas fluides, l'appareillage risque d'être sous-utilisé voire abandonné car trop contraignant.

Le bilan musculaire des segments sus-jacents et du tronc permet de définir le programme d'athlétisation et d'endurance qui sera nécessaire pour éviter une pathologie de surcharge.

## **BILAN CUTANE TROPHIQUE ET VASCULAIRE :**

Indispensable avant d'envisager un appareillage, il aide l'ortho-prothésiste dans la conception et la réalisation de la main prothétique. Le bilan trophique s'intéresse tant à la qualité du revêtement qu'aux tissus sous-jacent.

***La peau du moignon*** : Elle sera l'interface directe avec l'emboiture. Cet organe retransmettra donc les différentes informations explicites (somesesthésie) et implicites (vibrations du moteur). Le bilan fait état de l'intégrité ou des zones fragiles (plan dur sus-jacent).

La trophicité globale, l'élasticité tout autant que les zones d'adhérence sont signalées. Une cicatrice d'intervention hypertrophique, dure ou adhérente doit être travaillée. Une zone inflammatoire doit être refroidie avant d'être assouplie.

Le bilan sensitif cartographie les différentes zones « sensibles » qui devront être surveillées. Il aide l'orthoprothésiste dans son travail en vue de réaliser l'emboiture.

***Les tissus sous-cutanés*** : Les zones musculaires, tendineuses et ligamentaires doivent être explorées pour s'assurer de leur intégrité. Si le bilan musculaire recense la capacité contractile du muscle, une palpation minutieuse permet d'identifier les zones de tensions. Elles peuvent laisser suspecter une surcharge d'activité. Elle est fréquente lors des amputations comme dans tout traumatisme. En grande partie liée aux modifications des différents jeux entre les plans de glissements, de la manière d'utiliser le segment ou les articulations sus-jacentes.

***Vasculaire*** : Rarement impliqué directement par l'amputation, un bilan vasculaire initial est souhaitable à l'interrogatoire et cliniquement. Une pathologie vasculaire sous-jacente peut effectivement interférer avec les différentes étapes de l'appareillage. Les pathologies cardiaques ont été évaluées en amont lors de la consultation médicale.

Le moignon récent est généralement le siège d'un œdème qui durera parfois plusieurs semaines ou mois. Un traitement approprié (Massage manuel lymphatique et veineux, pressothérapie, ...) associé à la pose d'un compressif (manchon sur mesure, bande élastique type COHEBAN™) doit être institué le plus tôt possible. En pratique, rarement avant l'arrivée en structure de rééducation. C'est une des premières mesures à mettre en place en primo-appareillage. La forme de l'emboiture en dépend, comme toutes les difficultés liées aux modifications de volume du moignon (cf Difficultés rencontrées).

En cas de traumatisme de la paume, une chirurgie de recouvrement peut sacrifier un axe artériel (lambeau chinois en particulier). Un simple test de Allen peut dépister une pathologie de la main traumatique sous-jacente, larvée mais pénalisante à terme pour un appareillage.

### **SENSIBILITE [21] :**

Un bilan classique de la sensibilité somesthésique et profonde permet d'identifier des limites dans les possibilités d'appareillage. Il est parfois réalisé par un Ergothérapeute. Il est relativement long (30 à 60 minutes) selon les zones à étudiées. Il teste toutes les modalités sensibles : somesthésique, pallesthésique, proprioceptive.

Comme dans toute pathologie neurologique distale, un moignon « aveugle » ou allodynique peut être un frein à l'utilisation de la main prothétique. Un défaut de sensibilité profonde obligera à un contrôle visuel ce qui peut entraîner une fatigue ou une lassitude. Au final cela peut être rédhibitoire pour la durée de port et conduire à un abandon de l'appareillage.

### **BILAN FONCTIONNEL**

**Quick Dash [22]** : Version abrégée du questionnaire *Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand* (DASH) [23], c'est un questionnaire multi-univers validé et un outil d'évaluation fonctionnelle de l'appareillage à travers des gestes usuels anodins (tourner une clef, faire un lit, se laver le dos, ...). Plus le score est bas, meilleure est l'indépendance. Ce bilan n'a été introduit que tardivement dans notre pratique. On note toutefois une différence lorsque le patient utilise sa main prothétique ou non (cf Population).

#### 2.3.5.4. Ergothérapeute

L'ergothérapeute complète et enrichit le travail du kinésithérapeute avec des mises en situation analytique ou écologique. S'il existe au final que peu d'activité spécifiquement bimanuelle, il est important de réintégrer cette nouvelle main, toute prothétique qu'elle est, dans les activités usuelles.

Réalisé des deux côtés pour évaluer la main valide, un bilan avant/après prothésisation permet de montrer ses progrès au patient.

Selon les facilités du patient ou la gêne, des aides techniques peuvent être présentées. Une réappropriation des gestes est parfois nécessaire pour limiter des douleurs liées à une activité ou éviter de faire apparaître une pathologie de surcharge.

Certains bilans analytiques de préhension (Box and Block, Grasp, ...) permettent également de montrer la progression et surtout l'utilisation de la main prothétique. Réaliser en plus des bilans de kinésithérapie, ils précisent les capacités résiduelles en mono ou bimanuel. Après la prothésisation les mêmes bilans permettront d'identifier le gain d'autonomie.

### **DEXTERITE ET FORCE** côté sain (entrée, fin de séjour) et prothétique

**Box and Block Test** [24] : Bilan calibré et validé. Il compte le nombre de cubes (2,5cm de côté) déplacés d'une boîte à l'autre par-dessus une cloison, pendant 60 secondes. Il évalue tant la capacité de saisie des cubes (dextérité) que la rapidité d'exécution (nombre de cubes déplacés). Plus le nombre est élevé, meilleure est la dextérité.



Passation du Box and Block Test [24]

Ce test peut paraître anodin mais il reprend de manière quantifiée et chronométrée toutes les étapes de saisie d'objet stéréotypé :

1. Repérage de l'objet
2. Stratégie d'approche et pré-positionnement de la main
3. Ouverture de la main
4. Saisie
5. Déplacement contrarié (passage d'obstacle)
6. Lâcher

L'intérêt de ce bilan réalisé des deux côtés est avant tout de tester le côté sain pour s'assurer que le patient est bien dans la norme. Une rééducation du côté non amputé pourra être proposée.

Du côté amputé, le bilan n'a d'intérêt qu'avec la main prothétique. Il reprend le tout premier exercice de rééducation, la saisie d'objet qui reste la finalité fonctionnelle de l'appareillage. Il permet également de montrer la progression dans l'appropriation de la main prothétique de manière chiffrée donc comparable.

**Neuf Cheville Test, Nine Hole Peg Test [25] [26] :** Bilan calibré, normé et validé. Il chronomètre le temps nécessaire pour placer les 9 chevilles dans une grille de trou (3\*3). Il évalue la dextérité fine et la coordination des doigts. Plus faible est le temps, meilleur est la dextérité.



Le Test des neuf chevilles [25]

Ce test montre la dextérité digitale fine. Il n'a d'utilité que dans le bilan du côté sain. Il a toutefois été tenté chez certains patients sans grand succès. La main prothétique poly-digitale permet une saisie (difficile) des chevilles mais la mise en place dans son trou reste très problématique.

### **Bilan de Force de Préhension**

Ces deux bilans peuvent être réalisés des deux côtés, sain et prothétique afin de s'assurer que la force de la main native est dans la norme. Côté appareillé, en revanche, il n'a d'utilité que pour tester la capacité au verrouillage maximal (cf infra).

**Grasp [19] [27] [28] :** Bilan analytique de la force musculaire de poigne (préhension à pleine paume). Réalisé avec un dynamomètre hydraulique analogique ou numérique de type JAMAR. Plus la valeur est élevée, meilleure est la force. Le côté dominant est pris en compte (10% de différence).



Dynamomètre Hydraulique de type Jamar [28]

**Pince Pouce-Index, Pinch ou Key Grip Test** [29] [30] : Évalue la force de préhension polici-digitale termino-latérale à l'aide d'un dynamomètre hydraulique analogique ou numérique. Plus la valeur est élevée, meilleure est la force. Le côté dominant est pris en compte.



Dynamomètre Hydraulique pour une mesure de la Key Grip [29]

**Force de verrouillage maximal de la main prothétique** : Certaines main prothétiques ont la possibilité de verrouiller une prise afin d'éviter un lâchage intempestif. L'I-Limb™ en particulier. Le bilan recherche l'acquisition de ce verrouillage par le patient. On notera que la prise peut également être verrouillée définitivement en éteignant la main prothétique. Elle reste alors dans sa position. Cette « astuce » est bien utile lorsque l'objet à déplacer est lourd (risque de contraction parasite) ou que la prise doit être maintenue longtemps. Les muscles gâchettes sont alors au repos et libres de leurs mouvements.

Tous nos patients ont pu acquérir le verrouillage maximal. Certains, moins habiles, ont appris à éteindre la main prothétique au besoin.

## **BILANS FONCTIONNELS**

En plus des bilans analytiques, des mises en situation sont nécessaires pour s'assurer de l'autonomie du patient avec ou sans main prothétique. Ces activités « écologiques » sont également l'occasion de montrer les limites de la main prothétique qui n'est pas un

marteau, ni un casse-noix. Elle n'est pas non plus étanche, même avec le gant esthétique. Un gant long de vaisselle, en parfait état, devra être mise en place avant de plonger la main dans l'eau.

Réalisé initialement, ces bilans mettent en exergues les besoins de rééducation individualisées selon les demandes du patient. Avec la main prothétique, les mêmes bilans permettent de quantifier le gain d'autonomie.

Hormis pour notre patient nouvellement amputé, tous ceux que nous avons accueilli avait développé des compensations en activité monomanuelle et/ou en utilisant leur moignon en appoint. Certains, vivant en couple, étaient souvent aidés par leur conjoint (toilette, habillage). Aucun patient n'avait recours à un infirmier libéral.

Le travail de l'ergothérapeute est de s'assurer de l'optimisation des activités afin de limiter les compensations qui pourraient déclencher une pathologie de surcharge. Différentes aides techniques, malheureusement non prises en charge, sont présentées (pince et brosse à long manche, planche à clou).

Au stade douloureux (un patient présentait des arthropathies des deux épaules), l'ergothérapeute va pouvoir l'orienter pour limiter les compensations, les mouvements et ainsi limiter la progression de la pathologie.

**Bilan des Activités de la Vie Journalière** : Bilan qualitatif ou semi-quantitatif, il permet d'évaluer la capacité à réaliser sa toilette, à s'habiller ou à manger un repas préparé (viande coupée, fruit épluché, récipients ouverts, ...), de manière autonome, partiellement ou totalement aidé.

Si la main prothétique poly-digitale remplace la main au sens anatomique, les prises fonctionnelles qu'elle propose ne sont toutefois pas toujours physiologiques [31] et ne doivent probablement pas être recherchées comme telles. On peut voir des saisies identiques en cas de déficit neurologique périphérique pour compenser l'absence de certains muscles intrinsèques ou extrinsèques.



Prise non « physiologique » d'un couteau [31]

Nos patients étaient tous autonomes (hormis l'amputé récent). Des aides techniques ont toutefois pu être montrées et acquises (patient douloureux ou âgé).

**Bilan des Activités Ménagères :** Bilan qualitatif ou semi-quantitatif permettant d'évaluer la capacité à réaliser les tâches ménagères (course, cuisine et ménage) de manière parfaitement autonome, partiellement ou totalement aidé.

Les célibataires réalisent seuls la cuisine mais la plupart avait recours à des repas préparés. Le ménage était fait assez ponctuellement. Pour les patients vivant en couple, les épouses assuraient l'essentiel des tâches, hormis les courses.

**Autre Bilan d'autonomie :** En marge des activités précédentes, un bilan de la conduite ou des activités de loisir est souhaitable pour orienter au mieux la rééducation et les mises en situation pratiques.

Concernant la conduite automobile, la reprise nécessite l'avis de la Préfecture. Une consultation médicale spécialisée (liste préfectorale) permet d'identifier les difficultés, les contre-indications (épilepsie en particulier) et les aménagements à prévoir. De manière générale, une seule main (obligatoirement valide) doit rester en permanence sur le volant. Pour un amputé de membre supérieur, la reprise nécessite donc quelques aménagements. La main valide étant « bloquée » sur le volant, quel que soit le côté amputé, la boîte de vitesse doit être automatique. Pour permettre les manœuvres à une seule main, une « boule » et les commodos sont ajoutés au volant du côté sain. La boule permet de faire des mouvements de rotation du volant (cf volant de Poids lourds).



Aménagement avec « boule » au volant et commodos au volant

<http://www.k-one.fr/fr/k-nobi/78-k-nobi-pour-mercedes-classe-a-2012-2015-voiture-pour-handicape-par-kempf.html>

Seuls deux de nos patients, actifs au moment du séjour, avaient repris la conduite automobile. Le plus jeune n'ayant pas eu la possibilité de passer son permis, était intéressé. Des informations lui ont été données pour passer son permis de conduire. Le patient amputé récemment en huméral avait pour objectif de reprendre la conduite. Son séjour a malheureusement été interrompu par une récurrence.

Aujourd'hui, plusieurs sociétés proposent des aménagements de véhicule. Des financements peuvent être trouvés (cf : Assistante Sociale) selon les besoins professionnels ou personnels.

#### 2.3.5.5. Professeur Activité Physique Adaptée

Rarement au tout début du séjour, l'activité physique adaptée est néanmoins introduite rapidement. Outre un besoin de renforcement cardio-vasculaire et musculo-squelettique propre à tout patient traumatique, le Professeur d'Education Physique Adaptée participe au renforcement ciblé du moignon. Au travers d'une comparaison des performances plus ou moins stimulante, le travail en groupe permet par ailleurs une émulation et une resocialisation nécessaire à toute personne hospitalisée. L'amputation tout autant que le handicap peuvent effectivement marginaliser. Le regard de l'autre reste difficile (cf Psychologue).

Une sensibilisation à la pratique régulière d'une activité est également réalisée pendant le séjour. On notera que les orthoprothésistes proposaient des « journées » de rencontre avec randonnée pour les amputés et les valides.

#### 2.3.5.6. Diététicienne

Quelle que soit l'étiologie de l'amputation, le patient hospitalisé est à risque de dénutrition. Un bilan et un suivi peut être proposé afin de limiter l'impact diététique sur la rééducation (fatigue, force musculaire, fonctions supérieures ...).

Pour mémoire, la prévalence de la dénutrition est tout à la fois élevée (35 à 65%) et sous-évaluée chez la personne hospitalisée [32]. L'évaluation du poids et de l'IMC sont des indicateurs obligatoires dans les 2 premiers jours du séjour, dans tout dossier médical, au regard de la Haute Autorité de Santé (HAS) [33] [34].

Un suivi est proposé pendant tout le séjour. Les besoins alimentaires sont analysés au vu de l'âge, du poids, de la répartition des masses (maigre, grasse, hydrique, ...) par impédancemétrie. Des conseils sont prodigués. Des compléments peuvent être introduits au besoin. Une surveillance biologique peut être prescrite. Des mises en situation sont également possibles avec ou sans les ergothérapeutes. Une cuisine « plaisir » peut être proposée pour utiliser la main en situation écologique.

#### 2.3.5.7. Assistante Sociale

Le traumatisme physique de l'amputation est associé au risque de désocialisation. La vie personnelle et professionnelle du patient amputé est profondément perturbée. La perte de revenu peut être conséquente surtout en cas de responsabilité totale. Un accompagnement est souhaitable.

La Maison Départemental des Personnes Handicapées (MDPH), ex-COTOREP, est un acteur incontournable. L'identification de tiers responsable (en cas d'accident) et l'interrogation des mutuelles font partie des pistes à suivre pour aider la personne handicapée dans le long cheminement de resocialisation sous tous ses aspects.

On notera que toutes les demandes (aide financière, réinsertion, aide humaine, ...) peuvent être réalisées sur le même dossier MDPH. Cela est d'autant plus souhaitable que la gestion est longue (plusieurs mois) dès qu'un financement est envisagé. Pour raccourcir les délais de réponse, nous travaillons avec la MDPH de La Réunion depuis plus de 15 ans. Les dossiers réalisés au CRSC ont été adaptés pour correspondre aux critères de la MDPH. L'analyse étant simplifiée, les délais de réponse sont généralement raccourcis (sauf demande de financement).

**Projet professionnel :** Les amputés de membre supérieur sont souvent actifs (cf : Population). Un projet professionnel doit parfois être envisagé, entre maintien dans l'entreprise au même poste, avec un poste adapté ou une reconversion. Si besoin, un dossier est instruit auprès de la MDPH. Une demande de Reconnaissance en Qualité de Travailleur Handicapé (RQTH) est faite. Toujours temporaire (1 à 5 ans), elle permet un accès privilégié à des formations ou à des postes qualifiés. Pour favoriser l'insertion des personnes en situation de handicap, les entreprises de plus de 20 salariés doivent payer une « amende » forfaitaire [35] si elles ne comptent d'employés handicapés (3 à 5% selon l'ancienneté de l'entreprise). Pour l'entreprise, la réinsertion ou l'accueil d'un salarié RQTH limite donc le montant de l'amende.

Selon les situations et après notification d'une RQTH, le patient peut être secondairement orienté vers les Réseaux de reprise professionnelle COMETE [36] et réinsertion professionnelle CAP EMPLOI/SAMETH [37], plus rarement vers les services POLE EMPLOI [38]

**Demande de Matériel :** En cas de besoin de matériel sur le plan personnel ou professionnel, une demande de Prestation Compensatoire du Handicap (PCH) peut être réalisée parallèlement auprès de la MDPH. Uniquement sur le plan professionnel, un dossier de financement (toujours partiel) peut également être instruit auprès de l'Agence de Gestion du Fond pour l'Insertion Professionnelle des Personnes Handicapées (AGEFIPH). En cas de tiers responsable identifié et solvable, l'assurance automobile adverse assure une partie des aides financières qui doivent être justifiées. Si le tiers n'est pas solvable, le Fond de Garantie peut être sollicité (accident de la voie publique en particulier).

**Revenus :** Pour les patients ne pouvant pas reprendre une activité professionnelle, des dossiers d'aide financière peuvent être constitués auprès de la MDPH. Une demande d'Allocation pour Adulte Handicapé (AAH) peut être formulée.

#### 2.3.5.8. Psychologue

Une amputation, quelle que soit son étiologie (traumatique, vasculaire, tumorale) est un traumatisme tout autant physique que psychologique. La vie personnelle, souvent familiale, est grandement mise à mal. Un accompagnement nous paraît nécessaire sur le processus de deuil qui comprend 5 à 7 stades plus ou moins successifs selon les auteurs.

Selon les derniers travaux d'Elisabeth Kübler-Ross, ce sont : le Dénier ou le refus d'y croire, la colère, le Marchandage, la Dépression puis l'Acceptation. Traversées les unes après les autres, avec plus ou moins d'aisance, les différentes étapes amènent à un certain apaisement [39].

Notre psychologue rencontre systématiquement toute personne amputée. Un accueil de la famille et des enfants en particulier peut également être proposé pour aborder le « vécu » personnel de l'amputation du proche. Les regards extérieurs sont également une étape importante du deuil, ravivé par la réalité de la main prothétique. Souvent considéré comme intrusif, le regard de l'autre est souvent un miroir où se reflètent toutes les interrogations du patient. Le suivi ultérieur est laissé à la discrétion du patient.

Un lien avec les autres professionnels est réalisé en réunion hebdomadaire. Les informations pertinentes pour les professionnels plus « physiques » sont échangées, que ce soit sur le statut de l'humeur, des problématiques intercurrentes ou l'évolution,

Concernant notre patient le plus jeune (42 ans) mais pas le plus récent, le regard de ses jeunes enfants avait été particulièrement décisif dans l'aventure de l'appareillage. La main « bionique » de leur père avec toutes ses possibilités était un objet de joie et non de crainte.

Concernant les amputés de membre inférieur à La Réunion, nous avons remarqué que le vécu de l'amputation étant plus compliqué pour les patients traumatiques et tumoraux bien davantage que pour les patients vasculaires et diabétiques. Un certain fatalisme semble habiter ces derniers peut-être en raison d'une « meilleure » préparation du traumatisme tout au long des années de l'évolution de leur maladie. L'âge, sensiblement moindre, peut également être un élément de réponse. Au vu de notre très faible population ne comprenant pas de patient vasculaire, il est difficile de statuer pour les amputés de membre supérieur.

Dans tous les cas et au besoin, un suivi avec des professionnels libéraux peut être organisé après la fin du séjour afin de poursuivre l'accompagnement.

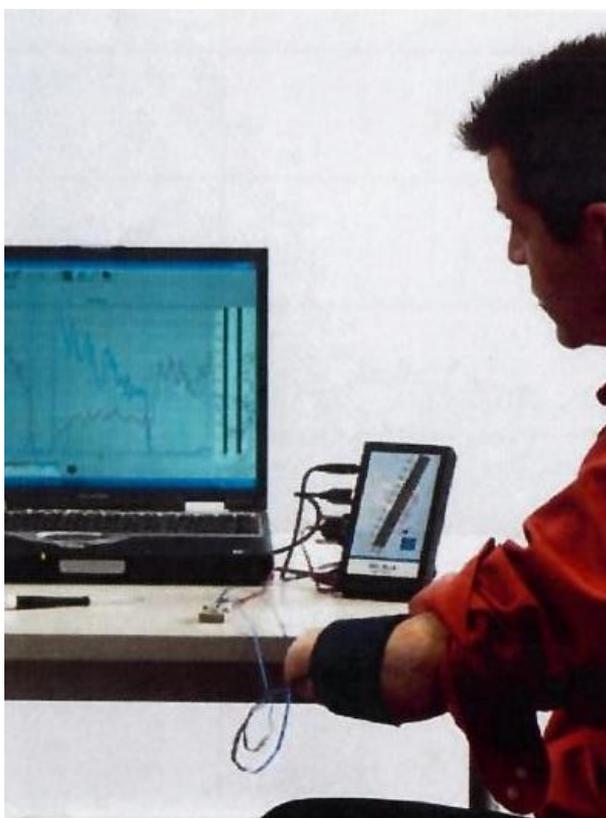
## 2.3.6. Découvrir le Matériel de Rééducation [40]

### 2.3.6.1. L' I-POD™, I-PAD™

Les mains prothétiques I-Limb™ sont livrées de série avec un I-POD™. Les logiciels BioSim-I™ et l'application My I-Limb™ ne fonctionnent effectivement qu'avec le support IOS développé par la Société APPLE (Uniformité et stabilité pratique du système d'exploitation). Si le patient possède lui-même un I-Pod™ ou un I-Phone™ il peut télécharger les applications sur son propre matériel.

La rééducation est donc réalisée sur un I-PAD™ lors de l'apprentissage. Une part de la rééducation est dévolue à la maîtrise de l'application sur I-POD™, en toute fin de séjour.

Pour mémoire, le dispositif I-POD™ est calibré pour la métropole. Une manœuvre de localisation pour la Réunion doit être réalisée. Elle n'est pas aisée et nécessite parfois l'intervention des services en ligne de la société Össur.



Entraînement sur le logiciel BioSim-I™ [40]

### 2.3.6.2. BIOSIM-I™ [41]

*BioSim-i™* est le logiciel de gestion de la main I-Limb™. Téléchargeable sur tous les supports (ordinateur et tablette Apple), il permet le réglage de nombreux paramètres de la main prothétique mais également de réaliser des exercices de contraction. Un écran de

« feed-back » permet un rétro-contrôle de l'intensité et de la durée de contraction du muscle cible. Une simulation avec une main virtuelle permet de « visualiser » un peu mieux l'effet de la contraction.

Bien conçue, le logiciel inclus des « jeux » pour rendre l'apprentissage plus ludique. Un entraînement quotidien est souhaitable pour favoriser l'acquisition des contrôles.

Le logiciel est couplé à l'application nomade *My I-Limb™*, que le patient peut utiliser sur son téléphone ou le I-Pod™ livré avec la main polydigitale (cf supra).

### 2.3.6.3. My I-Limb™

L'application nomade liée à BioSim™ est My I-Limb™ ou Mon I-Limb™. Elle est téléchargeable sur l'APPSTORE™ pour tous les dispositifs nomades APPLE, I-POD™, I-PHONE™ et maintenant I-WATCH™.

Elle permet de retrouver l'essentiel des paramétrages de la main prothétique avec surtout la possibilité d'alterner les différentes prises pré-enregistrées de la main. De ce fait, il se substitue aux « Déclencheurs », ces algorithmes de changement rapide de position mais qui sont parfois difficiles à maîtriser (cf Difficultés rencontrées).



Une page (choix d'une position préprogrammée de la main) de

l'application My I-Limb™ [41]

### 2.3.7. Renforcement musculaire du moignon

En tout début de séjour, il est fréquent que le moignon présente une amyotrophie secondaire à une période d'immobilisation (post-opératoire) ou de sous-utilisation (abandon de l'appareillage).

Le moignon est tout à la fois la partie de contrôle (points moteurs) et de mouvement. Comme pour le membre inférieur, une globulisation (co-contraction des muscles) permettra de plaquer la peau contre l'emboiture et ainsi améliorer l'interface homme-prothèse. Renforcés, les muscles auront une meilleure réactivité et une bonne endurance.

La toute première étape est donc de réaliser un renforcement musculaire du moignon et des articulations sus-jacentes pour optimiser :

- La globulisation du moignon
- L'identification des points moteurs : renforcés, les muscles transmettent un meilleur signal (cf infra)
- L'utilisation de la main prothétique : avec une athlétisation des muscles sus-jacents (épaule en particulier), le contrôle du poids dans la main prothétique sera meilleur, surtout dans les mouvements amples. Ils permettront ainsi une utilisation plus fonctionnelle.

Le renforcement musculaire chez l'amputé n'est pas spécifique à sa condition. Pour permettre une bonne globulisation, le travail isométrique est le plus adapté. Il n'est pas toujours simple à réaliser car le couple agoniste-antagoniste peut être déséquilibré. La rééducation ciblée permet de corriger cette différence.

Les contractions concentriques et excentriques doivent également être travaillées pour permettre les mouvements du segment. Un travail tonique favorisera les stratégies de saisie. Un travail phasique permettra de gagner en endurance.

Le renforcement musculaire utilise des poids, l'emboiture lestée, ou des élastiques. Différents exercices sont montrés au patient pour qu'il puisse les réaliser en autonomie, le plus souvent possible, tous les jours. Un programme de réentraînement lui est donné par les Professeurs d'Education Physique Adapté et les Kinésithérapeutes. Les progrès sont suivis et consignés.

### 2.3.8. Recherche des Points Moteurs

**Définition :** Les mouvements de la main prothétique sont déclenchés par le signal électrique liée à la contraction musculaire enregistrée par les capteurs. Le signal myoélectrique le plus puissant est appelé « point moteur ». Dès qu'un muscle se contracte, un signal électrique peut être enregistré mais, en pratique, ce dernier n'est pas nécessairement corrélé à la force de contraction ni au volume musculaire. Les capteurs sont néanmoins idéalement placés sur les corps musculaires, ni trop proximaux, ni trop distaux afin de s'éloigner des jonctions musculo-tendineuses ou des zones d'insertion électriquement silencieuses. Lors de la première consultation, la présence d'une contraction dans le moignon, même légère, est généralement un bon présage.

Le point moteur sert d'interrupteur pour la main prothétique. Chacun sera attribué à une fonction, selon les besoins de la personne et sa dextérité. En pratique l'un sert à fermer, l'autre à ouvrir la main. Un long apprentissage est nécessaire pour dissocier les contractions musculaires. La charge cognitive est souvent pénible car il faut associer le mouvement d'un objet étranger à la contraction musculaire adéquate.

**Options :** On notera qu'un seul point moteur est suffisant pour utiliser une main prothétique myoélectrique mais les possibilités de variation de mouvement sont alors grandement limitées. En pratique, il est toujours bon de rechercher et d'identifier deux voire trois points distincts comme autant d'interrupteurs. Seuls les deux plus puissants seront conservés.

**Déclencheur :** Un bon contrôle des contractions permet d'accéder aux « déclencheurs ». Il s'agit de 4 schémas de contractions séquentielles permettent d'activer une fonction ou une position particulière de la main : contraction longue, double et triple contractions, co-contraction. Si le premier Déclencheur est assez facile, les seuils de déclenchements des suivant et en particulier du dernier est plus difficile.

Un apprentissage spécifique, relativement long, est nécessaire. Tous les patients n'arrivent pas nécessairement à les maîtriser.

**Alternative :** Afin de se dédouaner de l'utilisation des Déclencheurs (cf infra) ou pour les conserver pour des fonctions plus « nobles » (prono-supination, positions de main prédéfinie, ...), il est toujours possible d'utiliser un « interrupteur » mécanique classique. Cette possibilité est souvent utile pour verrouiller le coude chez l'amputé huméral. Une

sonnette externe des deux épaules permet d'activer un câble au niveau du coude. Ce système peut également servir comme interrupteur électro-mécanique. Le mouvement des épaules servant alors à activer une fonction électrique.

Ce système n'a pas été utilisé pour nos patients.

**Limites :** C'est au niveau de la paume de la main, que les points moteurs sont les plus difficiles à distinguer, pour des raisons anatomiques. Ils sont généralement recherchés à distance l'un de l'autre, l'un dans l'éminence thénar et l'autre à l'opposé de la main. Les capteurs sont coulés dans le gantelet (cf Anatomie de la Main prothétique) qui recouvre la main.

L'identification des points moteurs reste difficile car elle présente une variation tant spatiale que temporelle. Elle ne correspond pas toujours à des zones anatomiques ou fonctionnelles évidentes, prédéterminées, précises ou anatomique. Elles sont variables d'une personne à l'autre. Il faut souvent plusieurs essais pour déterminer le meilleur site. La démarche peut être frustrante en particulier au moment du chaussage qui peut perturber les sites identifiés. Il est difficile de faire la part entre les translations du point moteur par rapport au capteur ou la perte de contact du capteur avec la peau par décollement (cf Difficulté des Points moteurs).

Les points moteurs/activateurs permettent la manipulation de la main prothétique en activant sélectivement les fonctions. Idéalement il pourrait y avoir un activateur par fonction (ouverture, fermeture, rotation, verrouillage, action sur le coude, ...) ce qui est pour le moment difficile. L'utilisation de la main prothétique est donc encore séquentielle : il est nécessaire de changer de mode pour activer une fonction. Par exemple : Ouverture de la main puis rotation du poignet puis Saisie.

**L'avenir du point moteur :** Moins il y a de points moteurs, plus l'utilisation est séquentielle. Inversement, la multiplication des points moteurs permet des mouvements combinés : flexion du coude, position du poignet, ouverture de la main.

Une neurotisation sélective par les nerfs encore actifs en plusieurs zones du corps musculaire permet de multiplier les points moteurs au sein d'un même muscle cible. L'intervention permet de « créer » au moins six points moteurs différents [42] [43] [44] [45]. Un long apprentissage de stimulation sélective est nécessaire. La réalisation du mouvement est toutefois plus facile car les différents « branchements » tentent de

conserver un semblant de physiologie (Médian pour la fermeture, Radial pour l'ouverture, ...). Encore à l'étape expérimentale, cette technique développée par plusieurs équipes est maintenant réalisée en France. Elle ouvre la voie à des main prothétiques plus performantes et des mouvements plus fluides et intuitifs.

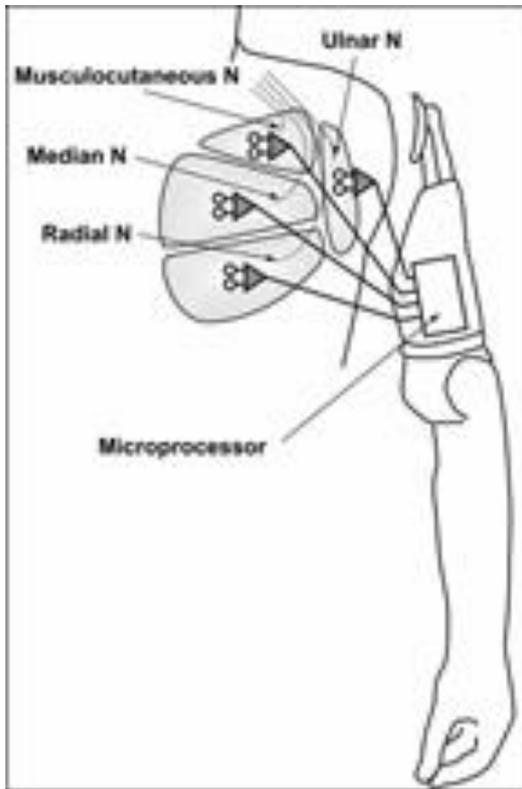


Schéma de neurotisation du muscle pectoral pour le contrôle

d'une prothèse de membre supérieur [43]

**Au total :** Une fois clairement définis, la contraction musculaire doit être renforcée pour chaque point moteur afin d'obtenir un signal optimal. Un long travail est nécessaire avec le logiciel BioSym™. Des exercices sont donnés au patient pour qu'il s'entraîne chez lui sur l'application My I-Limb™ (cf BioSim™, My I-Limb™).

### 2.3.9. Réalisation de l'Emboîture

L'emboîture est réalisée une fois que le moignon présente un volume stable (une contention est nécessaire au plus tôt après l'intervention) et que les points moteurs sont clairement définis. Ces étapes peuvent prendre plusieurs semaines. Le type d'emboîture est fonction du niveau d'amputation, de la morphologie du moignon, de la trophicité cutanée (cf : Anatomie de la Prothèse). Plusieurs emboîtures d'essai sont parfois nécessaires avant de trouver la meilleure forme en fonction du confort, de l'accroche et de la tolérance.

Afin de permettre l'adaptation du revêtement cutané, l'emboiture va être portée par le patient par phases successives. Elle sera nue dans un premier temps puis lestée, de quelques minutes au premier essayage à plusieurs heures, au final. La progression dépend de la tolérance cutanée, de la fatigue musculaire, du poids supporté.

Contrairement à l'appareillage prothétique de membre inférieur, il n'y a pas de prothèse « provisoire ». Les différents essais amènent inévitablement à l'emboiture « définitive » sur laquelle sera montée la main prothétique.

On notera que l'emboiture peut être personnalisés sur le plan cosmétique, indépendamment du gant esthétique qui recouvre la main.

### 2.3.10. Essai de l'Effecteur

Pour finaliser l'appareillage, la société Össur prête une main prothétique pendant une durée contractuelle de 4 semaines. Ce délai permet de réaliser tous les essais. Le patient se fait une idée de l'utilisation de la « main ». Les thérapeutes s'assurent que le patient a bien intégré les éléments théoriques et peut les transposer.

Une fois que l'emboiture est finalisée, la main prothétique d'essai est montée avec la batterie, l'interrupteur, les câbles. La prothèse s'alourdit mais l'aventure devient enfin concrète pour le patient. Il commence à utiliser réellement l'effecteur. D'abord en séance puis au domicile ce qui permet de réajuster les exercices, les besoins et les réglages en situation écologique. La réalité de la prothétisation apporte son lot de petits bonheurs et de désillusions (cf : Difficulté liée à la motivation du Patient).

Tous les bilans d'ergothérapie réalisés en amont prennent ici tout leur sens. Le long travail de préparation est mis en pratique. La poursuite des exercices analytiques mais surtout les mises en situation pratiques vont aider à ce que la main prothétique s'intègre au schéma corporel.

Le patient doit apprendre à doser sa « force ». Il ne peut utiliser la main prothétique pour manipuler un gobelet en plastique comme le manche d'une casserole. Appuyer sur un tube de dentifrice pour appliquer la pâte sur la brosse ne se fait pas comme transporter un œuf ou un plateau.

Les essais sont également orientés en fonction des activités usuelles au domicile et les loisirs (pêche, bricolage). Le parcours de prothésisation se termine avec les premières mises en situation au domicile. Le patient doit se confronter à sa réalité de terrain et aux regards extérieurs. Ceux de ses proches et des autres !

#### 2.3.11. Finalisation du séjour

Après les 4 semaines d'essai contractuelle, une conclusion doit être donnée. Si les essais ont été concluants, le patient choisit d'acquérir la main prothétique ou non. (dans notre cohorte un refus et un abandon). Dans le cas du choix de la prothésisation, une prescription sur ordonnance Grand Appareillage est réalisée. Un rapport argumentaire est généralement joint pour montrer l'adaptation du patient au matériel prothétique. Si elle n'est pas nécessaire pour un autre, la main d'essai peut être laissée au patient, le temps que la « main » définitive ne soit livrée. A La Réunion le délai de livraison est généralement de 3 à 4 semaines en raison des mesures de dédouanement parfois compliquée pour du matériel de ce type ou pour des batteries au lithium.

Si possible, le patient repart avec la main prothétique d'essai au domicile. Il lui est rappelé que la main prothétique est fragile et craint l'eau, même avec son gant esthétique. Il est revu en consultation ou en cours séjour, pour la livraison de la main définitive. Le patient reste en lien avec son orthoprothésiste en cas de difficulté technique (changement de gant esthétique, réparation, ...).

Une consultation de contrôle est souvent nécessaire à l'atelier d'appareillage prothétique. Comme tout matériel électronique délicat, il faut vérifier que les composants n'ont pas bougé, que les câbles sont en place, et réaliser les derniers réglages. Un suivi prothétique est réalisé de la même manière au besoin (problème technique, bris de matériel, ...).

En rééducation, le patient peut être revu également, en consultation simple mais plus souvent en séjour en cas de perte d'autonomie, douleur, ...

## 2.4. Les Difficultés Rencontrées

L'appareillage prothétique myoélectrique n'est pas une aventure de tout repos. Il y a souvent plus de difficultés que de succès. Nous avons essayé de colliger ici les principaux freins à l'appareillage et les propositions de solution que nous pouvons tenter d'apporter.

### 2.4.1. L'Amputation

La première difficulté rencontrée est certainement celle de l'amputation qui reste un traumatisme touchant à de multiples facettes : physique, intellectuelle, cérébrale, culturelle, culturelle, identitaire, sociale. Se rajoute parfois la cause de l'amputation. Un sentiment d'injustice peut naître chez le patient en cas de tiers responsable ou de tumeur. Une défiance du système de santé doit parfois être surmontée en particulier dans le contexte carcinologique.

Par ailleurs, les thérapeutes ne sont souvent pas formés à l'accompagnement psychologique ni à la gestion de leur propre ressenti. Le transfert (capacité à rentrer en communication), le contre-transfert (capacité à obtenir une réponse) et les projections individuelles de cette relation multipartite n'est pas simple, même si chacun se veut bienveillant. Les souffrances sont souvent multiples et polymorphes. Il n'est pas toujours aisé de les repérées tant chez le patient que chez le professionnel.

La maladie grave ayant conduit à l'amputation peut se compliquer. De manière générale, le décès d'un patient que l'on a accompagné est difficile et la souffrance du thérapeute ne doit pas être ignorée ou sous-estimée.

#### **Proposition de Solution :**

- Le Travail en équipe est nécessaire afin d'éviter un isolement d'un des professionnels
- En cas de difficulté et selon sa nature, il est parfois souhaitable de changer de professionnel et de l'accompagner. Aucun thérapeute ne devrait souffrir de la rééducation engagée.
- Un accompagnement psychologique est souhaitable. Pour le patient certainement. Pour les professionnels probablement. Un psychologue du

travail intervient sur demande au CRF Ste CLOTILDE, en groupe ou en individuel.

#### 2.4.2. Le Matériel pris en charge

Si on note une réelle avancée dans l'appareillage prothétique ces dernières années, le nombre de pièces techniques prises en charge dans le cadre commun est relativement limité. Selon la société d'Appareillage, les mains se déclinent en plusieurs versions. Récemment, la Société Össur a amélioré la main « d'entrée de gamme ». Ce sont bien des Main Quantum<sup>TM</sup> qui sont livrées et non plus des Ultra<sup>TM</sup>.

Par ailleurs, un poignet (hors MICHELANGELO) ou un coude motorisés restent chers. N'étant pas pris en charge, la tarification est la discrétion de l'orthoprothésiste qui réalise le montage. Avec un coût de plusieurs milliers d'euros (une centaine pour un coude motorisé), le plus souvent un financement propre n'est pas possible.

Pour se donner une idée sur le prix du matériel pris en charge [46] :

- Le « Pack » I-Limb Ultra (main et tous ses composants) coûte 26.469 euros.
- Le gant esthétique (Pack de 4) : 255 euros.
- Une emboiture radiale nue : 3.810 euros

Cette limitation peut être frustrante tant pour la personne que pour les professionnels, surtout devant un patient dynamique, motivé et réellement investi dans l'utilisation de sa main prothétique.

Dans le cadre d'accident du travail, d'accident avec tiers responsable, de Garantie d'Accident de la Vie (GAV) ou en financement propre, les options sont à contrario multiples. L'accès aux main prothétiques de dernière génération avec toutes leurs options est possible.

#### **Proposition de Solution :**

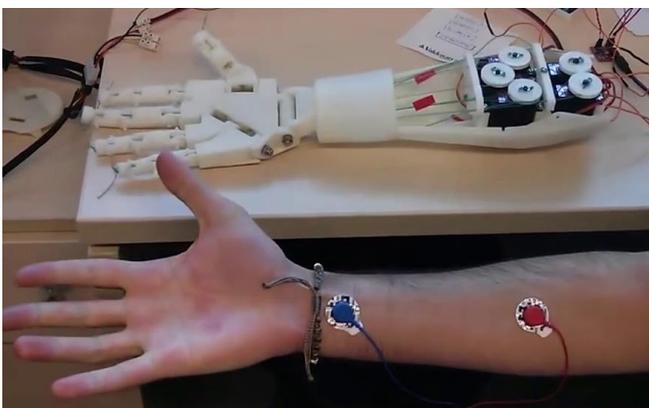
- **Demande de financement exceptionnel :** Elle est réalisée auprès de la Sécurité Sociale ou de la MDPH toujours accompagnée d'un argumentaire.
- **Solliciter la mutuelle :** Certaines mutuelles offrent des possibilités de financement au moins partiel.

- **Solliciter les organismes professionnels** : Si la main prothétique peut être utilisée dans le cadre professionnelle, un dossier auprès de l'AGEFIPH peut être constitué. Le financement ne sera pas total mais peut contribuer au financement du projet.
- **Donation** : Certaines associations et entreprises (philanthropiques, sportives, caritative, ...) accepte parfois de participer à des financements prothétiques.
- **Financement participatif ou Crowd Funding** [47]: Un financement total ou partiel peut être réalisé via une plateforme de financement publique s'adressant aux usagers. On pourra citer, de manière non exhaustive : Leetchi, KissKissBankBank, Kocoriko, ...

### 2.4.3. Point Moteur

#### 2.4.3.1. Identification

La recherche de points moteurs est souvent difficile. Elle est loin d'être intuitive. Elle ne correspond pas nécessairement à des zones anatomiques ou fonctionnelle stéréotypées et identifiées mais bien au point où le signal myoélectrique est le mieux capté. Même si la position fonctionnelle est recherchée, la contraction musculaire déclenchant tel mouvement n'est pas toujours intuitive. Dans un cas extrême, un extenseur pourrait activer la fermeture-flexion de la main prothétique, par exemple.



Recherche de points moteurs <https://www.youtube.com/watch?v=MbKnpdFCrY>

#### **Proposition de Solution :**

- Travailler avec un retour visuel des contractions sur l'application BioSim™ pour renforcer le réflexe moteur.

- Coupler le retour visuel avec l'action réelle sur la main myoélectrique (si elle est déjà disponible).
- Utilisation de l'emboîture Myo-Plus™ de la société Otto-Bock (lorsqu'elle sera prise en charge) ou l'équivalent, de la société Össur, en cours de développement (cf : Anatomie de la main prothétique).

#### 2.4.3.2. Différenciation Spatiale

**Un seul point moteur** : malgré tous les efforts pour rechercher 2 ou 3 points moteurs, il arrive parfois de ne pas réussir. Un seul et unique point moteur/activateur est parfois défini, non sans mal. L'utilisation de la main prothétique reste possible mais cette condition nécessitera des mouvements plus séquentiels (action, changement de mode, action) ce qui peut être pénible et conduire à l'abandon de la main prothétique.

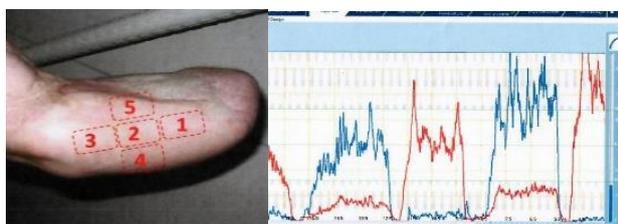
##### **Proposition de Solution :**

- Poursuite de l'Athlétisation du moignon permet souvent de renforcer un signal non significatif jusque-là et de faire ressortir un deuxième point moteur.
- Marquer l'emplacement à même la peau du patient
- Tester plusieurs zones à différents moments de la journée pour trouver le meilleur point moteur.

**Repérage** : Identifier le meilleur point moteur est tout aussi difficile. La zone géographique où le muscle est le plus charnu n'est pas nécessairement la plus utile. Une recherche minutieuse est souhaitable pour optimiser le signal et limiter les pertes de différenciation temporelle.

##### **Proposition de Solution :**

- Lorsqu'un point est repéré on peut réaliser une cartographie en croix. Chaque zone est testée séparément pour individualiser le meilleur site.



« Cartographie » en croix des points

moteurs avec le signal associé (à droite) [Document de Formation transmis par la Société Össur]

### 2.4.3.3. Différenciation Temporelle

#### 2.4.3.3.1. Lors des Essais

Il n'est pas toujours très facile de retrouver les points moteurs d'un moment à l'autre ou d'un jour à l'autre. S'il est possible de marquer l'emplacement du point moteur, celui peut se modifier avec les contractions, les co-contractions parasites ou les mouvements du membre. Le point moteur doit rester constant et fiable quel que soit la position du membre en prono-supination (amputation d'avant-bras) ou de circumduction (amputation humérale). Dans la main (main prothétique i-digit<sup>TM</sup>) le problème est identique avec les mouvements résiduels des métacarpiens.

#### **Proposition de Solution :**

- Marquer les zones de points moteur.
- Essayer tout autour de la zone en Points cardinaux.
- Augmenter la sensibilité du capteur.

#### 2.4.3.3.2. Lors de la Prothétisation

Les capteurs sont intégrés à l'emboiture au niveau des points moteurs identifiés. Le contact avec la peau doit rester constant malgré les modifications cutanées (transpiration) et les mouvements dans l'emboiture. De nombreux essais sont nécessaires.

#### **Proposition de Solution :**

- Bien repérer la position des points moteurs.
- Ne pas hésiter à changer un point fort identifié pour un autre moins fort mais plus stable dans l'emboiture

#### 2.4.3.3.3. Co-Mouvements

Si en analytique, devant un écran ou sur exercice, les mouvements sont « faciles », en pratique, le patient peut avoir du mal à réaliser des contractions d'activation, sans réaliser de mouvement (contraction isométrique).

Par ailleurs, les contractions isométriques peuvent parasiter le signal avec une activation involontaire de la main (cf infra : muscles)

### **Proposition de solution :**

- Bien individualiser les points moteurs pour éviter des co-contractions lors des mouvements isométriques ou non.
- Travailler longuement en analytique pour différencier les mouvements et les activations.

#### 2.4.3.4. Plasticité Cérébrale

Le point moteur identifié n'est qu'un « interrupteur ». Il n'est pas toujours intuitif. La contraction d'un muscle extenseur peut servir à fléchir les doigts et fermer la main prothétique. Un important travail de plasticité cérébrale sur le cortex moteur est nécessaire pour intégrer les différents mouvements et en particulier les déclencheurs.

### **Proposition de Solution :**

- Renforcer le travail cognitif pour bien individualiser les muscles cibles en évitant ainsi les co-contractions parasites.
- Le manchon Myo-Plus™ : Cette difficulté rencontrée avec les emboitures classiques est largement simplifiée avec le manchon spécifique développé par la société Otto-Bock (cf : Anatomie de la Main prothétique), malheureusement non prise en charge pour le moment.

#### 2.4.4. La Prise Prothétique

##### 2.4.4.1. S'adapter à l'objet

La saisie physiologique est complexe et fait appel à de nombreux programmes pour intégrer le mouvement initial (anticipation, poursuite, ouverture de la main), la saisie à proprement parler et le transport. Le patient recrute ses neurones miroirs (imagerie du mouvement) et canoniques (connaissance technique) en puisant dans sa bibliothèque d'imagerie mentale.

Le patient doit intégrer la variable « main prothétique » dans l'algorithme. Les expérimentations doivent être nombreuses dans un continuel essai-erreur pour recalibrer ses neurones canoniques en intégrant les mouvements mécaniques. Il ne doit pas saisir un

œuf comme il prendrait une poêle à frire ! Il faut également intégrer les composantes de vitesse et d'intensité de pression.

Par chance, les main prothétiques I-Limb<sup>TM</sup> intègrent plusieurs niveaux de serrage jusqu'à un verrouillage complet (signal sonore).

#### **Proposition de solution :**

- Travail analytique avec des objets de différentes natures (gobelet, verre en plastique, en métal) pour intégrer tant la résistance que le poids
- Mise en situation pratique le plus rapidement possible

#### 2.4.4.2. L'opposition

Le pouce prothétique contient son propre moteur qui permet une prise conjointe avec les autres doigts. L'opposition est toutefois manuelle sur le modèle essayé (I-limb Ultra<sup>TM</sup>). Le patient doit donc replacer son pouce manuellement dans la bonne position en fonction de la prise souhaitée.

Les mains prothétiques plus sophistiquées telles l'I-Limb Quantum<sup>TM</sup> intègre un moteur supplémentaire pour l'opposition. A La Réunion, il semble que la Société Össur ne livre plus que ce type d'effecteur.

#### 2.4.4.3. Identité de l'amputé

Les prises de la main prothétique myoélectriques ne sont pas toujours « physiologiques ». Le poignet permet une rotation jusqu'à 360°. La paume prothétique peut être complètement orientée vers l'extérieur par exemple. Cette capacité extraordinaire peut être choquante pour les témoins. La facilité plus que la « physiologie » gêne à l'intégration et peut renforcer la triangularité des souffrances physiques, psychologiques et identitaires mises en avant par Valentine Gourinat et Solange Ehrler [48].

Les deux auteures mettent également en avant que l'intégrité du patient est constamment mise en péril par le chaussage (membre complet) et le déchaussage (membre amputé). Le schéma corporel peut rester flou en pénalisant l'intégration de la main prothétique dans l'image mentale que le patient a de lui-même. Cela concourt à laisser la main prothétique à l'état d'outil comme un simple marteau.

Elles notent que ce morcellement identitaire est présent chez 2/3 des patients douloureux.

Il faut donc accompagner le patient dans la double intégration que la main prothétique est à la fois une partie étrangère au corps mais également une partie de la personne qui la porte.

**Proposition de Solution :**

- Valorisation de l'utilisation de la main prothétique dans les moindres progrès
- Un accompagnement psychologique et ergonomique est nécessaire pendant toute la phase d'amputation afin de rendre une dignité et une identité.

### 2.4.5. Emboiture

#### 2.4.5.1. Difficultés Techniques

Les mouvements de la main prothétique ou des segments sus-jacent peuvent modifier le volume ou la forme du moignon (contraction musculaire). Outre un inconfort, cela peut déconnecter les récepteurs et empêcher le contrôle de la myo-main prothétique. L'effet « ventouse » d'accrochage peut être mis en défaut en particulier en extension de coude ou dans le port de charge.

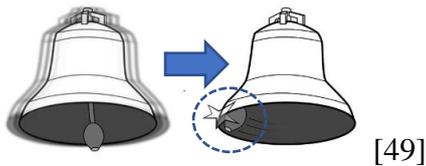
**Pertes de congruence voire déchaussage :** lors de l'utilisation de la main prothétique, l'emboiture rigide peut perdre le contact cutané jusqu'à un éventuel déchaussage. Cela gêne les capteurs qui ne peuvent plus enregistrer le signal. Le volume du moignon peut également varier. Cela peut survenir lors des phases de renforcement musculaire pendant lesquelles le volume du moignon augmente, gênant le chaussage. Une modification du poids du patient est également un élément sensible car il retentit sur le volume du moignon et partant sur la congruence. Une variation de quelques millimètres du périmètre cutané peut être rédhibitoire.

**Proposition de solution :**

- Faire porter l'emboiture nue dès que réalisée, en parallèle du travail des points moteurs. Commencer à lester l'emboiture pour anticiper le poids de la main prothétique et des pièces secondaires (en particulier en cas d'amputation humérale).

- Garder un poids corporel stable.
- Rechercher la zone flaccide et/ou d'entrer d'air.
- Contacter l'ortho-prothésiste pour modifier l'emboiture en resserrant (garnissage proximal à l'intérieur) ou en l'élargissant.

**Effets de battants de cloche :** A l'étape initiale de flaccidité musculaire, lorsque l'haubanage musculaire est insuffisant ou lors du changement de volume, l'os peut se déplacer et perdre sa place centrale dans l'emboiture. L'extrémité vient taper contre l'emboiture ce qui est responsable de douleur ou de plaie cutanée.



**Proposition de solution :**

- Cibler le renforcement musculaire
- Identifier la zone flaccide.
- Contacter l'ortho-prothésiste pour resserrer l'emboiture par un garnissage proximal afin de recentrer le fût osseux.

**Rotations** (amputation humérale en particulier) : L'emboiture doit libérer l'épaule pour permettre un minimum de mouvements de circumduction néanmoins, « l'accrochage » se fait sur l'épaule. Le bras étant plus ou moins cylindrique si l'accrochage proximal n'est pas suffisant il peut arriver des rotations lors des mouvements d'abduction ou d'antépulsion.

**Proposition de solution :**

- Il faut augmenter l'accrochage proximal au détriment du mouvement. Cela peut générer un inconfort.

2.4.5.2. Difficultés Trophiques

L'emboiture est moulée sur le moignon mais ce dernier reste fragile tant au niveau musculaire qu'articulaire ou cutané.

Les articulations sus-jacentes sont mises à mal par la nouvelle configuration distale du segment. Des arthrites peuvent survenir par surcharge mécanique.

Le « matelas » musculaire doit supporter le poids de la main prothétique et les porte-à-faux récurrents. Les contractions et contractures involontaires peuvent modifier les rapports internes et générer de l'inconfort.

La peau, pour sa part, doit pouvoir supporter le confinement dans l'emboiture. Des érythèmes, phlyctènes ou plaies peuvent apparaître à différents niveaux. Comme pour le moignon de membre inférieur, un examen régulier est nécessaire pour identifier des points d'appui ou des plaies et les traiter le plus rapidement possible.

Une désadaptation de l'emboiture peut survenir rapidement en cas de changement de poids. Tout aussi sensible qu'au membre inférieur, une modification de la morphologie du patient peut amener à une augmentation ou diminution du volume du moignon. Cela est d'autant plus sensible dans la phase de renforcement musculaire pendant laquelle le moignon va augmenter son volume. Une modification de poids est toute aussi délétère en faisant varier l'épaisseur de tissu adipeux sous-cutané.

#### **Proposition de Solution :**

- Port séquencé de l'emboiture
- Apprentissage des étirements
- Lestage progressif lors des phases d'essai
- Utilisation régulière de la main prothétique pour éviter une amyotrophie
- Apprentissage de la surveillance régulière du moignon
- Signalement rapide de toute difficulté trophique
- Stabilisation du poids. Un suivi diététique est souhaitable

#### 2.4.5.3. Aveuglement

Difficulté incontournable de la prothésisation actuelle, l'emboiture recouvre la peau du patient et l'aveugle ! Cela n'est pas sans conséquence avec une modification de la trophicité cutanée (tannage en particulier), une diminution des afférences corticales pouvant majorer l'effet de « vide » du segment et partant des risques d'algohallucinoïse. A contrario, l'emboiture majore le recrutement des récepteurs cutanés du fait des surfaces en contact.

### **Proposition de Solution :**

- Utilisation des sensations dans l'emboiture (vibration, répartition des charges, temporisation, ...)
- Intégration du moignon dans le nouveau schéma corporel.
- Emboiture transparente permettant de voir le moignon.

#### 2.4.6. Muscles

Les muscles ont un rôle essentiel dans le cadre de la prothésisation en générale et myoélectrique en particulier. Ils servent à déplacer les segments mais également à activer la main prothétique. Une parfaite différenciation des contractions est nécessaire pour utiliser la main myoélectrique de manière optimale.

##### 2.4.6.1. Les articulations sus-jacentes !

Les articulations sus-jacentes à la main prothétique doivent être intègres et puissantes tout particulièrement l'épaule. Une main prothétique reste plus légère que le membre qu'elle remplace. A contrario elle est inerte (pas de motricité ni d'ajustement propre). Les bras de levier et les porte-à-faux sont importants en particulier pour une main prothétique humérale (main, emboiture, coude, batteries). Un important travail de renforcement du moignon de l'épaule est nécessaire pour obtenir une épaule stable indispensable aux mouvements de la main « tout au bout » de la prothèse.

Quel que soit le niveau d'amputation, la force de co-contraction doit permettre de stabiliser l'articulation du segment restant, le coude ou l'épaule. Cette dernière articulation étant anatomiquement plus instable, des muscles puissants sont indispensables pour stabiliser la tête humérale dans la glène. Cela évitera tant les pathologies de surcharge ainsi qu'une arthrose prématurée (un cas chez nos patients).

##### 2.4.6.2. L'intensité de la Contraction

Le patient doit trouver le bon niveau de contraction, ni trop, ni pas assez pour activer le capteur. **Trop fort**, des contractions parasites apparaissent. Une fatigue musculaire peut s'installer voire des contractures, source d'inconfort et d'abandon potentiel de la main

prothétique. **Trop peu**, le signal n'est pas perçu par le capteur. Le patient doit apprendre à bien gérer la force de contraction du muscle gâchette.

Des réglages sont possibles tant au niveau des capteurs de l'emboiture que des seuils de déclenchement (cf BioSim-I<sup>TM</sup> et infra).

#### 2.4.6.3. La durée de la Contraction

Outre la force de contraction, le patient doit également gérer la durée de contraction en particulier pour activer certains « déclencheurs ». Il doit pouvoir réaliser des signaux triangulaires (montée puis descente du signal) ou rectangulaires (montée, plateau, descente).

#### 2.4.6.4. Co-Contraction

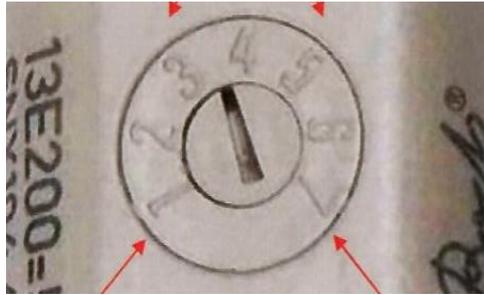
Les contractions doivent être parfaitement discriminées afin d'éviter des activations intempestives de la main prothétique (lâchage d'objet) ou des co-contractions non volontaires (parasites). Le patient doit effectivement pouvoir distinguer des contractions permettant un mouvement de la main prothétique et celles permettant un mouvement du segment de membre. La différence n'est pas toujours aisée à discriminer. Au plus fort des capacités, le patient doit être capable de réaliser un mouvement du segment tout en activant sa main prothétique.

#### 2.4.6.5. Gérer l'intensité et la durée en même temps

Au final, le patient doit trouver le bon niveau de contraction sur la bonne durée. Nécessaire pour l'utilisation de la main prothétique, une bonne dissociation des contractions en intensité, répétitivité et durée permet de gérer secondairement les déclencheurs et profiter au mieux de toutes les possibilités techniques de la main prothétique.

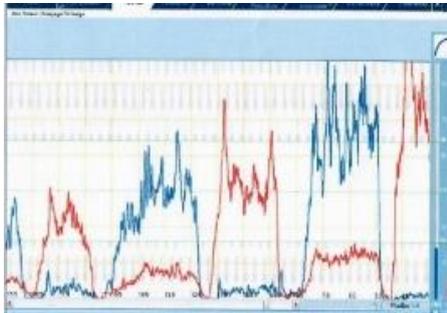
#### **Proposition de Solution :**

- Il est possible de régler la sensibilité des capteurs (7 niveaux) pour optimiser le signal. Il vaut mieux régler la sensibilité en intermédiaire (4 voire 5) au début des essais puis changer les niveaux en plus ou en moins selon que l'on recherche une meilleure sensibilité ou une meilleure discrimination.



Détail d'un capteur myoélectrique, centré sur le potentiomètre permettant de régler la sensibilité. [Document de Formation transmis par la Société Össur]

- « Visualiser » la contraction : référer la contraction à des supports sensoriels :
  - Visuel : sur écran
  - Sensitif somesthésique : pression, vibrations ou proprioceptif : pallesthésie
  - Auditif : signal sonore, bruit du moteur



Signal de contraction [Document de Formation transmis par la Société Össur]

- Entraînement analytique des mouvements de la main prothétique enchaînant des mouvements de membre et réciproquement. Les mises en situation (pince à linge, cuisine, ...) peuvent aider à comprendre les séquences.
- Il est parfois nécessaire d'éteindre la main prothétique, objet en « main », pour éviter un lâchage intempestif d'un objet lourd ou à transporter durablement. En conduite, la désactivation de la main sur le volant est interdite !

#### 2.4.7. Déclencheurs

Les main prothétiques I-Limb™ intègrent des algorithmes préprogrammés (séquence de contractions, co-contraction) appelés « déclencheurs ». Ils permettent une position spécifique choisie par le patient (index tendu, main fermée, main plate, ...). 4 types existent : Contraction longue, double et triple contraction, co-contraction.

Certains patients ont du mal à intégrer toutes ces séries de contractions. La première et la deuxième (contraction longue, double contraction) sont assez faciles à acquérir. La dernière (co-contraction des deux points moteurs) reste plus complexe paradoxalement. Elle dépend essentiellement de la bonne intégration musculaire et de la bonne différenciation corticale. En pratique, peu de nos patients sont parvenus à ce niveau de contrôle sur les 4 Déclencheurs.

On notera toutefois que le patient peut réaliser une sélection des prises préprogrammées de la main prothétique via l'application My i-limb<sup>TM</sup> sur son I-POD<sup>TM</sup>.

Le modèle Quantum<sup>TM</sup> reconnaît des puces active en Near Field Communication (NFC) inclus dans de simple « boutons ». Posé au bon endroit (proche d'un clavier, sur le plan de cuisine, ...) le patient peut passer la main près de la balise hertzienne. La main prothétique adopte alors la position prédéterminée.

#### **Proposition de Solution :**

- Travail des déclencheurs : Travail assidus avec auto-feed-back visuel puis hétéro-feed-back.
- Utilisation de l'I-POD<sup>TM</sup> ou de l'I-PHONE<sup>TM</sup> à défaut.
- Main Quantum et les balises NFC.
- Sélectionner le patient ? pour éviter un sentiment d'échec, ne proposer le travail des déclencheurs qu'à des patients triés sur le volet en fonction des capacités de contrôle et d'apprentissage.

Pour ce dernier point, un de nos patients a effectivement été confronté à ce sentiment d'échec important qu'il a fallu accompagner. Très motivé par sa nouvelle main polydigitale, le patient a ressenti une frustration intense à ne pas pouvoir l'utiliser de manière « optimale ». Nous avons pu « contourner » la difficulté avec l'application My I-limb<sup>TM</sup> sur son I-Pod<sup>TM</sup>.

#### 2.4.8. Motivation du Patient

##### 2.4.8.1. La Main étrangère

La motivation du patient doit être entretenue. Il lui est effectivement difficile de se projeter dans l'utilisation de prothèse surtout après une longue période d'abandon. Avant

de devenir une « main » cet « outil » singulier est le plus souvent très abstrait. Les exercices analytiques ont une finalité pratique qui est lointaine. L'utilisation réelle de la main prothétique peut prendre plusieurs semaines entre la commande en Métropole, la réalisation de l'emboîture avec ses difficultés, l'intégration des points moteurs (cf chapitre L'appareillage de A à Z).

Le délai entre l'amputation et la proposition d'appareillage fonctionnel peut parfois être longue : dans notre pratique, jusqu'à 30 ans d'écart, ce peut nécessiter de re-corticaliser les segments manquants.

Il est donc nécessaire de faciliter l'intégration de ce nouveau « membre » pour conserver l'adhésion au projet de rééducation.

#### 2.4.8.2. « Le Deuil du Deuil du Deuil »

Après la perte du membre, le patient doit réaliser un important travail d'appropriation d'une technologie souvent surinvestie.

Le premier deuil vient de l'amputation en tant que telle. Le travail d'acceptation est long et difficile, en particulier chez le patient jeune, traumatique ou victime d'une tumeur avec une tendance à un sentiment d'injustice (cf Psychologue).

Les médias renvoient une image de la main prothétique soit négative, soit trop positive (cf Pour Rêver). L'idée que la main va pouvoir être remplacée à l'identique, ou presque, amène à un nouvel espoir. Un processus que certains ont appelé le Deuil du Deuil. Ce qui était perdu est finalement restitué. C'est le second deuil, celui de l'idée d'une restitution.

Après le traumatisme de la perte du membre puis l'illusion que la main va être « remplacée » à l'identique, la dure réalité de la main prothétique actuelle, avec toute ses imperfections et ses limitations, peut être difficile à accepter. L'imaginaire se télescope avec la réalité technologique. Le troisième deuil.

Toutes ces étapes s'imbriquent les unes dans les autres et varient d'une personne à l'autre. La majeure partie de nos patients présentait une amputation ancienne (plusieurs années à 30 ans). Le processus de deuil avait été réalisé ou n'était plus réellement accessible. Pour le patient amputé récemment, le deuil avait été amorcé au début de son séjour. Pour lui le traumatisme était double. Il était victime d'un cancer avec un risque vital puis d'une amputation. L'intervention avait été retardée vraisemblablement dans l'espoir d'un

traitement mais le membre supérieur n'était définitivement plus fonctionnel. Une amputation a finalement été décidée. Il avait intégré le Centre de Rééducation de St Maurice avant de demander un rapprochement géographique à La Réunion, son lieu de domicile.

Au moment où nous l'avons vu il oscillait vraisemblablement entre les phases de colère et de négociation. Le patient montrait une certaine irritabilité pour des détails. Parfois très véhément, avec des mots durs, les efforts de tous ne semblaient jamais suffisants. Il est vrai que la réalisation de l'emboiture l'a exposé à des difficultés. Son moignon huméral étant très cylindrique, l'emboiture avait tendance à « tourner » autour du moignon lorsqu'il levait le bras. Le resserrement de l'emboiture, au niveau de l'épaule, luttait contre cette rotation mais le patient trouvait l'accrochage trop serré ou trop lâche selon les ajustements. Un différend supplémentaire concernait les pièces intermédiaires car il avait le souvenir qu'il pourrait avoir un coude motorisé myoélectrique. Il ne s'agissait malheureusement que du système de verrouillage et non pas du coude lui-même (cf Prise en Charge).

Au total, le séjour a été interrompu par le patient qui préférait faire une pause, réfléchir un peu, retourner au CRF de St Maurice. Sa maladie l'a malheureusement rattrapé sans que l'appareillage puisse être finalisé.

### **Proposition de Solution :**

- **Entretenir la motivation :**

- Encourager le patient sur les petits progrès.
- Eviter le dénigrement.
- Relativiser les échecs
- Fixer des objectifs et jalons d'étape clairs et pratiques.
- Alternier les exercices analytiques de renforcement des points moteurs avec des exercices plus concrets de renforcement des mêmes muscles (activités physiques et écologiques)
- Visualiser les mouvements de la « main » le plus rapidement possible, ne serait-ce que sur son support, si l'emboiture n'est pas prête.
- Utilisation réelle de la Main prothétique le plus rapidement possible en proposant des mises en situation : saisie d'un verre, d'une fourchette, activités bimanuelles

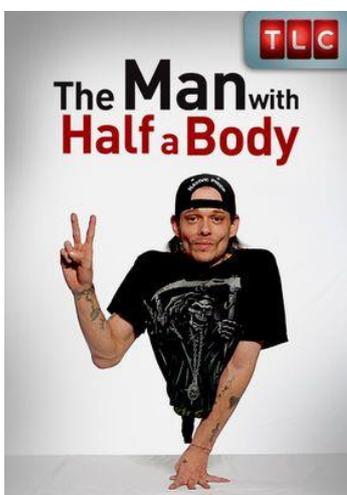
- Proposer des mises en situation selon les habitudes du patient : pêche, petit bricolage, cuisine, ...
- **Le deuil :**
  - Un accompagnement psychologique est souhaitable pendant toute la durée du processus d'appareillage et de deuil (cf supra, Amputation).
  - Ne pas faire cas des colères ou propos parfois durs.
  - Accompagner sans participer au marchandage
  - Soutenir dans les phases de dépression
  - Aider à l'acceptation d'une nouvelle et fragile intégrité
  - Travailler en équipe

#### 2.4.9. Motivation du Thérapeute

##### 2.4.9.1. Le Deuil : l'échec de l'appareillage

Pour le thérapeute, le deuil de l'appareillage peut prendre plusieurs aspects :

**Le choc du refus de l'appareillage :** Très connu au Canada dont il était originaire, le très médiatisé Kenny Easterday présentait une dysgénésie caudale extrême. Devenu adulte, il se qualifiait de « demi-portion » d'homme. Il a joué dans plusieurs films en mettant en avant sa lutte contre le « formatage » et en refusant une prothésisation « cosmétique » de son demi-corps manquant. Il est décédé à l'âge de 42 ans (2016) [50], [51].



Affiche du reportage télévisuel diffusé sur la plateforme Netflix à parapos de Kenny Easterday <https://usa.newonnetflix.info/info/70288540>

Sans aller dans ce cas extrême, plusieurs patients ont été vus en consultation pour discuter d'un appareillage prothétique myoélectrique. Un certain nombre a refusé cette technologie pour rester en appareillage esthétique voire moignon nu.

Cette prise de position peut amener à une certaine incompréhension des professionnels du refus de l'appareillage « dernier cri » et choisir de conserver une « simple » main prothétique esthétique.

**Le ressenti par rapport à l'amputation :** La rééducation est vécue de manière différente par le professionnel, en fonction de son vécu personnel, de ses croyances et de son expérience. Si les études sont relativement polyvalentes, chacun s'oriente en fonction de ses aspirations. Un thérapeute peut être mal à l'aise devant un patient amputé. La relation bijective peut être mise à mal dans ce contexte.

**L'échec de l'appareillage :** L'appareillage est une aventure difficile et certains patients ne peuvent terminer les essais. S'il ne peut pas prendre suffisamment de distance avec la situation, cela peut être vécu comme un échec personnel et/ou professionnel par le thérapeute. Il peut imaginer ne pas avoir fait de son mieux ou suffisamment d'effort pour faire aboutir la prothétisation.

### **Proposition de Solution**

- Changement de professionnel :
  - Ne pas forcer un thérapeute dans une prise en charge trop lourde émotionnellement.
  - Si le changement de professionnel peut permettre de lever des tensions, un accompagnement reste nécessaire car la situation peut se présenter à nouveau, ailleurs, pour quelqu'un d'autre.
- Echange en équipe : le travail d'équipe permet d'échanger sur ses difficultés et parfois de relativiser une situation « d'échec ».
- Psychologue d'entreprise : Des échanges collectifs ou individuels avec un professionnel formé permet parfois de trouver des solutions afin d'éviter un enkystement de la problématique.

## 2.5. Conclusion

L'appareillage prothétique myoélectrique du membre supérieur reste un défi qu'il n'est pas nécessairement souhaitable de proposer à tous. Le patient doit avant tout être volontaire et surtout motivé. Parfois difficile à accepter, le refus de l'appareillage doit être respecté. Il peut être lié à un manque d'investissement pour un patient très « habitué » à sa main prothétique classique. Il peut également ne pas souhaiter faire le long et laborieux travail nécessaire pour s'approprier un nouvel outil qui a ses propres limites.

Le patient doit être rencontré en amont de toute démarche d'appareillage. Il est important de répondre aux besoins et de les définir clairement. Tout en respectant l'imaginaire de la prothétisation, il reste souhaitable d'en redonner les limites. Les professionnels doivent néanmoins pouvoir renoncer à une tentative d'appareillage myoélectrique si les objectifs ou les capacités du patient ne s'y prêtent pas.

De nombreuses difficultés vont gêner les différentes étapes tant pour le patient que pour les professionnels. Cette expérience nous amène à penser que le travail en équipe permet de donner le maximum de chance à une prothétisation réussie. Il est au final très gratifiant qu'un patient nous recontacte en cas de problème technique en précisant qu'il ne peut plus se passer de sa nouvelle « main ».

J'éprouve une certaine satisfaction d'avoir contribué à cette aventure qui je l'espère n'est pas terminée. L'engagement des différents professionnels a été pour moi exemplaire car ils ont su s'approprier de nouvelles techniques sans ménager leurs efforts pour aboutir. L'accompagnement des différents patients dans leurs appréhension et leur découverte d'une nouvelle main, tout autant que les échanges en équipe ont permis d'embrasser un nouvel aspect humain de la rééducation. Il est possible d'en parler longuement mais il faut avant tout le vivre.

J'ai l'espoir que la lecture ce mémoire ait pu donner envie d'aller plus loin car l'appareillage est beaucoup plus accessible qu'il n'y paraît, à condition d'être entouré de personnes impliquées, motivées et bienveillantes, ce qui a été notre cas.

Le 21<sup>ème</sup> siècle verra l'arrivée des prothèses de nouvelles générations, tout à la fois sensibles et neuro-contrôlées. J'espère que notre aventure ira jusque-là !

### 3. Annexes

### 3.1. Tableaux de Données

#### 3.1.1. Tableau 1 : Patients

	âge	Côté Dominant	côté de l'amputation		Statut Marital		Activité Professionnelle		Cause Amputation		Age à l'amputation	Niveau			Année du primo appareillage	durée entre amputation et 1er appareillage		Troubles Cognitifs
			Droit	Gauche					Traumatique	Tumoral		Métacarpien	Radial	Huméral		Réel	Mois	
1	66	Droit		Gauche		Célibataire	Non		Accident de la voie publique		16		1/4 proximal		1971	3 mois	3	Non
2	67	Droit	Droit		Marié		Non			Tumoral	65			Tiers proximal	2019	3 mois	3	Non
3	50	Droit		Gauche	Marié		Oui	Accident du travail			28		Entre les 2/3 distaux		1994	3 mois	3	Non
4	42	Droit		Gauche	Marié		Non	Blast			18	Sans Pouce			2004	24 ans	288	Non
5	60	Droit	Droit	Gauche		Célibataire	Non		Agression		30		Entre les 2/3 distaux		2011	30 ans	360	Lésions cérébrales
6	56	Droit		Gauche	Marié		Non	Accident du travail			35			Tiers proximal	1999	20 ans	240	Non
7	62	Droit	droit		Marié		Oui		Tumoral		40		Avant-bras entre les 2/3 distaux		2012	3 mois	3	Non
8	71	Droit		Gauche	Marié		Non	Bétonnière			65	Sans Pouce			2015	3 mois	3	Non
		<b>8</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>2</b>	<b>6</b>	<b>2</b>	<b>6</b>	<b>2</b>		<b>2</b>	<b>4</b>	<b>2</b>		<b>Ans</b>	<b>Mois</b>	
<b>Moyenne</b>		<b>59</b>	<b>100%</b>	<b>38%</b>	<b>75%</b>	<b>75%</b>	<b>25%</b>	<b>75%</b>	<b>25%</b>	<b>75%</b>	<b>25%</b>	<b>37</b>	<b>25%</b>	<b>50%</b>	<b>25%</b>	<b>9</b>	<b>113</b>	
<b>Minimum</b>		42									16				1971	3 mois	3	
<b>Maximum</b>		71									65				2019	30 ans	360	

### 3.1.2. Tableau 2 : Appareillage

	appareillage initial	Autre Main prothétique	Date du Premier Séjour	Appareillage proposé	abandon main prothétique antérieure au moment du séjour	Délai entre abandon de l'appareillage et premier séjour	Déconditionnement	Amyotrophie	durée de séjour (mois)	Nombre total de séjour	Raison	Appareillage Réussi	Suivi en Consultation	Cause d'abandon	Utilisation de la Main prothétique Myoélectrique
1	Mécanique	Esthétique	avr.-19	I-Limb	Oui	10 ans	Oui	Oui	3	4	Déconditionnement main prothétique Bris de matériel	Oui	Oui	Sans Objet	Oui
2	Myo-électrique	Non	oct.-19	I-Limb Coude à Verrouillage Myoélectrique	Sans Objet	Sans Objet	Oui, Post-opératoire et chimiothérapie	Oui	5	1		Non	Non	Récidive tumorale	Non
3	Mécanique	Sensor Speed Fonctionnel	sept-17	I-Limb Greifer	Non	Aucun	Non	Non	erratique	2	Essai Greifer	Oui	Oui	Sans Objet	Oui
4	Esthétique		août-18	I-Digit	Oui	Sans Objet	Non	Non	2	1		Oui	Non		?
5	Fonctionel Droit (Emboiture + outil)	Non	août-19	I-Limb froit et gauche	Non	30 ans	Oui	Non	8	2	Confinement Sanitaire en mars 2020	Oui	Non		En exercice à droite Peu à gauche
6	Esthétique	Non	avr-18	I-LIMB et coude à verrouillage mécanique	Oui	20 ans	Oui	Oui	4	1		Oui	Métropole		Perdu de Vue
7	Esthétique	Non	janv-18	I-LIMB	Non	Sans Objet	Non	Oui	erratique	3	Emploi du temps	Non	Non	Motivation	Sans objet
8	Esthétique	Non	août-18	I-Digit	Oui		Oui	Non	4	2		Oui	Non		?

		Moy	4	2
Non	3	Min	2	1
Oui	5	Max	8	4
		Méd	4	

3.1.3. Tableau 2 : Données fonctionnelles

	Points Moteurs	EVA	Antalgique	Force musculaire Cotation / Newton Sortie / Entrée	côté de l'amputation		Quick DASH		Bilan préhension		Box and Block		Grasp		Key Grip	
					Droit	Gauche	Sans Main prothétique	Avec Main prothétique	Droit	Gauche	Droit	Gauche	Droit	Gauche	Droit	Gauche
1	2	0	Classe 1+2			Gauche	Non réalisé		Non réalisé		Non réalisé		58	14	Non réalisé	
2	2	0	Classe 1 Si Besoin		Droit		Non réalisé		0	30	Non réalisé		0	37,3	0	14,8
3	2	0	Aucun			Gauche	Non réalisé		Non réalisé		Non réalisé		Non réalisé		Non réalisé	
4	1	0	Classe 1 Si Besoin			Gauche	38% 28/55	18% 19/55	Non réalisé		Non réalisé		Non réalisé		Non réalisé	
5	2	0	Classe 1 Si Besoin	Deltoïde : 3+ / 100N Biceps : 4 / 65N Triceps : 4 / 50N	Droit	Gauche	Non réalisé		Non réalisé		Non réalisé		Non réalisé		Non réalisé	
6	2	0	Classe 1 Si Besoin	Deltoïde : Flexion : 250 vs 215 Extension : 210 vs 210 Abduction : 225 vs 160		Gauche	45% 31/55	23% 21/55	Non réalisé		72	12	43,3	14	9,83	1,5
7	2	0	Non		droit		Non réalisé		Non réalisé		Non réalisé		Non réalisé		Non réalisé	
8	1	0	Non			Gauche	34% 26/55	24% 24/55	30	19	67	7	46	4	Non Réalisé	

## Bibliographie

- [1] F. LAMANDE, «Amputation du membre supérieur,» *Encyclopédie Médico-Chirurgicale Kinésithérapie-Médecine Physique-Réadaptation*, vol. 27, n° 11, 2013.
- [2] «Tableaux MAHOS cumulés OQN 2012,» ScanSanté, 13 07 2013. [En ligne]. Available: [https://www.scansante.fr/applications/mahos\\_ssr\\_oqn\\_2012/submit?rapport=%2Fssr%2Fmahos%2Foqn%2F2012%2Ftab10\\_18.html](https://www.scansante.fr/applications/mahos_ssr_oqn_2012/submit?rapport=%2Fssr%2Fmahos%2Foqn%2F2012%2Ftab10_18.html).
- [3] «Référentiel de coûts SSR 2018,» ScanSanté, 2018. [En ligne]. Available: <https://www.scansante.fr/referentiel-de-couts-ssr-2018>.
- [4] «Les Causes d'Amputation en France,» ADEPA, [En ligne]. Available: <https://www.adepa.fr/autour-de-lamputation/les-causes-damputation/>. [Accès le 4 février 2021].
- [5] G. DAUTEL, «Replantations distales du membre supérieur,» *Encyclopédie Médico-chirurgicale Techniques Chirurgicales - Orthopédie-Traumatologie*, vol. 39, n° 11, pp. 1-8.
- [6] M. FIGUS, «Statistiques,» Appareillages Prothétiques, vers de nouvelles technologie, 2014. [En ligne]. Available: <http://uf-mi.u-bordeaux.fr/ter-2016/mazouffre-figus/quelques-chiffres/statistiques/>.
- [7] H. C. F. D. G. D. G. POMARES, «Epidemiology of traumatic upper limb amputations,» *Oerthopaedics and Traumatology : Surgery and Research*, pp. Volume 104, Issue 2, Pages 232-276, April 2018.
- [8] T. WRIGHT, «Prosthetic Usage in Major Upper Extremity Amputation,» *Journal of Hand Surgery*, pp. 619-622, 1995.
- [9] K. ZIEGLER-GRAHAM, «Estimating the Prevalence of Limb Loss in the United States : 2005 to 2050,» *Arch Phy Med Rehabil.*, pp. 422-429, mars 2008.
- [10] K. OSTLIE, «Adult acquired major upper limb amputation in Norway : prevalence, demographic features and amputation specific features. A population-based survey,» *Disability and Rehabilitation*, pp. 1636-1649, 2011.
- [11] L. KOBAYASHI, «Traumatic Limb Amputation at a Level 1 trauma Center,» *Eur J Trauma Emerg Surg*, pp. 67-72, février 2011.
- [12] G. BARMPPARAS, «Epidemiology of post-traumatic limb amputation : a National Trauma Databank analysis,» *Am Surg.*, pp. 1214-1222, Novembre 2010.
- [13] P. C. S. M. E. A. E. L. A. A.-M. A. I.F. TIDJANI, «Profil épidémiologique et clinique des amputations de membres de l'adulte à COTONOU,» *Revue de Chirurgie Orthopédique et Traumatologique*, 16 09 2017.
- [14] Michiro YAMAMOTO et al, «Cross-sectional International Multicenter Study on Quality of Life and Reasons for Abandonment of Upper Limb Prostheses,» *Journal of the American Society of Plastic Surgeons*, vol. 7, n° 15, mai 2019.
- [15] C. BEHREND, «Update on Advances in Upper Extremity Prosthetics,» *Journal of Hand Surgery*, pp. 1711-1717, octobre 2011.
- [16] «Questionnaire DN4,» SFETD, [En ligne]. Available: <https://www.sfetd-douleur.org/wp-content/uploads/2019/08/dn4ok.pdf>.
- [17] «Questionnaire Douleur Saint Antoine (QDSA),» Antalvite, [En ligne]. Available: <http://www.antalvite.fr/pdf/QDSA.pdf>.
- [18] «Goniomètre,» HydraCosmetics, [En ligne]. Available: <http://www.hc-sante.com/Goniometre-p-100989>.
- [19] C. L. LARDIC, *Rééducation de la Main en Pratique Courante*, 2006.

- [20 «Dynamomètres Push-Pull Hdyraulique,» Stim-Form, [En ligne]. Available: <https://stim-form.com/fr/Angulation/228-dynamomtre-push-pull-hydraulique.html>. [Accès le 4 avril 2021].
- [21 L. SIMERMANN, *Travail Ecrit de Fin d'Etude*, 2015.
- [22 «Questionnaire QUICK DASH,» Reseau Main, [En ligne]. Available: <http://www.reseamain.fr/wp-content/uploads/2019/06/RPM-IDF-PROTOCOLES-Quick-Dash.pdf>.
- [23 S. EVELINGER, «Une échelle d'évaluation fonctionnelle du membre supérieur,» CEERRF, 9 décembre 2016. [En ligne]. Available: <https://ceerrf.fr/echelle-devaluation-fonctionnelle-du-membre-superieur/>.
- [24 «Box and Block Test,» Physiopedia, [En ligne]. Available: [https://www.physio-pedia.com/Box\\_and\\_Block\\_Test](https://www.physio-pedia.com/Box_and_Block_Test).
- [25 S. FIGUEIREDO, «Nine Hole Peg Test (NHPT),» Info AVC, 09 06 2011. [En ligne]. Available: <https://strokengine.ca/fr/assessments/nine-hole-peg-test-nhpt/>.
- [26 «Test des 9 chevilles,» Objectif Confort, [En ligne]. Available: <https://www.objectifconfort.fr/jeux-cognitifs/2668-test-cognitif.html>.
- [27 C. S. Paul JEANNEAU, «Force de préhension et degré de latéralité manuelle,» *Hand Surgery and Rehabilitation*, vol. 36, n° 16, p. 503, 2017.
- [28 «Hand and Shoulder Therapy,» Hitech Therapy, [En ligne]. Available: <https://www.hitechtherapyonline.co.za/collections/hand-shoulder-therapy>.
- [29 C. GABLE, *Bilan 400 points*, 2015.
- [30 «Jauge de Pincement Hdyraulique,» FYZEA, [En ligne]. Available: <https://www.fyzea.fr/jauge-de-pincement-hydraulique>.
- [31 «Touch Solutions,» Össur, [En ligne]. Available: <https://www.ossur.com/fr-fr/solutions-protheses/touch-solutions>. [Accès le 21 mars 2021].
- [32 L. CYNOWER, «Prise en Charge de la Dénutrition à l'Hôpital : savoir diagnostiquer la dénutrition et ses risques de complications pour mieux les prévenir et les traiter,» 01 mars 2011. [En ligne]. Available: <https://www.academie-medecine.fr/prise-en-charge-de-la-denutrition-a-lhopital-savoir-diagnostiquer-la-denutrition-et-ses-risques-de-complications-pour-mieux-les-prevenir-et-les-traiter/>.
- [33 «Diagnostic de la Dénutrition de l'enfant et de l'adulte,» Haute Autorité de Santé, novembre 2019. [En ligne]. Available: [https://www.has-sante.fr/upload/docs/application/pdf/2019-11/fiche\\_outil\\_diagnostic\\_denutrition.pdf](https://www.has-sante.fr/upload/docs/application/pdf/2019-11/fiche_outil_diagnostic_denutrition.pdf).
- [34 «Fiche Descriptive de l'Indicateur de Qualité et de Sécurité des Soins de Dépistage des Troubles Nutritionnels (DTN) en MCO,» Haute Autorité de Santé, 2017. [En ligne]. Available: [https://www.has-sante.fr/upload/docs/application/pdf/2009-07/ipaqss\\_20090730\\_fiche\\_dtn.pdf](https://www.has-sante.fr/upload/docs/application/pdf/2009-07/ipaqss_20090730_fiche_dtn.pdf).
- [35 «Etes vous concernés par la reconnaissance du handicap ?,» Agefiph, [En ligne]. Available: <https://www.agefiph.fr/articles/demarche/etes-vous-concerne-par-la-reconnaissance-du-handicap#:~:text=La%20loi%20n%C2%B087-517%20du%2010%20juillet%201987%20en,deuxi%C3%A8me%20ann%C3%A9e%20et%205%25%20pour%20la%20troisi%C3%A8me%20ann%C3%A9e..> [Accès le 4 avril 2021].
- [36 «Accueil, réinsertion professionnelle,» COMETE France, [En ligne]. Available: <https://www.cometefrance.com/>.
- [37 «Les Services CAP EMPLOI-SAMETH pour les personnes handicapées,» ONISEP, 19 juillet 2018. [En ligne]. Available: <https://www.onisep.fr/Formation-et-handicap/Vers-l-emploi/S-inserer/Les-services-Cap-emploi-Sameth-pour-les-personnes-handicapees>.
- [38 «Accueil,» Pôle Emploi, [En ligne]. Available: <https://www.pole-emploi.fr/accueil/>.

- [39 E. Kübler-Ross, *Les derniers instants de la vie*, Mayenne: Labor et Fides, 2011.
- [40 «BioSim-I, My I-Limb,» [En ligne]. Available: <https://pdf.medicalexpo.com/pdf/touch-bionics/biosim-i-my-i-limb/80664-123123.html>.
- [41 ÖSSUR, «BioSIm Manuel d'Utilisation,» [En ligne]. Available: [http://training.touchbionics.com/pdfs/MA01386\\_biosim\\_manual\\_July18.pdf](http://training.touchbionics.com/pdfs/MA01386_biosim_manual_July18.pdf).
- [42 A. Sturma, «Rehabilitation of high upper limb amputees after Targeted Muscle Reinnervation,» *Journal of Hand Therapy*, pp. 30181-2, 14 octobre 2020.
- [43 S. Salminger, «[Prosthetic reconstruction of the upper extremity],» *Der Unfallchirurg*, vol. 119, n° %15, pp. 408-13, mai 2016.
- [44 M. Aman, «Bionic reconstruction : Restoration of extremity function with osseointegrated and mind-controlled prostheses,» *Wiener Klinische Wochenschrift*, pp. 599-607, 2014 juin 2019.
- [45 K. A. Stubblefield, «Occupational therapy protocol for amputees with targeted muscle reinnervation,» *Journal of Rehabilitation Research and Development*, vol. 46, n° %14, pp. 481-8, 2009.
- [46 «Avis relatif aux tarifs et aux prix limites de vente au public en euros TTC de la prothèse externe de main myoélectrique I-Limb Ultra,» Légifrance, [En ligne]. Available: <https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000030338023>.
- [47 «Espace Porteur de Projet, Portail du CrowdFunding,» Financement Participatif France, [En ligne]. Available: [https://financeparticipative.bpifrance.fr/porteur/search\\_partners/\(porteur\)/PAR/\(categorie\)/01--02--03--04](https://financeparticipative.bpifrance.fr/porteur/search_partners/(porteur)/PAR/(categorie)/01--02--03--04).
- [48 S. E. Valentine GOURINAT, «Du Morcellement à la Reconfiguration, Douleurs et souffrances du patient amputé,» *Revue des Sciences Sociales*, vol. 53, pp. 100-107, 2015.
- [49 P. MARCON, «Emballage et transport efficaces des objets d'art -Bulletin technique 34,» Gouvernement du Canada, 19 février 2019. [En ligne]. Available: <https://www.canada.ca/fr/institut-conservation/services/publications-conservation-preservation/bulletins-techniques/emballage-transport-efficaces-art.html>.
- [50 Collectif, «Kenny Easterday,» Wikipédia, [En ligne]. Available: [https://en.wikipedia.org/wiki/Kenny\\_Easterday](https://en.wikipedia.org/wiki/Kenny_Easterday).
- [51 «The Man with Half a Body,» SpiOn, [En ligne]. Available: <http://www.spiOn.com/demi-corps-dhomme-kenny/>.