



Saint-Luc
Liège
école
supérieure
des arts

ÉPAULE HÉMIPLÉGIQUE

réduire la douleur &
augmenter la qualité de vie

MÉMOIRE DE 2^E MASTER EN **DESIGN INDUSTRIEL**

PROMOTEUR : Marc Levenstond



2022-2023

ÉTUDIANTE : Manon Wagneur

Remerciements

Je tiens à remercier Marc Levenstond, mon promoteur, pour avoir accepté de suivre mon travail et de m'aiguiller depuis presque un an maintenant, ainsi que les lecteurs qui ont bien voulu prendre de leur temps pour lire et évaluer mes recherches et mes réflexions.

Je remercie également mes professeurs de l'ESA Saint-Luc Liège, Dorothee Golenvaux pour son aide à la rédaction de ce mémoire, Jean-Luc Théate et Hilke Vervaeke pour leurs conseils au sujet du projet d'atelier, et plus largement, tous les professeurs qui m'ont permis d'évoluer pendant ces cinq années, et qui ont fait de moi la designer industriel que je suis aujourd'hui. J'y inclus également Vincent Kelner, qui m'a fait découvrir le design d'optimisation, merci pour son intérêt et le temps qu'il a consacré pour alimenter mes recherches.

J'adresse mes sincères remerciements à l'équipe médicale du CHR de Verviers, le Dr. Catherine Lemaire et Delphine pour leur transfert de savoir, à Camille, avec qui la collaboration a été plus que profitable, et à tous les patients qui ont eu la gentillesse de partager avec moi leur ressenti et un bout de leur vie quotidienne. Merci à Nathalie et à ses parents de m'avoir fait confiance, et de m'avoir aidé à mettre au point mon projet.

Un merci tout particulier à Fanny, Nathan, Nourredine, Léa, Serge et bien sûr Tom de la société Tecfit, sans qui tout ce travail n'aurait pas été possible. Merci à eux pour l'encadrement et l'aide inestimable apportée.

Et enfin, merci à mes proches de m'avoir aidée et soutenue pendant ces nombreuses années d'étude, et plus particulièrement pendant la rédaction de ce mémoire. Je ne serais pas là où j'en suis sans ma famille, et je les remercie pour cela.

SOMMAIRE

INTRODUCTION /	3
PARTIE I / RECHERCHES	5
1. Médecine et PATHOLOGIE.....	6
2. Besoins et environnement du PATIENT	32
3. Ergonomie, fonction et EXPÉRIENCE	46
4. Matériaux, fabrication et INNOVATIONS	55
5. Remboursements, économie et LÉGISLATION	69
6. Conclusion des recherches et CHOIX.....	76
PARTIE II / LIENS E T SOLUTIONS	78
7. Cas pratique - PATIENTE TEST	79
8. Solutions EXISTANTES.....	82
9. Solution PERSONNELLE.....	89
CONCLUSION /	99
BIBLIOGRAPHIE / ICONOGRAPHIE.....	103
10. Bibliographie.....	104
11. Iconographie.....	110
ANNEXES /	114
TABLE DES MATIÈRES /	115

INTRODUCTION /

Si notre mode de vie semble de plus en plus confortable, il est également responsable d'un des plus grands défis de santé mondiale auquel nous devons faire face : **l'Accident Vasculaire Cérébral (AVC)**, ainsi que les nombreuses séquelles qui l'accompagnent.

AVC : « déficit brutal d'une fonction cérébrale focale sans autre cause apparente qu'une cause vasculaire »¹.

Tabagisme, diabète, hypertension, obésité, ... autant de facteurs de risque qui font de l'AVC la deuxième cause de mortalité, deuxième cause de démence et première cause de handicap acquis chez l'adulte dans le monde².

On estime à **12,2 millions** le nombre de nouveaux AVC par an au niveau mondial, soit une personne touchée toutes les 3 secondes³. Ce chiffre est en constante **augmentation** : si en 1999, on considérait qu'une personne âgée de plus de 25 ans sur sept serait confrontée à un AVC dans sa vie, ce chiffre a presque doublé en 17 ans pour arriver à une estimation d'une personne sur quatre en 2016. Il est donc assez logique que le nombre de personnes devant faire face aux séquelles post-AVC ait lui aussi doublé entre 1990 (54,7M) et 2019 (101,5M).

En 2019, l'Organisation Mondiale de l'AVC (*World Stroke Organisation, WSO*) estimait que plus de 50% des personnes touchées décédaient des suites de leur accident⁴. Concernant les **séquelles** touchant les survivants, une étude française de 1998⁵ nous permet d'avoir une idée de la répartition de la gravité de celles-ci.

Bien qu'ancienne, cette étude nous donne, à titre indicatif donc, les chiffres suivants :

- Un dixième des patients s'en sortent sans **aucune séquelle** ;
- Quatre personnes sur dix souffrent de **séquelles légères** ;
- Quatre personnes sur dix souffrent de **déficits graves** ;
- Et enfin, un dixième sera **maintenu en institution**.

Dans les déficits graves, je citais précédemment le handicap acquis. Le plus récurrent est **l'hémiplégie**.

Hémiplégie : « perte plus ou moins complète de la motricité volontaire dans une moitié du corps »⁶.

¹ DE MORAND, Anne. Pratique de la rééducation neurologique - Chapitre 1 : le patient hémiplégique (en ligne). Paris : Elsevier Masson, 2014 [consulté le 17/11/2022]. ISBN : 9782294776878. Disponible sur <https://www.unitheque.com/UploadFile/DocumentPDF/P/R/Q/STY-9782294744020.pdf> p.2

²CHU Liège. L'AVC : deuxième cause de mortalité mondiale. In CHU de Liège [en ligne]. 14 janvier 2016 [consulté le 17/11/2022]. Disponible sur https://www.chuliege.be/jcms/c2_17302906/fr/neurologie/l-avc-deuxieme-cause-de-mortalite-mondiale

³ Ce paragraphe se base sur : BRAININ, M., FEIGNIN, V.L., FISHER, M., et alii. World Stroke Organization (WSO):

Global Stroke Fact Sheet 2022. *International Journal of Stroke* (en ligne), Vol 17(1), 2021 (consulté le 04 Avril 2023). Disponible sur <https://www.dropbox.com/s/wm12nosylzkk5ea/World%20Stroke%20Organization%20%28WSO%29-%20Global%20Stroke%20Fact%20Sheet%202022.pdf?dl=0>. Pp. 18-29

⁴ BRAININ, M., FEIGNIN, V.L., FISHER, M., et alii. Loc.cit. P. 19

⁵ ASBL GEH. Hémiplégies. In ASBL GEH [en ligne]. s.d. [consulté le 17/11/2022]. Disponible sur <https://www.geh-asbl.be/hemiplegies/>

⁶ DE MORAND, Anne. Op.cit. p.2

Cette dernière touche visiblement le **corps** des personnes, mais est également accompagnée de **troubles cognitifs** ainsi que de **troubles associés**. Il existe à l'heure actuelle beaucoup de protocoles de rééducation pour les personnes hémiplegiques. Mais il subsiste des problèmes, auxquels sont confrontés les professionnels de santé qui encadrent les patients, qui sont moins codifiés, et donc **moins bien pris en charge**⁷.

Parmi ceux-ci, **l'épaule douloureuse**. Nous l'aborderons plus tard, mais cette douleur est bien souvent causée par un **diastasis** de l'épaule et toutes les conséquences qu'il entraîne.

Diastasis : « Écartement anormal entre deux éléments anatomiques distincts, normalement fixés l'un à l'autre »⁸.

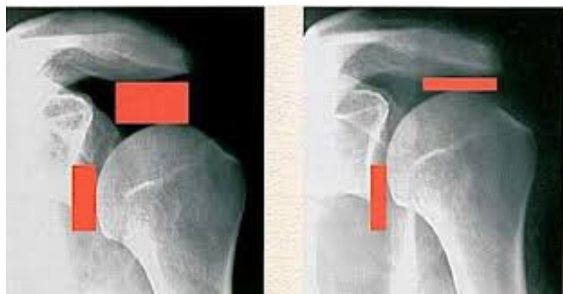


Figure 1 Radiologie montrant un diastasis d'épaule (à gauche) et une articulation saine (à droite) © Djaroud Z., 2010

C'est sur cet aspect que se concentre ce projet. Cette douleur a été reconnue comme gênante dans la **récupération** du patient, allongeant bien souvent le temps d'hospitalisation et la durée de revalidation de ce dernier, mettant à mal son avenir fonctionnel et exerçant une influence néfaste sur sa qualité de vie. Elle est également régulièrement citée comme facteur aggravant de la **dépression** post-AVC que rencontre beaucoup de patients⁹.

Ce travail s'attèle donc au **soulagement de la douleur située dans la zone de l'épaule du patient hémiplegique**. Je vais m'intéresser au membre supérieur, et ne ferai que survoler le reste du corps du point de vue anatomique.

La problématique est actuellement solutionnée le plus souvent à l'aide **d'orthèses**.

Orthèse, appareil ou dispositif orthétique : « Appareillage externe, utilisé pour modifier les caractéristiques structurelles et fonctionnelles des systèmes neuromusculaires et squelettiques »¹⁰.



Figure 2 Orthèses de membre supérieur de la société Tecfit ©Manon Wagner, 2023

⁷ TEMPERELLI, Margaux. Techniques de rééducation pour la prévention et réduction de la subluxation et de la douleur de l'épaule hémiplegique post-AVC : une revue de la littérature (en ligne). Faculté de médecine de Nancy, Nancy, 2018-2019 (consulté le 17/11/2022). Médecine humaine et pathologie. Disponible sur <https://hal.univ-lorraine.fr/hal-03298367/document> p.21

⁸ LAROUSSE. Encyclopédie médicale - diastasis In Larousse [en ligne]. 2022 [consulté le 17/11/2022]. Disponible sur <https://www.larousse.fr/encyclopedie/medical/diastasis/>

⁹ TEMPERELLI, Margaux. Loc.cit. p.21

¹⁰ Organisation Mondiale de la Santé. Normes de l'OMS en matière de prothèses et d'orthèses : 1ère partie - Normes (en ligne). Genève : Organisation Mondiale de la Santé, 2018 (consulté le 17/11/2022). ISBN : 978-92-4-251248-9. Disponible sur <https://apps.who.int/iris/> p. VII

Ces appareils remplissent généralement l'objectif de **réduction de la douleur**, mais en délaissent d'autres qui semblent pourtant essentiels pour la qualité de vie du patient. Il faut donc analyser la problématique sous forme d'objectifs¹¹ :

- **Recoapter** l'articulation de l'épaule, autrement dit replacer la tête de l'humérus dans sa cavité, pour **réduire la douleur** ;
- **Soutenir** le membre tout en permettant le **mouvement** pour accélérer la rééducation (physique et cognitive) ;
- **S'adapter** aux nombreuses spécificités des différents patients en misant sur la **modularité et la possibilité de réglage** ;
- **Autonomiser** le patient ;
- **Refonctionnaliser** le membre supérieur ;
- **Déstigmatiser** et booster la confiance en soi du patient.

La recherche se limitera à la tranche de la population qui est considérée comme **active** (jusqu'à 70 ans), car comme je l'analyserai plus tard, c'est au sein de cette patientèle que les besoins sont plus larges au niveau de la **rapidité** de la **récupération** et de **l'autonomisation**. Ce choix est également motivé par les chiffres de la WSO, qui mettent en avant le fait qu'en 2019, près de 63% des AVC touchaient des personnes de moins de 70 ans¹².

J'exclus également les enfants (en dessous de 15 ans) de mon étude, car leur hémiplégie est bien souvent différente. Ils n'ont pas réellement les mêmes besoins, et l'étude de l'hémiplégie infantile mérite un travail qui lui serait entièrement dédié. La tranche d'âge visée est donc celle des **15 à 70 ans**.

Je clôturerai cette introduction en parlant de la démarche qui a guidé **mon choix pour ce sujet**. Depuis le début de mon master, je me suis découvert un réel attrait pour le design lié au corps humain. J'envisage le corps comme une machine dont il est possible d'analyser la mécanique. Je suis assez naturellement partie sur un sujet lié au médical, et plus particulièrement au domaine de l'orthopédie, puisqu'il fait facilement le lien entre la conception d'objets et le fonctionnement du corps humain.

Au fil de mes recherches, j'ai eu la chance de rencontrer Tom Fischer, orthoprothésiste et gérant de Tecfit, société d'orthopédie basée à Trooz. Lorsque je lui ai fait part du champ de recherche vers lequel je voulais me tourner, il m'a présenté cette problématique presque immédiatement.

J'ai pu découvrir un monde tout à fait particulier et nouveau, en étant le mieux entourée possible, et en me trouvant dans les meilleures conditions pour fournir un travail **concret** et **complet**.

¹¹ Entrevue avec Dr. Lemaire, médecin en Médecine Physique au CHR de Verviers, le 25/10/2022.

¹² BRAININ, M., FEIGNIN, V.L., FISHER, M., et alii. Loc.cit. P. 27

PARTIE I / **RECHERCHES**

1. MÉDECINE ET PATHOLOGIE

Ce travail s'axe sur le soulagement des personnes souffrant des conséquences d'une épaule hémiparalysée douloureuse. Il est clair que la priorité est donc le **patient**, avec ses ressentis et ses besoins. Mais pour mieux comprendre ces derniers, il est essentiel de faire une entrée en matière dans le monde médical afin de comprendre le handicap et ses conséquences sur ce patient.

1.1. Pathologie

1.1.1. Causes

1.1.1.1. AVC

Déjà abordé dans l'introduction, l'Accident Vasculaire Cérébral (AVC) est la **cause principale** de l'hémiparésie.

Comme je l'expliquais, le nombre d'AVC ne cesse d'augmenter au niveau mondial. En Belgique, il est très compliqué d'avoir une idée réelle et fiable sur le nombre de patients par an. Les estimations sont floues, et reposent principalement sur les chiffres de l'INAMI, qui donnent une fourchette entre 24 000 et 28 000 cas par année¹³. Il est important de noter que la **Belgique** est **en retard** au niveau européen, non seulement en ce qui concerne le recensement des cas, mais également dans la prise en charge médicale des patients cérébrolésés en général.

¹³ MONTAY, Johanne. Les AVC en Belgique : une tache aveugle. In RTBF [en ligne]. 22 février 2022 [consulté le 4 avril 2023]. Disponible sur <https://www.rtbef.be/article/les-avc-en-belgique-une-tache-aveugle-10939970>

L'AVC peut être de trois **catégories** :

- **AVC ischémique** : défaut d'afflux de sang dans une partie du cerveau, causé par un caillot bouchant une artère cérébrale (aussi appelé infarctus cérébral). Si l'occlusion est temporaire et ne laisse aucune séquelle, on parle d'un accident ischémique transitoire (AIT) ;
- **AVC hémorragique** : rupture d'une artère cérébrale, ce qui crée une hémorragie ;
- **Thrombophlébite cérébrale** (très rare).

1.1.1.2. Autres

Bien que plus rares, il existe d'autres causes d'hémiplégie que l'AVC.

- ⇒ **Tumeurs** primaires ou secondaires du système nerveux central ;
- ⇒ Atteintes **traumatiques** ;
- ⇒ Réaction **inflammatoire** avec compression ;
- ⇒ Méningite ou tuberculose ;
- ⇒ Origine **virale** : VIH.

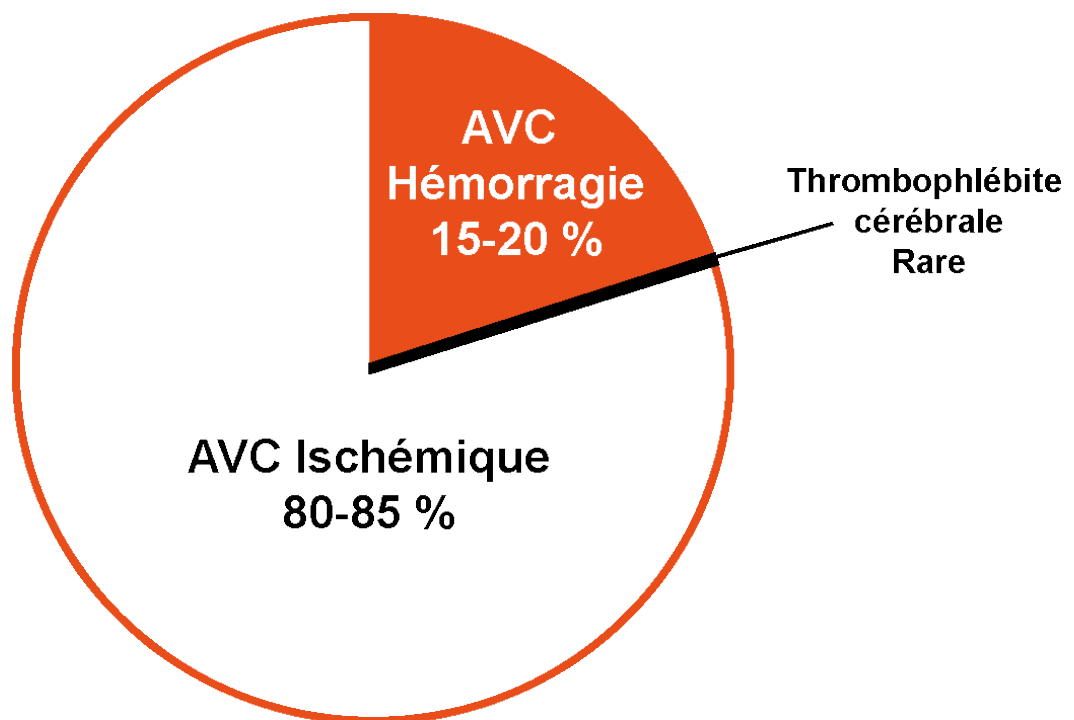


Figure 3 Répartition des différents cas d'AVC ©Manon Wagneur, 2022

1.1.2. Dommages causés

Les dommages chez les patients cérébrolésés sont tout à fait **dépendants** de la zone du cerveau qui a été touchée. Le tableau clinique suivant reprend brièvement les cas les plus courants en fonction de la zone de l'artère endommagée¹⁴.

Les atteintes sont bien souvent **physiques** et **cognitives**.

		Artère cérébrale moyenne		Artère cérébrale antérieure (avant)	Artère cérébrale postérieure (arrière)
		Gauche	Droite		
Territoire supérieur		<ul style="list-style-type: none"> Hémiplégie brachiofaciale (visage et bras) droite sensori-motrice HLH (perte du champ visuel) NSU (hémiparésie) 	<ul style="list-style-type: none"> Hémiplégie brachiofaciale (visage et bras) gauche sensori-motrice HLH (perte du champ visuel) Aphasie (trouble de la communication) 	<ul style="list-style-type: none"> Hémiplégie prédominante au membre inférieur 	<ul style="list-style-type: none"> HLH (perte du champ visuel) Agnosie visuelle (trouble de la reconnaissance visuelle)
	Territoire profond		<ul style="list-style-type: none"> Hémiplégie sans atteinte sensitive Intéresse tout l'hémicorps 		

Figure 4 Tableau clinique en fonction de la zone touchée ©Manon Wagneur, 2022

¹⁴ DE MORAND, Anne. Op.cit. p.3

1.1.2.1. Atteintes physiques

- **Hémiplégie**

Rappelons que l'hémiplégie se manifeste lorsque le cerveau n'est plus en mesure de transmettre les ordres d'exécution des mouvements aux muscles dans l'hémicorps (opposé à l'hémisphère cérébral touché).

- **Spasticité néfaste ou bénéfique**

Dans la période qui suit directement l'accident, l'hémiplégie est dite **flasque**. Autrement dit, le **tonus musculaire** est **nul** : les muscles sont mous.

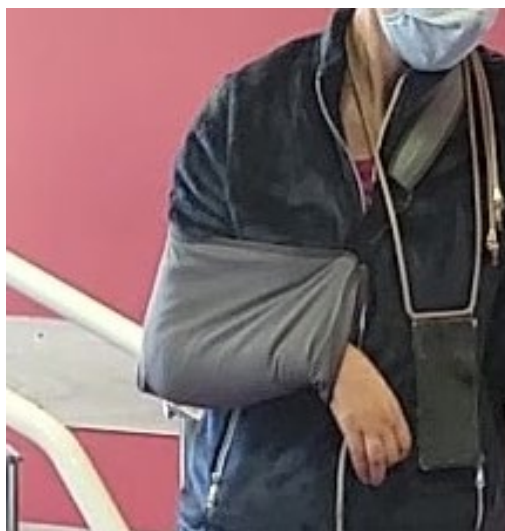


Figure 5 Poignet flasque ©Manon Wagneur, 2022

Au fur et à mesure de la récupération, le membre hémiplégique peut devenir **spastique**, c'est-à-dire que les muscles se raidissent, que le **tonus musculaire** est anormalement **élevé**¹⁵. Cela n'arrive bien sûr pas dans tous les cas, et il est tout à fait possible d'avoir des parties de membres spastiques alors que d'autres sont flasques.



Figure 6 Membre supérieur spastique ©Manon Wagneur, 2022

La spasticité, associée aux troubles moteurs, amène le patient à développer de nouveaux comportements moteurs, ou **compensations**. Il est donc intéressant de faire une analyse fonctionnelle de la spasticité.¹⁶

¹⁵éduSanté. L'hémiplégie post-AVC (en ligne). 2012 (consulté le 17/11/2022). 12 pages. Disponible sur <https://www.franceavc.com/uploads/files/5b3b2353c26f4.pdf> p.5

¹⁶ DE MORAND, Anne. Op.cit. p.13

Dans certains cas, elle aura une action **limitante**, et sera donc un frein aux activités de préhension. Néanmoins, elle peut aussi être fonctionnellement **bénéfique**, dans le cas de la marche pour le membre inférieur par exemple.

- **Troubles posturaux**

Parmi les troubles liés au corps de l'hémiplégique, ceux liés à la **posture** sont considérés comme les plus handicapants pour la réalisation des activités de la vie quotidienne (AVQ), et ayant le plus lourd impact sur la qualité de vie¹⁷.

En effet, ces troubles posturaux et de l'équilibre sont souvent les déclencheurs de **chutes** et donc de complications médicales.

Ils peuvent être dus à la perte de commande musculaire volontaire, à la spasticité, à la diminution de force musculaire ainsi qu'aux possibles troubles sensoriels dont souffre le patient¹⁸.

On remarque assez logiquement une **asymétrie** dans la répartition du **poids du corps** (près de 70%) au profit du membre sain. Néanmoins, plus cette asymétrie est importante, plus les performances dans les AVQ sont réduites¹⁹. Autrement dit, il est essentiel pour le patient de réapprendre à utiliser son membre plégique, dans la mesure du possible, pendant sa rééducation.

- **Récupération de préhension**

La main du patient hémiplégique peut être de deux types : soit la main est considérée comme potentiellement « **récupérable** » fonctionnellement, au moins en tant que « main d'appoint » ; soit la main est considérée comme **non fonctionnelle** et restera inutilisable.

Si l'on estime à près de 80% les cas de récupération de la déambulation autonome, ce pourcentage descend à **moins de 20%** des cas concernant la récupération de la mobilité de la main²⁰.

- **Douleurs**

Les personnes hémiplégiques peuvent ressentir de fortes douleurs dans le membre supérieur. Ces douleurs peuvent être liées à la **crispation** d'un membre spastique, on encore de nature **neurologique** (sensation de brûlure, de fourmillements très désagréables)²¹.

Les douleurs de l'épaule sont quant à elles souvent liées au **diastasis** menant à une **subluxation gléno-humérale** ou encore à **l'algoneurodystrophie** (longtemps appelée syndrome épaule-main).

¹⁷ BARDY, B.G., PÉLISSIER, J.-Y., VAROQUI, D. Une approche dynamique des déficits posturaux : Exemple de l'hémiplégie vasculaire. Sciences & Motricité (en ligne), n°74, 2011 (consulté le 17/11/2022). Pp. 89-100. Disponible sur https://www.researchgate.net/publication/259527900_Une_approche_dynamique_des_deficits_posturaux_Exemple_de_l_hemiplegie_vasculaire p. 90

¹⁸ BARDY, B.G., PÉLISSIER, J.-Y., VAROQUI, D, Loc.cit. p.94

¹⁹ Ibid.p.90

²⁰ BAILLET B., POUBLANC I. Éducation de la sensibilité de la main de l'hémiplégique par le matériel Perfetti. Annales de Kinésithérapie (en ligne), n°2, 1995 (consulté le 17/11/2022). Pp. 99-102. Disponible sur https://www.kinedoc.org/dc/api/dc/html?f=LONG_HTML&=fr&q=KDOC_17072 p.99

²¹ MERLOT, Nicolas. Les orthèses d'épaule (en ligne). Université Henry Poincaré - Nancy 1, Nancy, 2005-2006 (consulté le 17/11/2022). Sciences Pharmaceutiques. Disponible sur <https://hal.univ-lorraine.fr/hal-01733703/document> p.5

L'algoneurodystrophie, aujourd'hui appelé **Syndrome douloureux régional complexe** (SDRC), est un syndrome local, touchant principalement les **extrémités**, et qui provoque une douleur chronique. Elle est souvent accompagnée d'une forte inflammation de la zone, de problèmes de sudation, sensitifs, de circulation sanguine, ...

- **Diastasis et subluxation gléno-humérale**

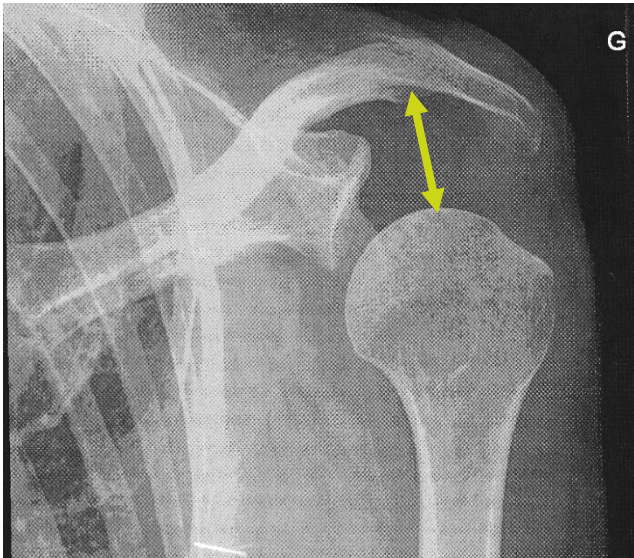


Figure 7 Radiographie du diastasis à la suite d'un AVC de Mme Nelly D., CHR Verviers ©Manon Wagneur 2022

La subluxation gléno-humérale représente le trouble musculosquelettique (**TMS**) le plus courant chez les patients hémiparétiques post-AVC²².

Subluxation : « Luxation incomplète, par déplacement partiel des deux extrémités osseuses d'une articulation »²³.

Elle est constatée chez un **tiers** des patients, soit²⁴ :

- En **phase flasque**, causée par un défaut de maintien de la tête humérale et action de la gravité qui fait reposer le **poids** du bras entier sur la capsule articulaire ;
- En phase **spastique**, causée par un déséquilibre musculaire qui pousse la tête humérale hors de sa cavité.

Dès les **premiers signes de diastasis** (à la palpation ou par imagerie médicale), il est important d'agir, car celui-ci peut dégénérer en subluxation. Cette dernière, en plus d'être **douloureuse** pour le patient, peut compromettre la récupération de la **commande volontaire** du bras plégique.

On remarque plus de cas de diastasis chez les patients **hémiparétiques**, donc le plus souvent dans le cadre d'une hémiparésie **gauche**. En effet, dans ce cas, le patient a tendance à oublier son propre membre, et donc porte une moins grande attention au soin de son bras ainsi qu'à la position de ce dernier.

La subluxation apparaît généralement dans les **trois premières semaines** après l'accident.

²² TEMPERELLI, Margaux. Loc.cit. p.39

²³ LAROUSSE. Définition de subluxation. In Larousse [en ligne]. 2022 [consulté le 17/11/2022]. Disponible sur <https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/subluxation/75061>

²⁴ DE MORAND, Anne. Op.cit. p.66

Enfin, faisons le lien avec la **spasticité**. Dans certains cas, l'accroissement du tonus musculaire peut réduire le diastasis. Néanmoins dans les faits, c'est généralement l'inverse qui se produit. L'amplitude articulaire se retrouve réduite, et la spasticité peut entraîner une **rotation interne** de l'humérus, ce qui va donc favoriser la subluxation. De plus, dans le cas où le diastasis était déjà important en phase **flasque**, l'épaule restera luxée et l'étirement lié au tonus musculaire ne fera que créer des **douleurs supplémentaires**²⁵.

1.1.2.2. Atteintes cognitives

Les dommages cognitifs qui touchent le patient hémiparétique dépendent eux aussi de la **zone du cerveau** qui a été touchée. Le schéma suivant permet d'avoir une idée des cas **les plus courants**²⁶.

• Les troubles de la communication

⇒ *Aphasie* :

Il s'agit d'un trouble du langage acquis. Il se peut qu'il y ait des difficultés de **l'expression motrice**, ou bien de la **compréhension** orale et écrite, ou encore un **mélange** des deux. Il se peut aussi que le patient s'exprime avec des phrases qui sont **malformées** et/ou qui ne **répondent pas** à la question posée.

⇒ *Apraxie* :

Il s'agit ici d'un trouble du **comportement gestuel**. Le patient n'est plus capable de réaliser certains **gestes sur commande**. Cela peut être par trouble de la **production** (incapacité à reproduire un geste) ou par trouble **conceptuel** (incapacité à réaliser le geste adéquat à une activité, difficulté à associer deux objets qui vont pourtant de paires).

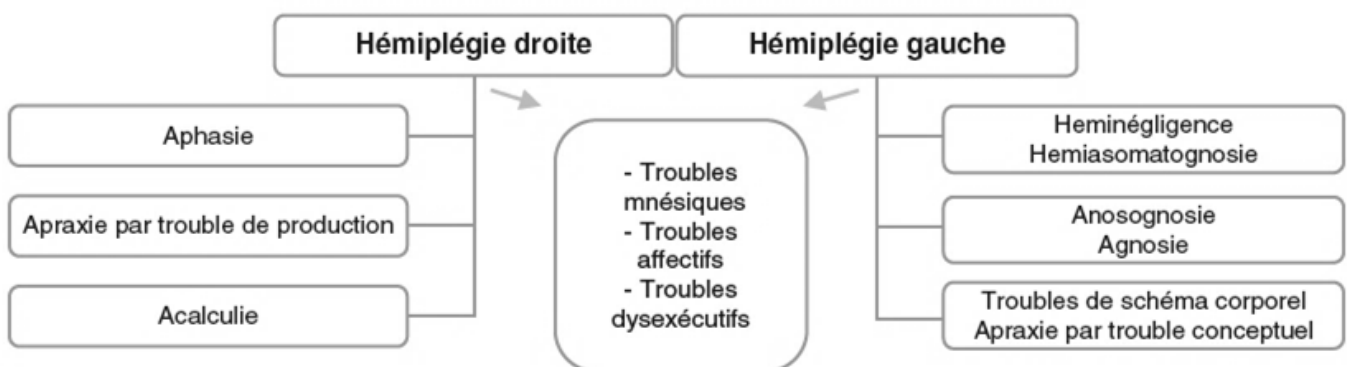


Figure 8 Troubles cognitifs en fonction de la zone touchée ©Anne de Morand, 2014

²⁵ TEMPERELLI, Margaux. Loc.cit. p.27

²⁶ Cette section se base sur DE MORAND, Anne. Pratique de la rééducation neurologique - Chapitre 1 : le patient hémiparétique (en ligne). Paris : Elsevier Masson, 2014 (consulté le 17/11/2022). ISBN : 9782294776878. Disponible sur <https://www.unitheque.com/UploadFile/DocumentPDF/P/R/Q/STY-9782294744020.pdf>. pp. 7-9

- **Héminégligence**

Héminégligence : « trouble de l'attention qui fait suite à une lésion cérébrale, généralement de type AVC, dans une région pariétale – droite ou gauche. Les patients atteints de ce trouble négligent un côté de leur environnement »²⁷.

Ce trouble concerne l'incapacité à prendre en compte **l'hémi-espace controlatérale** à celui de la lésion (donc opposé à l'hémisphère touché). Il touche **50 à 85%** des patients souffrant d'une **hémiplégie gauche**. Ce syndrome est très handicapant dans la réalisation des AVQ.

Le patient peut aussi bien négliger son **environnement** que son propre **corps**. On parle alors de négligence corporelle. Le patient oublie d'habiller son côté gauche, de se raser la partie gauche du visage, ... Ce trouble peut également entraîner une **sous-utilisation fonctionnelle** du membre plégique, d'où l'importance de garder un **contact visuel** sur ce dernier. Enfin le patient peut négliger l'existence même du membre, ce qui affecte également le membre sain qui ne sait pas **s'organiser** en fonction du membre plégique.

- **Agnosie**

Ce trouble rend le patient incapable **d'identifier des objets** lors d'un contrôle sensoriel (à l'aide de l'un des cinq sens). Elle peut être visuelle, spatiale, liée à la palpation, auditive. On parle également **d'asomatognosie** dans le cas d'un trouble de reconnaissance de son propre corps.

- **Troubles de la mémoire**

Ce trouble touche **15 à 20% des patients**. Il peut affecter soit la mémoire à court terme, soit la mémoire à long terme. Il peut également endommager la capacité du patient à raconter des souvenirs.

Ces troubles peuvent être isolés ou faire partie d'un ensemble confusionnel ou démentiel.

27 PAPILLON, Charles-Antoine. L'héminégligence. In Parlons peu parlons sciences [en ligne]. 16 mars 2016 [consulté le 17/11/2022]. Disponible sur <https://www.parlonspeuparlonscience.com/lheminégligence/>

1.1.2.3. Troubles associés

Outre ces différents dommages physiques et cognitifs, le patient hémiplégique est souvent confronté à des **troubles associés** qui ont un impact non négligeable sur son **autonomie**, ses **performances** dans les activités de la vie quotidienne (AVQ) mais également sur sa **qualité** de vie.

Parmi eux se trouvent :

- Les troubles des sphincters ;
- Les troubles sexuels (libido, troubles de l'érection et/ou de l'éjaculation) ayant un grand impact sur la vie sociale et sentimentale ;
- Les troubles de la sensibilité, telles que des sensations souvent désagréables dans le membre paralysé, l'insensibilité au toucher et aux changements de température ou encore la difficulté de reconnaissance des objets à la palpation ;
- La fatigue, le stress, les craintes, les troubles de la concentration (nécessitant de laisser des moments de repos au patient) ;
- La dépression, la perte d'espoir, la tristesse, la perte d'intérêt, l'isolement, l'irritabilité, le manque d'appétit, les troubles du sommeil, les pensées suicidaires, ...

1.1.3. Traitements et revalidation

1.1.3.1. Principes généraux

La **rééducation physique** du patient a de véritables impacts sur la récupération aussi bien **motrice** (marche, préhension), que **sensitive et cognitive** (hémiparésie). C'est un point clé du chemin vers la récupération de **l'autonomie**²⁸.

Au niveau chronologique, la récupération doit prendre place le plus **rapidement possible** après l'AVC. En effet, le patient aura tendance à récupérer principalement pendant **les premiers mois post-AVC**²⁹ (on parle le plus souvent des trois premiers mois³⁰), bien que certains patients continuent à récupérer encore pendant des années.

On classe la vie du patient après un AVC en **trois phases**, durant lesquelles la rééducation prend place de manières différentes³¹.

- Rééducation en **phase initiale** : directement après l'AVC, le patient est aux soins intensifs ou en unité spécialisée ;
- Rééducation en **phase de récupération** : le patient est en centre de revalidation ;
- Rééducation en **phase séquentielle** : le patient est rentré à son domicile, et les soins se font désormais de manière libérale.

²⁸ DE MORAND, Anne. op.cit. pp.18-19

²⁹ Ibid. p.4

³⁰ Ibid. p. 63

³¹ Ibid. pp.28-30

Un deuxième facteur de la bonne récupération est **l'âge** du patient : plus il sera jeune au moment de sa revalidation, plus il aura de chance de récupérer des fonctions motrices et de tirer des bénéfices de sa rééducation³².

Entrent également en compte l'état **émotionnel** et **physique** dans lequel se trouve l'hémiplégique. Comme énoncé dans la section traitant des dommages causés, le patient peut souffrir de douleurs **physiques** (dont celles de l'épaule) et **mentale** (dépression, tristesse, ...). Ces douleurs sont un facteur de **ralentissement** de la **récupération**.

Presque tous les patients vont améliorer leurs performances et leur autonomie avec la revalidation et les traitements, mais certainement pas jusqu'au même **stade**, ni à la même **vitesse**, ni même à la même **fréquence**³³.

Cela implique d'essayer de toujours garder son patient **motivé** et dans les **meilleures conditions** pour mettre toutes les chances de son côté.

1.1.3.2. Rééducation posturale et motrice

Les troubles posturaux peuvent être un réel frein pour la **revalidation** mais également pour la **QDV** de l'individu.

Les techniques mises en place pour restaurer les capacités posturales se basent souvent sur l'utilisation de **biofeedback** (technique permettant à l'individu de reprendre le contrôle des actions de son corps, en visualisant et comprenant des mesures, prises en temps réelles, qui analysent cette même action)³⁴. On utilise alors des **stimuli visuels** et **auditifs** qui permettent au patient de se rendre compte de son asymétrie corporelle, mais surtout de tenter de corriger cette dernière.

On va également mener des **études posturales** en situation d'AVQ afin d'améliorer les performances du patient et donc son **autonomie**³⁵.

Du point de vue **moteur**, la mobilisation du membre plégique est essentielle, et ce à **chaque phase** de la récupération. Celle-ci permet de lutter contre les rétractions musculaires et donc sur les limitations d'amplitude articulaire. C'est pourquoi, il est important de **former** et **d'encourager** le patient hémiplégique à la pratique de **l'auto-mobilisation** du membre plégique par le membre sain. Ces mobilisations doivent toujours être réalisées dans la **douceur** et la **lenteur**, et en posant une attention particulière au maintien de la tête de l'humérus dans la cavité de l'omoplate³⁶.

³² Ibid. p.19

³³ éduSanté. Loc.cit. p.7

³⁴ BARDY, B.G., PÉLISSIER, J.-Y., VAROQUI, D. loc.cit. p.91

³⁵ Ibid. p.92

³⁶ DE MORAND, Anne. Op.cit. pp.28-30

Enfin, pour une récupération motrice optimale et pérenne, on travaille essentiellement sur la **plasticité cérébrale**³⁷. La plasticité cérébrale est la capacité du cerveau à créer de nouvelles liaisons et à se réorganiser afin de retrouver ses « capacités d'avant lésion ». Ce procédé biologique est surtout exploité lors de l'enfance, quand tous les schémas moteurs doivent être acquis, mais le cerveau continue d'évoluer tout au long de sa vie.

Grâce à des exercices sensori-moteurs répétés, on observe deux mécanismes de récupération :

- **Restauration motrice** – le cerveau redécouvre des patrons moteurs élémentaires et proches de la normale ;
- **Compensation motrice** – le cerveau crée de nouveaux moyens, de nouvelles connexions, lui permettant de s'approcher au mieux des patrons moteurs normaux.

1.1.3.3. Récupération sensorielle

Comme je l'ai déjà abordé, l'hémiplégie crée bien souvent une atteinte **sensorielle** au niveau du membre supérieur.

Au niveau de la main, il existe plusieurs techniques et matériels permettant de rééduquer les performances sensorielles, aussi bien **superficielles** (reconnaissance de surface) que **profondes** (reconnaissance de pression, de mouvement).

Une technique bien connue se base sur le matériel **Perfetti**³⁸.

Il se compose comme suit :

- Une valise pupitre servant de support ;

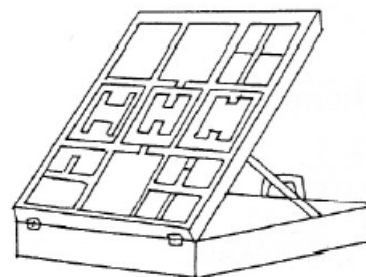


Figure 9 Valise pupitre ©B. Baillet, 1995

- Une série de trois plaques de rugosités différentes (lisse, peu rugueux, très rugueux) et une série de trois plaques de surfaçages différents (rainurée, lisse à pastilles, à quadrillage fin) ;

³⁷ Ce paragraphe est basé sur BARDY, B.G., PÉLISSIER, J.-Y., VAROQUI, D., Loc.cit. p.9

³⁸ Cette section est basée sur BAILLET B., POUBLANC I., Loc.cit. pp.99-102

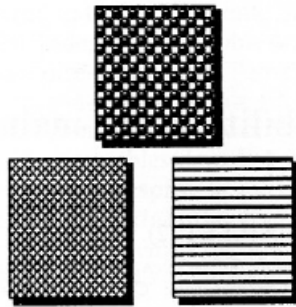


FIG. 2

Figure 10 Plaques de surfaçage ©B. Baillet, 1995

- Une série de trois plaques avec des formes différentes de la lettre H ;

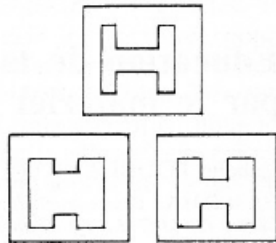


Figure 11 Plaques "H" ©B. Baillet, 1995

- Un plateau rectangulaire avec des ressorts de trois résistances différentes.

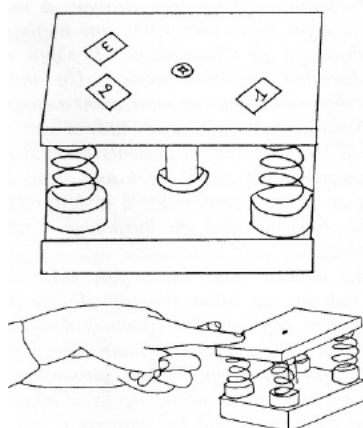


Figure 12 Plaque à ressorts ©B. Baillet,

Le patient doit réaliser des **tests de reconnaissance** se basant sur la reconnaissance au toucher privé de la vue, puis au toucher avec la vision retrouvée, voire même uniquement au visuel.

Les plaques de surfaçage ont une action de réapprentissage sur la sensibilité **superficielle**, les deux suivantes sur la sensibilité **profonde**.

Il a été remarqué que la reconnaissance était en général meilleure quand le poignet de la main plégique est en **flexion**, car l'extension crée des douleurs. **L'inconfort perturbe** la conduction de la **sensibilité**.

Ce type de matériel permet non seulement de réduire les sensations de la main, mais également de détecter les formes **d'agnosie**.

Toujours dans une optique de récupération sensorielle, il est absolument nécessaire que le patient soit continuellement **stimulé** au niveau de son **épiderme** sur **l'avant-bras** et la **main**³⁹. En effet, ces zones étant abondamment innervées, elles sont très sensibles au toucher, aux changements de températures, au mouvement, ...

Il est donc nécessaire de **minimiser les zones de contact continu** entre la peau et, par exemple, un appareil orthétique. Il faut que le patient puisse sentir le mouvement de ses vêtements, l'air frais sur sa peau, ... tous ces stimuli sensoriels qui lui permettront de conserver un maximum de sensibilité au niveau du membre supérieur.

³⁹ Ces deux paragraphes se basent sur Entrevue avec Dr. Lemaire, médecin en Médecine Physique, et Delphine Banneux, kinésithérapeute au CHR de Verviers, le 09/01/2023.

1.1.3.4. Traitement de la spasticité

La spasticité est prise en charge principalement par les **kinésithérapeutes** par de la **mobilisation** ainsi que par l'apprentissage de **l'auto-mobilisation** au patient⁴⁰.

Il est également possible de procéder à un traitement par **chirurgie** de la main, quand cela est possible⁴¹.

Enfin, il existe des **appareillages** qui permettent de contrer certains effets négatifs de la spasticité.



Figure 13 Orthèse de nuit pour main spastique ©Tecfit, 2020

Ces **orthèses**, qui possèdent une partie venant se loger dans la main du patient, sont assez adaptées pour un **port de nuit**. Il est cependant déconseillé d'utiliser le même principe sur une orthèse de jour.

Non seulement, comme je l'exprimais juste avant, il faut éviter les zones de contact continu avec la peau de la main pour garder un maximum de stimulation sensorielle, mais le fait de mettre un objet dans la main du patient en phase consciente a également tendance à encourager les réflexes de préhension tel que le réflexe de **Grasping**⁴².

Le réflexe de Grasping est un réflexe archaïque plus connu dans le cadre du développement des nouveaux nés.

Réflexe de Grasping : « réflexe archaïque de préhension, d'agrippement, consistant à fermer les doigts sur un objet placé dans la main, et qui se manifeste durant les premiers mois de la vie d'un enfant. »⁴³

Quelle que soit la méthode employée, il est important de traiter la spasticité au mieux pour des raisons ⁴⁴:

- **Fonctionnelles**, quand il est envisageable que le membre puisse récupérer une partie de ses fonctions ;
- **Esthétiques** ;
- **Antalgiques**, pour lutter contre la douleur ;
- **Préventives**, afin d'avoir une chance de conserver une certaine amplitude articulaire ;
- **Hygiéniques**, pour éviter la macération et les troubles cutanés.

⁴⁰ DE MORAND, Anne. Op.cit. pp.32-34

⁴¹ Ibid. p.4

⁴² Entrevue avec Dr. Lemaire, médecin en Médecine Physique, et Delphine Banneux, kinésithérapeute au CHR de Verviers, le 09/01/2023.

⁴³ Vulgaris Médical. Grasping reflex, Définition. In Vulgaris Médical [en ligne]. s.d. [consulté le 08/02/2023]. Disponible sur <https://www.vulgaris-medical.com/encyclopedie-medicale/grasping-reflex/>

⁴⁴ DE MORAND, Anne. Op.cit. p.4

1.1.3.5. Traitements médicamenteux

Enfin, il existe évidemment des **traitements médicamenteux**, qui sont prescrits et peuvent être administrés par le médecin. Parmi ceux-ci, citons les traitements ⁴⁵:

- ⇒ Contre la spasticité globale ;
- ⇒ Contre la spasticité locale (infiltration de toxine botulique (botox) le plus souvent) ;
- ⇒ Antidouleurs ;
- ⇒ Antidépresseurs ;
- ⇒ A visée neuro-urologique (afin d'éviter les troubles vésico-sphinctériens).

⁴⁵ Ibid. p.4

1.2. Anatomie de l'épaule

1.2.1. Ostéologie

L'épaule unit le bras au thorax et est constituée de trois **os** : la **clavicule** (en avant), la **scapula** (en arrière, plus communément appelée l'omoplate), et l'**humérus** (latéralement)⁴⁶.

La cavité glénoïde se trouve au niveau de la **scapula** et est donc une surface articulaire dans laquelle vient s'articuler la tête de l'humérus (dont la forme est un tiers d'une sphère de 30 mm de rayon)⁴⁷. C'est cette articulation qui nous intéresse dans l'étude des douleurs liées au **diastasis** de l'épaule.

On peut voir sur le dessin suivant⁴⁸ que la tête humérale prend place dans la **glène de l'omoplate**.

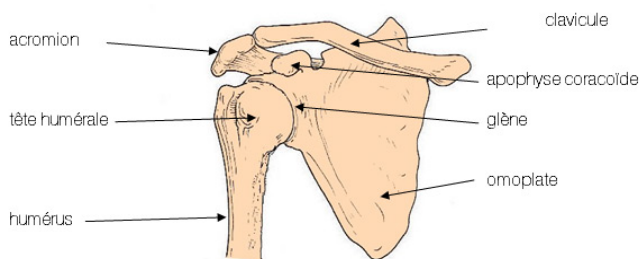


Figure 14 Os de l'articulation de l'épaule ©Nicolas Chanzy

1.2.2. Myologie

Au niveau **musculaire**, l'épaule se répartit en quatre grands groupes principaux⁴⁹ :

Antérieur, dans lequel on retrouve :

- **Le grand pectoral** qui est adducteur et rotateur du bras en dedans ;
- **Le petit pectoral** qui abaisse le moignon de l'épaule, et qui permet d'élever les côtes (= muscle inspirateur) ;
- **Le muscle subclavier** dont l'action est d'abaisser la clavicule et qui est également un muscle inspirateur ;

Interne, qui reprend :

- **Le muscle dentelé** antérieur qui permet de mouvoir la scapula vers l'avant et vers l'extérieur, et qui s'avère être un muscle inspirateur ;

Postérieur dans lequel sont regroupés :

- **Le muscle subscapulaire** qui est un rotateur du bras en dedans et maintient l'articulation scapulo-humérale ;
- **Le muscle supra-épineux**, qui est un abducteur de bras ;

⁴⁶ MERLOT, Nicolas. Les orthèses d'épaule (en ligne). Université Henry Poincaré - Nancy 1, Nancy, 2005-2006 (consulté le 17/11/2022). Sciences Pharmaceutiques. Disponible sur <https://hal.univ-lorraine.fr/hal-01733703/document> p.11

⁴⁷ MERLOT, Nicolas. Loc.cit. pp.11-19

⁴⁸ CHANZY, N. La luxation d'épaule récidivante. In Docteur Nicolas CHANZY - Chirurgien orthopédiste [en ligne]. s.d. [consulté le 17/11/2022]. Disponible sur <http://www.chirurgie-orthopedie-chanzy.com/chirurgie-orthopedique/luxation-epaule-recidivante.php>

⁴⁹ MERLOT, Nicolas. Loc.cit. pp.20-32

- **Le muscle infra-épineux** qui est un rotateur en dehors ainsi qu'un abducteur du bras, et qui maintient en contact les surfaces articulaires de l'articulation de l'épaule ;
- **Le muscle petit rond** qui remplit les mêmes fonctions que le muscle infra-épineux ;
- **Le muscle grand rond**, qui est non seulement rotateur en dedans et adducteur de bras, mais qui sert aussi à élever la scapula et le moignon de l'épaule ;

- **Le muscle grand dorsal**, qui porte le bras en dedans et en arrière, faisant de lui un rotateur interne. Il permet également de soulever le tronc.

Externe constitué de :

- **Le muscle deltoïde** qui est un abducteur du bras.

Parlons enfin de la **coiffe des rotateurs**, qui est un regroupement de quatre muscles déjà cités, mais qui jouent également un rôle de renforcement de la capsule articulaire. On y retrouve les muscles **infra et supra-épineux, subscapulaire et le petit rond**.

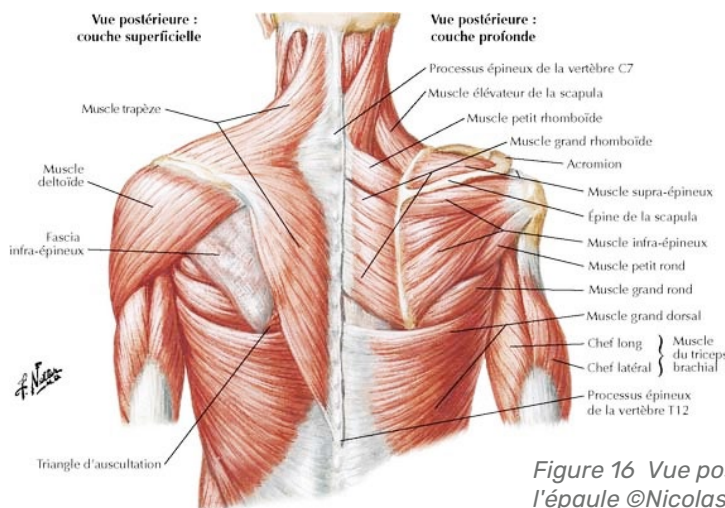


Figure 16 Vue postérieure des muscles de l'épaule ©Nicolas Merlot, 2005-2006

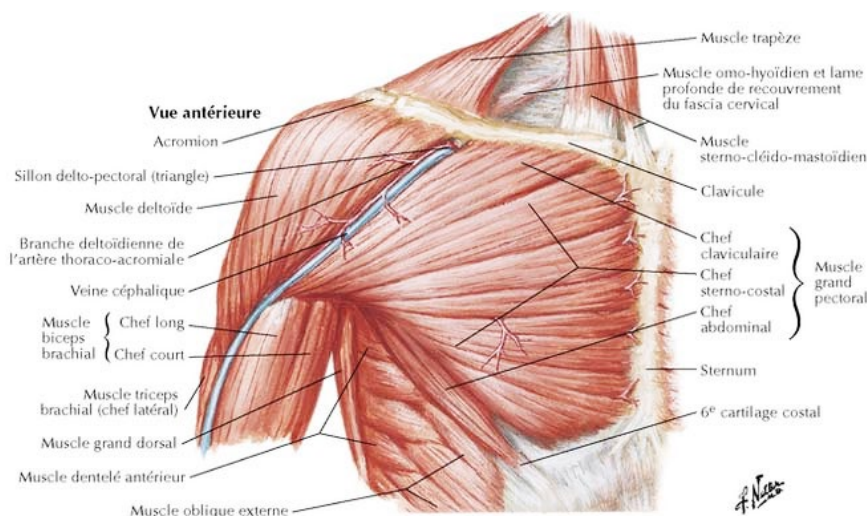


Figure 15 Vue antérieure des muscles de l'épaule ©Nicolas Merlot, 2005-2006

1.2.3. Arthrologie

L'articulation de l'épaule est la **plus mobile** du corps humain⁵⁰. L'épaule est en réalité un complexe articulaire composé de **cinq articulations**, et qui possède donc **trois degrés de liberté**, c'est-à-dire qu'elle permet de se mouvoir dans les trois plans.

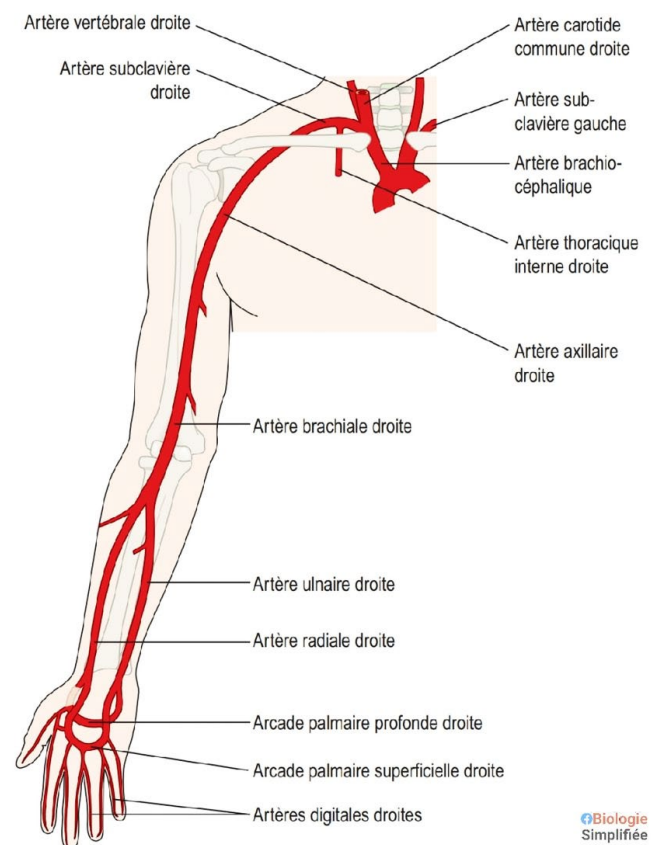
Dans le cadre de ce travail, nous allons nous concentrer sur l'articulation **scapulo-humérale**.

Cette dernière se situe donc entre la **cavité glénoïde** de la scapula et la **tête humérale**. Il s'agit de l'articulation la plus mobile de l'épaule, mais également la plus **fragile**. Elle est fréquemment sujette aux **luxations**, autrement dit la tête humérale sort de sa cavité. Cela peut causer quantité de dommages, aussi bien sur les **tissus mous** que sur les **os**. On entend plus communément parler d'épaule « **déboîtée** ».

Cette articulation repose sur des ligaments passifs, mais également des ligaments actifs qui ne sont autres que les muscles de la coiffe des rotateurs ainsi que le muscle deltoïde.

1.2.4. Vascularisation et innervation

Il n'est pas nécessaire de rentrer dans les détails de la **vascularisation** du membre supérieur dans le cadre de ce travail. Il est néanmoins intéressant de soulever le fait que le bras est irrigué en sang grâce à **l'artère axillaire**, qui fait suite à l'artère subclavière, et qui se sépare ensuite en six branches⁵¹. Il est nécessaire de prendre en compte le **passage de cette artère** pour éviter les points de compression susceptibles de limiter l'afflux sanguin.



Biologie Simplifiée

Figure 17 Vascularisation brachiale ©Nicolas Merlot, 2005-2006

⁵⁰ Cette section se base sur Ibid. pp. 33-35

⁵¹ Ibid.. pp. 44-46

En ce qui concerne **l'innervation**, il est intéressant de situer le **plexus brachial**. En effet, le membre supérieur est entièrement innervé par les branches du plexus brachial.

Il faut donc comprendre que toute **atteinte** au niveau de cette zone peut mener à une **parésie** (paralysie partielle) voire une **plégie** complète du membre supérieur collatéral⁵².

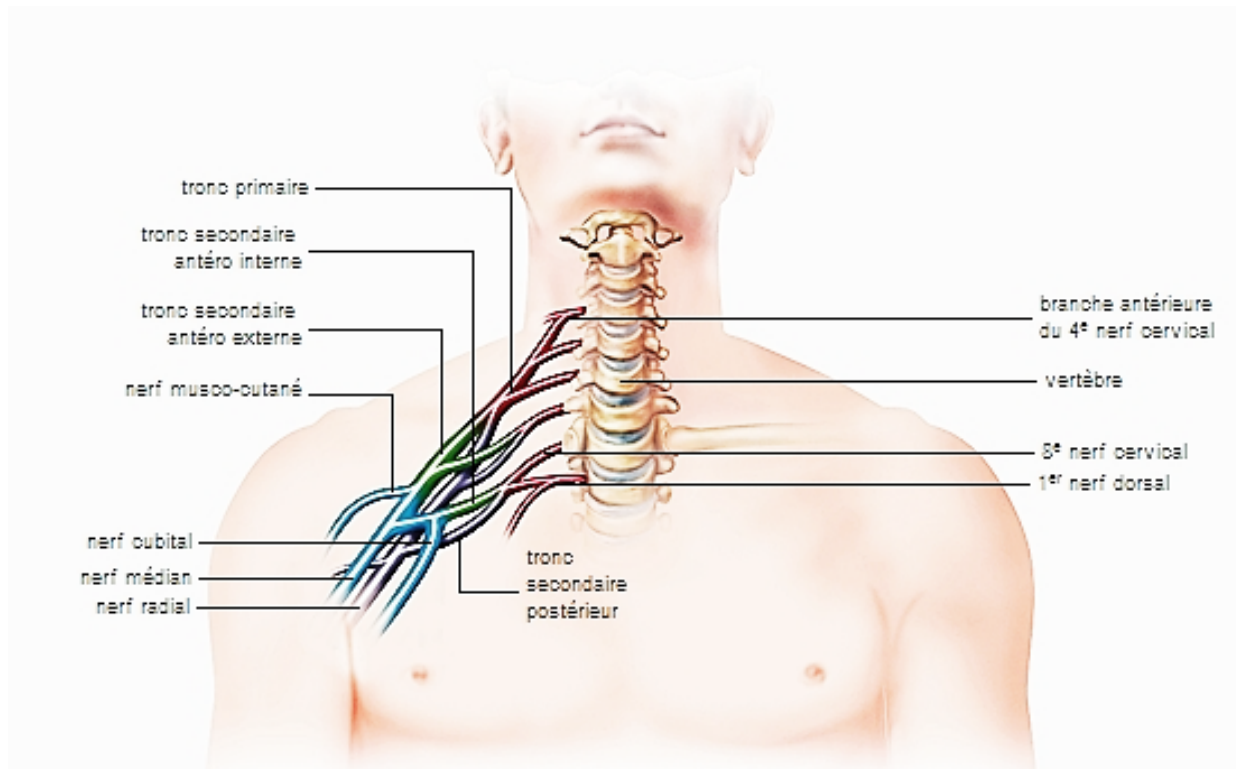


Figure 18 Plexus brachial ©Nicolas Merlot, 2005-2006

⁵² Ibid. pp. 47-49

1.3. Anatomie fonctionnelle

L'anatomie fonctionnelle traite des **types de mouvements** ainsi que les **amplitudes** de ceux-ci dans le cas d'une articulation saine.

Nous allons ici analyser l'articulation de l'épaule qui est, on le rappelle, l'articulation possédant le plus de liberté articulaire du corps humain⁵³.

1.3.1. Axes principaux de mouvement

L'épaule permet de mouvoir le bras suivant quatre axes principaux, dans lesquels prennent place différents types de mouvements.

- 1- **Axe transversal**, qui est l'axe de flexion/extension dans le plan sagittal ;
- 2- **Axe postéro-antérieur**, qui est l'axe d'abduction/adduction dans le plan frontal ;
- 3- **Axe vertical**, qui est l'axe de flexion/extension dans le plan horizontal (le bras est en abduction à 90°) ;
- 4- **Axe longitudinal de l'humérus**, qui est l'axe de rotation interne/externe du bras et du membre supérieur en entier.

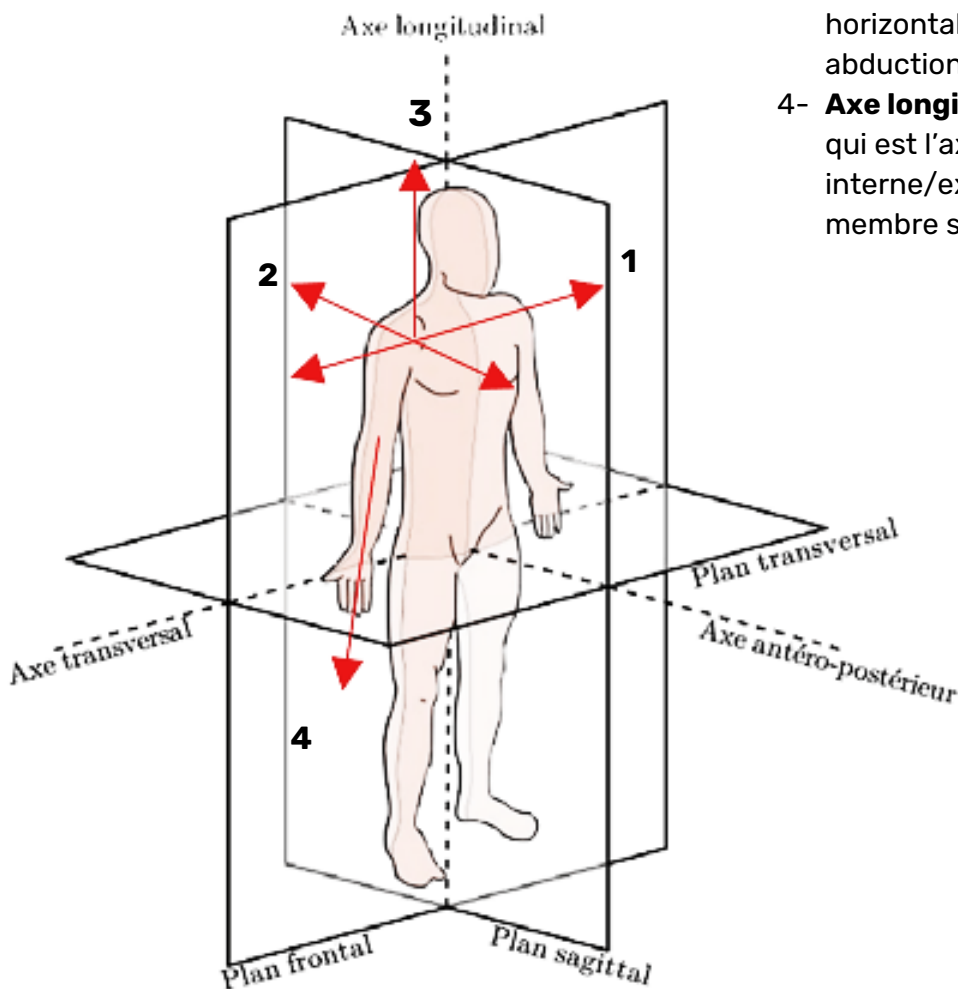


Figure 19 Axes principaux de mouvement ©Nicolas Merlot, 2005-2006

⁵³ Ce chapitre entier repose sur Ibid. pp.36-44

1.3.2. Types de mouvements et amplitudes

1.3.2.1. Flexion – extension

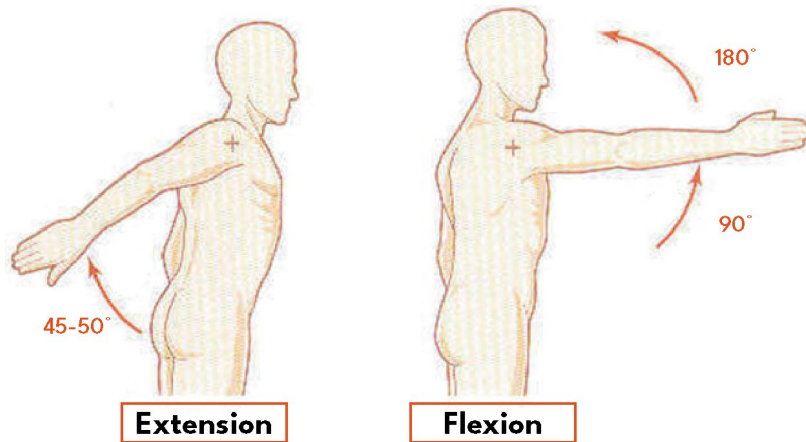


Figure 20 Flexion/extension ©Nicolas Merlot, 2005-2006

1.3.2.2. Abduction

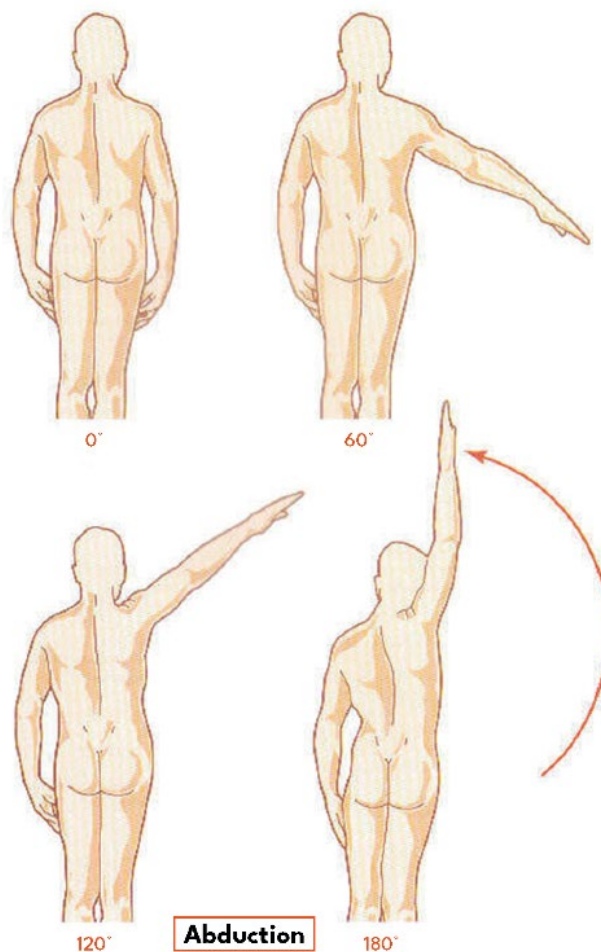


Figure 21 Abduction ©Nicolas Merlot, 2005-2006

1.3.2.3. Adduction



Figure 23 Adduction ©Nicolas Merlot, 2005-2006

1.3.2.4. Flexion-extension horizontale

La position neutre de flexion/extension horizontale (0°) implique que le bras est en position d'abduction à 90° .

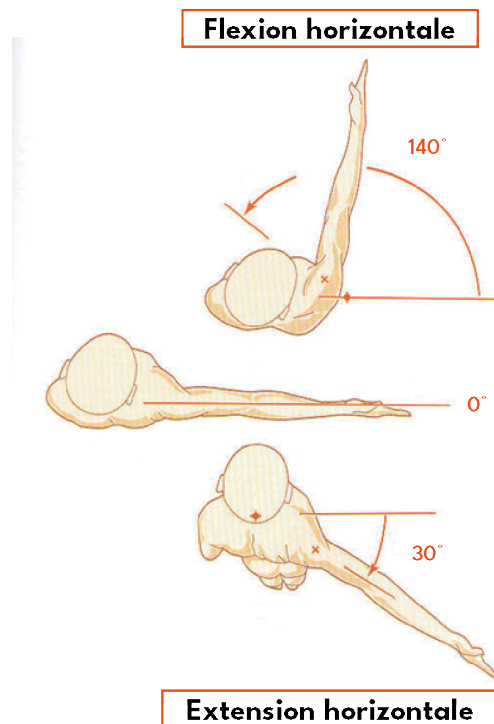


Figure 24 Flexion/extension horizontale ©Nicolas Merlot, 2005-2006

1.3.2.5. Rotation interne-externe

Ici, la position neutre (0°) de la rotation de l'épaule implique une flexion du coude à 90°.

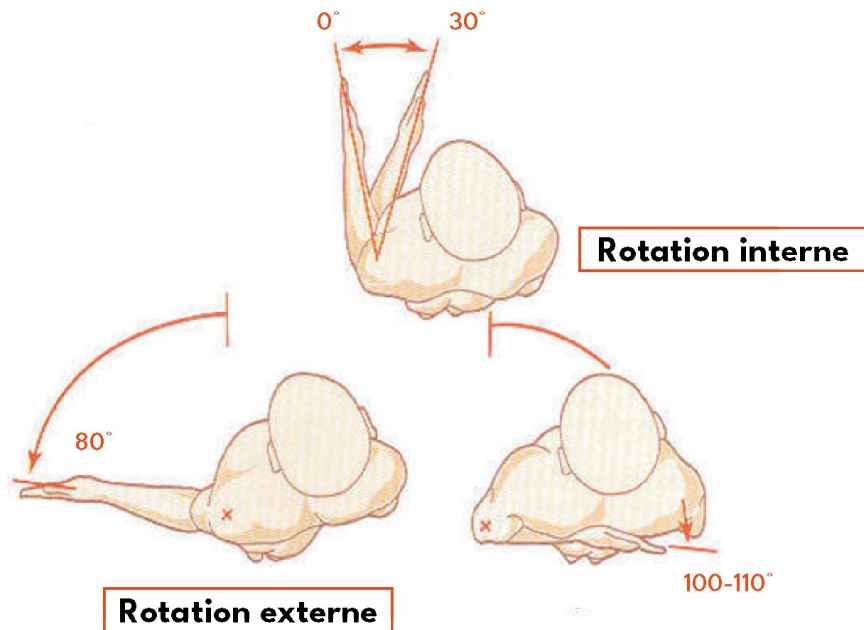


Figure 25 Rotation interne/externe ©Nicolas Merlot, 2005-2006

1.3.2.6. Circumduction

Il s'agit du **cône d'action maximal** que permet l'articulation de l'épaule.

Sa trajectoire est délimitée par les **amplitudes maximales** de chaque mouvement.

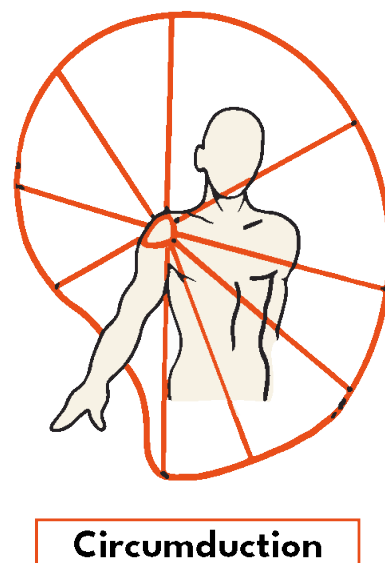


Figure 26 Circumduction ©Nicolas Merlot, 2005-2006

1.4. Appareillage : l'orthèse

1.4.1. Définition et rôle

Si la définition a déjà été donnée dans l'introduction, il est intéressant de faire un point étymologique.

L'orthèse est un dispositif lié à la discipline de **l'orthopédie**. Ce terme utilisé pour la première fois en 1741, provient du grec « *orthos* » (droit) et « *païdos* » (enfant). A l'origine donc, il s'agissait d'une discipline médicale destinée à soigner et prévenir les difformités corporelles chez l'enfant. Aujourd'hui bien sûr, ce terme revêt un sens beaucoup plus large. Cette discipline traite, entre autres, des pathologies articulaires, qu'elles soient de causes dégénératives, traumatiques ou résultantes d'une activité physique ou chirurgicale⁵⁴.

L'OMS donne une liste assez exhaustive des rôles que ce type d'appareillages permet de remplir⁵⁵ :

- ⇒ Améliorer la **mobilité, l'habileté** et les **capacités fonctionnelles** ;
- ⇒ Soulager la **douleur** ;
- ⇒ Restaurer l'aspect **cosmétique** ;
- ⇒ Protéger les **articulations** ;
- ⇒ Prévenir et corriger les **déformations** ;
- ⇒ Prévenir les **déficiences secondaires** (dans notre cas les troubles cognitifs et associés).

En somme, l'orthèse aide son utilisateur à rester **actif** et **productif**, et donc à améliorer son **indépendance**, à **vivre plus longtemps** et avec une **meilleure QDV**.

Les orthèses, dans le cas du soutien du membre supérieur hémiparétique, peuvent être envisagées comme outils de **rééducation** en phase **initiale** et phase de **récupération**, mais peuvent aussi accompagner le patient dans la phase **séquentaire**, voire pour le reste de sa vie.



Figure 27 Orthèses Tecfit ©Manon Wagneur, 2022

⁵⁴ Ibid. p.8

⁵⁵ Cette partie se base sur Organisation Mondiale de la Santé. Normes de l'OMS en matière de prothèses et d'orthèses : 1ère partie - Normes (en ligne). Genève : Organisation Mondiale de la Santé, 2018 (consulté le 17/11/2022). ISBN : 978-92-4-251248-9. Disponible sur <https://apps.who.int/iris/pp.XXII-XXVIII>

1.4.2. Principes de base

On classe les orthèses selon plusieurs critères⁵⁶ :

- **Le type de fabrication** : l'orthèse est-elle réalisée sur-mesure, sur moule ou est-ce un modèle préfabriqué ?
- **L'utilisation** : l'orthèse est-elle utilisée dans un contexte d'activité ou d'inactivité ?
- **La conception** : l'orthèse est-elle articulée ou non-articulée ? Permet-elle certains mouvements ?

L'orthèse est réalisée sur base de **principes mécaniques** (on en retrouve un ou plusieurs dans une même orthèse) et le but est d'atteindre **un ou plusieurs objectifs thérapeutiques**.

Les principes mécaniques sont définis en fonction de l'(des) objectif(s) à atteindre.

Les objectifs thérapeutiques sont multiples et peuvent être cumulables.

Nous trouvons :

L'immobilisation, qui peut être :

- De *traitement* (orthèse portée en permanence et aide à la cicatrisation des lésions) ;
- De *repos* (orthèse portée dans les phases d'inactivité pour soulager la douleur et protéger les articulations).

La stabilisation, qui peut être :

- *Libre* (stabilisation et amélioration de la gestuelle) ;
- *À limitation d'amplitude* (évite d'atteindre des amplitudes douloureuses ou des secteurs instables).

La correction de :

- *Déficits d'amplitude articulaire* (dans le cas de raideurs, permet de récupérer l'amplitude articulaire) ;
- *Déformations* (garde la position physiologique d'un membre déformé).

La suppléance d'un déficit moteur : remplace un groupe musculaire touché et évite les déséquilibres.

La compression, qui peut être :

- *Rigide* (pression constante des zones de cicatrisation) ;
- *Élastique* (favorise la résorption d'œdèmes).

Guider la cicatrisation cutanée : maintien en position d'étirement cutané maximal pour éviter les réouvertures de cicatrices.

⁵⁶ Cette section se base sur : Comité international de la Croix-Rouge. Guide de fabrication : Les orthèses du membre supérieur – Programme de réadaptation physique (en ligne). Août 2015 (consulté le 17/11/2022). Disponible sur <https://www.icrc.org/fr/doc/assets/files/other/icrc-001-0868-04.pdf> pp. 4-6

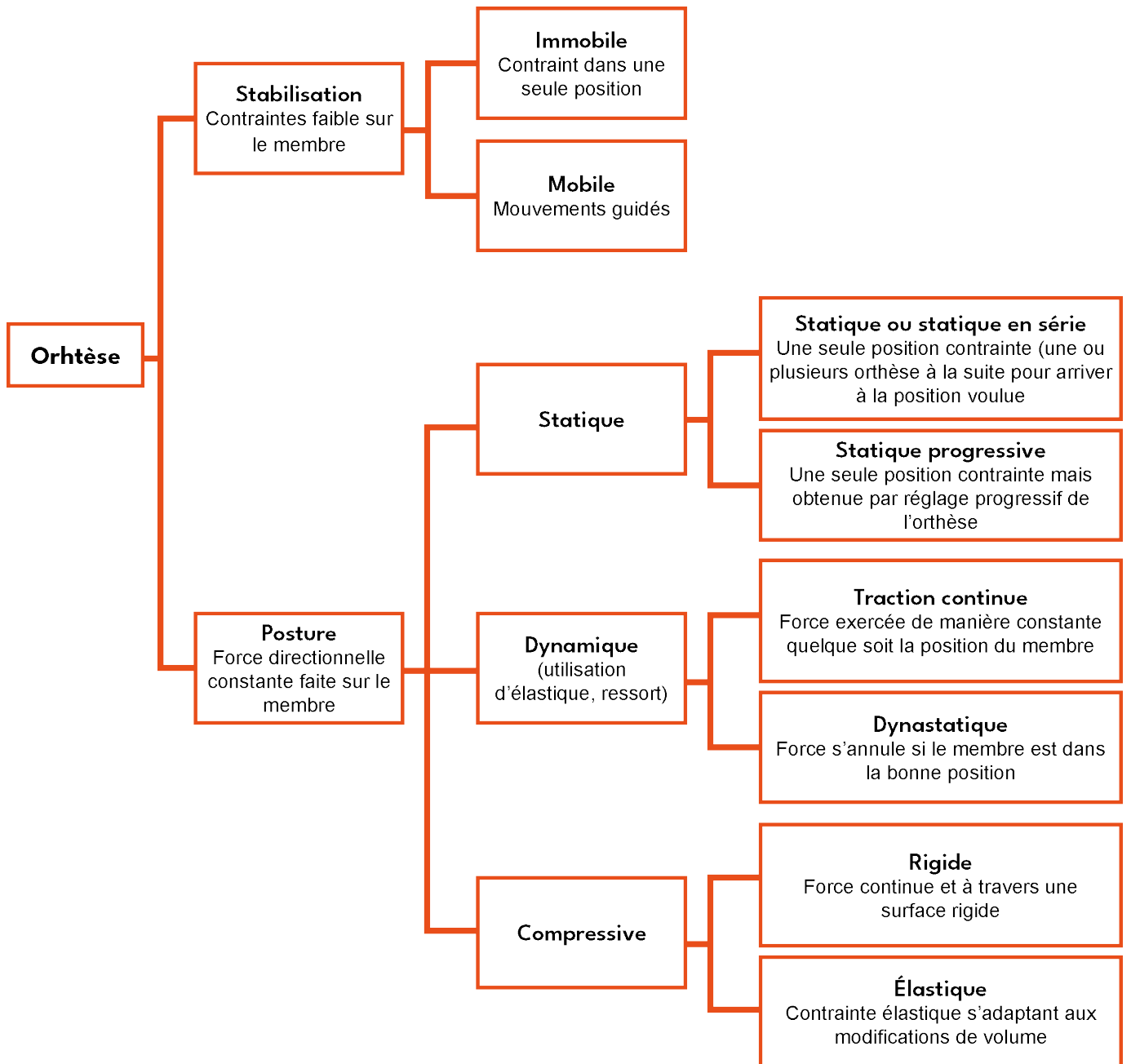


Figure 28 Principes mécaniques des orthèses ©La Croix rouge, 2015

1.5. RÉSUMÉ / Médecine et pathologie

La pathologie étudiée dans ce travail est liée à **l'hémiplégie**. La première cause d'hémiplégie est l'accident vasculaire cérébral (**AVC**), et bien que de différents types et avec des conséquences variables, c'est un **changement brutal** dans la vie de toute personne.

Etant une atteinte cérébrale, les dommages causés sont **dépendants** de la **zone du cerveau touchée**. Ces dommages sont à la fois **physiques** et **cognitifs**.

Dans les dommages physiques, on retrouve donc **l'hémiplégie**, qui est la paralysie de la moitié gauche ou droite du corps. Cette hémiplégie peut être **flasque** (le tonus musculaire est nul dans la partie plégique), **spastique** (le tonus musculaire est accru dans la partie plégique), ou encore un **mélange des deux**.

Les patients ressentent aussi des **douleurs**, principalement au niveau de **l'épaule**. Ces douleurs ont un impact négatif sur la santé mentale, le rythme de révalidation et sur la QDV des personnes concernées. Elles sont souvent dues à un **diastasis**, autrement dit un écart créé entre l'humérus et l'épaule soit à cause du poids du bras non maintenu par des muscles **flasques**, soit à cause d'une **spasticité** du grand pectoral qui tire l'épaule en rotation interne. Ce diastasis peut apparaître dans les trois premières semaines qui suivent l'AVC.

Les atteintes cognitives sont quant à elles à prendre en compte dans la prise en charge du patient. Le cas particulier de **l'héminégligence** peut jouer dans la conception de l'orthèse, puisqu'il est important de **garder la visibilité sur le membre plégique** pour maximiser les chances de récupération.

On distingue trois phases après l'AVC : **initiale** (quand le patient est aux soins intensifs), **de récupération** (quand le patient est en centre de révalidation) et **séquentaire** (à partir du moment où le patient est de retour à son domicile). Il est important, dans le cadre de ce travail, d'agir dès la **phase initiale**.

Il faut inclure dans la réflexion du projet que la **récupération sensorielle** passe par la stimulation constante, et qu'il faut donc **éviter les contacts continus** avec les zones sensibles (main, avant-bras).

On peut aussi envisager d'agir sur le traitement de la **spasticité**, mais en évitant de renforcer le réflexe de **Grasping** du patient. Autrement dit, il faut à tout prix éviter de mettre quelque chose dans la main de ce dernier pendant la journée.

Il est nécessaire d'avoir une bonne connaissance de **l'anatomie fonctionnelle** pour concevoir un objet qui **guide** correctement mais ne **bloque pas** la rééducation par mobilisation.

Je fais le choix d'orienter mon travail vers la conception d'une orthèse, car cet objet aide son utilisateur à rester **actif** et **productif**, c'est-à-dire à retrouver de **l'autonomie** et une **meilleure qualité de vie**.

Je me dirige vers une orthèse de posture **dynamique à traction continue** car j'ai un but de stabilisation mais aussi de correction en présence de spasticité.

2. BESOINS ET ENVIRONNEMENT DU PATIENT

2.1. Patients

2.1.1. Types de patients

Comme je l'exprimais au début du premier chapitre, le **patient** est au centre de mes préoccupations. Dans ce chapitre, je vais analyser tous les facteurs **extérieurs** influant sur la vie de celui-ci, mais également mettre en avant les **sentiments** et ressentis de patients rencontrés. Ce travail nécessite un grand effort d'empathie afin de comprendre au mieux les **besoins très spécifiques** de cette catégorie d'utilisateurs.

Le type de patients rencontrés varient fortement étant donné la vulnérabilité de tous face à l'AVC⁵⁷. Il existe bien des **facteurs** pouvant influencer les risques d'accidents, tels que l'hypertension artérielle, un régime alimentaire peu équilibré, un indice de masse corporelle élevé, ... Néanmoins, l'Organisation Mondiale de l'AVC révèle dans son étude de 2019 que **près de 80%** des patients atteints par un AVC ou une attaque cardiovasculaire faisaient en réalité partie de la tranche de la population avec un **risque faible à modéré** de développer une maladie cardiovasculaire.

⁵⁷ Ce paragraphe se base sur : BRAININ, M., FEIGNIN, V.L., FISHER, M., et alii. World Stroke Organization (WSO): Global Stroke Fact Sheet 2022. *International Journal of Stroke* (en ligne), Vol 17(1), 2021 (consulté le 04 Avril 2023). Disponible sur <https://www.dropbox.com/s/wm12nosylzkk5ea/World%20Stroke%20Organization%20%28WSO%29-%20Global%20Stroke%20Fact%20Sheet%202022.pdf?dl=0>. Pp. 18-29

Par exemple, bien que **l'âge** soit un facteur favorisant d'AVC, et donc d'hémiplégie, ce handicap touche également des patients plus **jeunes**. On considère que le quart des AVC survient **avant l'âge de 65 ans**, la moitié d'entre eux entre 65 et 84 ans et le dernier quart sur les personnes de 85 ans et plus⁵⁸. Les besoins mais surtout les sentiments face au handicap et à la rééducation sont complètement **différents** en fonction de l'âge du patient.

Au niveau de l'étude du membre supérieur plus précisément, dans le cas d'une hémiplégie complète⁵⁹ :

- **38%** des patients retrouvent un certain degré de dextérité dans le membre supérieur ;
- Seulement **10%** des patients retrouvent une préhension fonctionnelle ;

Les douleurs au niveau de l'épaule sont fréquemment rapportées⁶⁰. Les études traitant du nombre de patients hémiplégiques souffrant de **douleurs de l'épaule hémiplégique** sont nombreuses, mais donnent des résultats souvent **peu précis** et **contradictoires**. Une revue de publications scientifiques de 2020⁶¹ explique ce manque de consistance dans les données par un manque de **définition correcte de la problématique** et défend même le point de vue que cela reflète une inconstance dans la **qualité des soins** apportés aux patients des différentes populations.

⁵⁸ FEIGNIN et alii. Les AVC = Fréquence. In Fondation pour la recherche sur les AVC [en ligne]. Octobre 2019 [consulté le 17/11/2022]. Disponible sur <http://www.fondation-recherche-avc.org/fr%C3%A9quence>

⁵⁹ DE MORAND, Anne. Pratique de la rééducation neurologique - Chapitre 1 : le patient hémiplégique (en ligne). Paris : Elsevier Masson, 2014 (consulté le 17/11/2022). ISBN : 9782294776878. Disponible sur <https://www.unitheque.com/UploadFile/DocumentPDF/P/R/Q/STY-9782294744020.pdf> pp.61-63

⁶⁰ CHIN, F., DE PERETTI, C., GRIMAUD O., et alii. Prévalence des accidents vasculaires cérébraux et de leurs séquelles et impact sur les activités de la vie quotidienne : apports des enquêtes déclaratives Handicap-santé-ménages et Handicap-santé-institution 2008-2009. Bulletin épidémiologique hebdomadaire (en ligne), n°1, 10 janvier 2010 (consulté le 17/11/2022). Disponible sur http://handicap.foxoo.com/_internautes/0000006120/photos/beh%201%20janvier%202012%20170112.pdf

⁶¹ ANWER, S., ALGHADIR, A. Incidence, Prévalences, et Facteurs de Risque de la douleur d'épaule hémiplégique : Une revue systématique [Incidence, Prevalence, and Risk Factors of Hemiplegic Shoulder Pain : A Systematic Review]. Int J Environ Res Public Health (en ligne), 17(14), 4962, 2020 (consulté le 4 avril 2023). Disponible sur : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7400080/>

Cette même étude met en avant des **prédominances** dans le type de patient le plus touché par les douleurs d'épaule :

- ⇒ Âgé de moins de 70 ans ;
- ⇒ Genre féminin ;
- ⇒ Hémiplégie gauche ;
- ⇒ Héminégligence ;
- ⇒ Déficience sensorielle ;
- ⇒ Présence de spasticité ;
- ⇒ Pas d'antécédent médical et peu de risques de développer une maladie cardiovasculaire.

Ce « profil » est avant tout utile à titre **indicatif**. Comme je l'exprimais juste avant, nous sommes presque tous **égaux** face à l'AVC, et le type de patients reste donc aussi vaste que la population elle-même.

2.1.2. Facteurs d'influence sur le ressenti et la qualité de vie

Afin de bien cerner la problématique du point de vue du patient, il est possible de quantifier leur bien-être général en utilisant le concept de **qualité de vie** (QDV). Cette QDV peut être calculée à l'aide **d'échelles**, tel que la *Stroke Impact Scale*⁶² (« Echelle de la Qualité de Vie »). Cette échelle repose sur différents critères repris dans le schéma suivant :

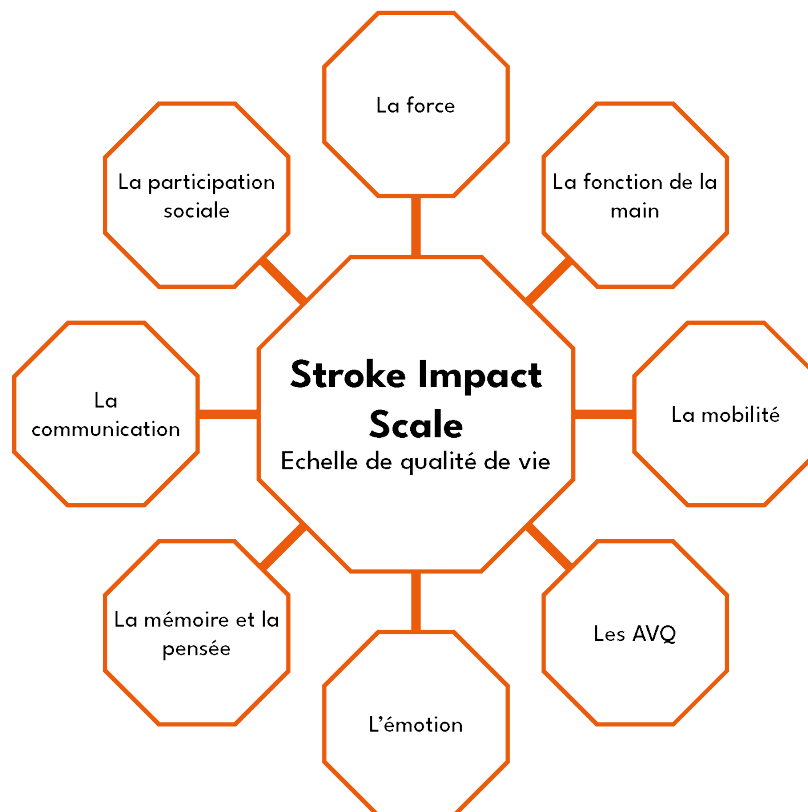


Figure 29 Stroke Impact Scale ©Manon Wagneur, 2022

⁶² DE MORAND, Anne. Op.cit. p.6

Cette échelle nous permet de dégager des éléments récurrents qui exercent une influence négative sur cette qualité de vie. Même si, comme je l'ai exprimé dans le point précédent, il est très compliqué de définir un patient-type, ces facteurs d'influence semblent assez **généraux** et s'appliquent avec plus ou moins d'importance à tous les patients.

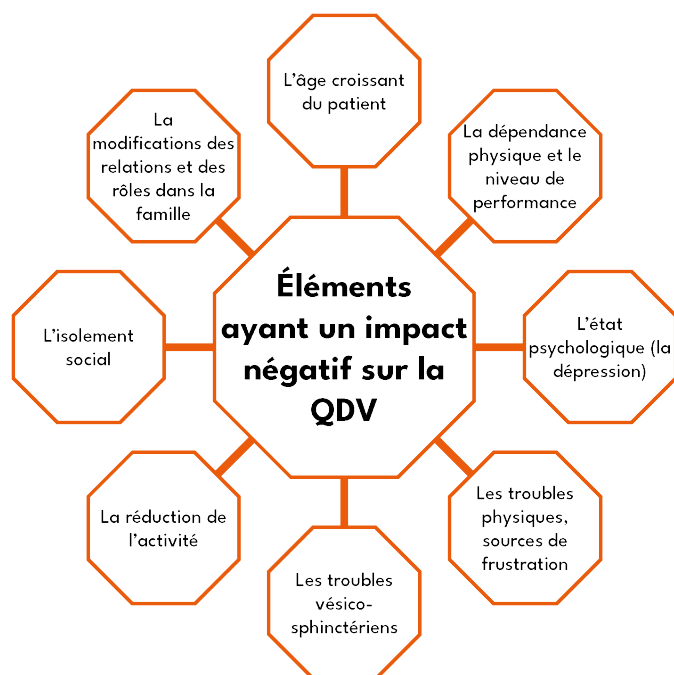


Figure 30 Éléments ayant un impact négatif sur la QDV
©Manon Wagneur, 2022

Sur base de ces **éléments** et des différents **témoignages** que j'ai pu récolter, il est possible de synthétiser différents pôles d'influence.

2.1.2.1. Chronologie

Qu'on se trouve dans les premiers moments post-AVC ou bien des années après l'accident, les sentiments du patient face au handicap ne sont pas du tout similaires.

En fonction de la zone du cerveau touchée par l'AVC, chaque patient subira des changements qui lui sont propres. Mais un point est identique pour tous : la **brutalité** du changement⁶³. Du jour au lendemain, l'individu se retrouve dans le corps d'une personne handicapée, avec la perte de mobilité d'une partie de son corps, parfois la perte de sensibilité, des difficultés de communication, ... Il faut faire avec ce nouveau corps, qui paraît parfois étranger. C'est aussi la première rencontre avec la dépendance, la perte d'autonomie. C'est à ce moment que les patients perdent tout sentiment d'amour-propre.

Bien souvent après des années, la personne hémiplegique se trouve beaucoup plus **résiliente**, elle s'est **adaptée** à son nouveau corps, pratique des activités qui lui correspondent et se sent bien dans sa vie malgré les difficultés⁶⁴. Evidemment, cette résilience et ce courage peuvent être très ébranlés dans le cas où le patient subit encore des éléments ayant un impact négatif sur sa qualité de vie.

La chronologie est également un facteur important dans la pathologie de l'épaule douloureuse⁶⁵. Cette douleur apparaît :

- ⇒ Dans les premiers jours (**10%**) ;
- ⇒ Dans les six premiers mois (**22%**) ;
- ⇒ Entre les six et les 12 premiers mois (**40%**).

⁶³ ASBL GEH. Hémiplegies. In ASBL GEH [en ligne]. s.d. [consulté le 17/11/2022]. Disponible sur <https://www.geh-asbl.be/hemiplegies/>.

⁶⁴ Entrevue avec Nathalie Cr., patiente hémiplegique depuis 33 ans, Bonnelles, le 26/10/2022

⁶⁵ Les statistiques énoncées dans ce paragraphe proviennent de : ANWER, S., ALGHADIR, A. Loc.cit.

Ces chiffres sont à nouveau sujet à discussion au vu du manque de rigueur scientifique entourant les études à ce sujet, mais ils permettent de se rendre compte que l'hémiplégie est évolutive, et que le patient doit sans cesse faire face à de nouveaux défis.

2.1.2.2. Age du patient

Comme je l'ai déjà exprimé plusieurs fois depuis le début de ce chapitre, les patients sont de **tous âges** (pour rappel, 64% des AVC surviennent avant l'âge de 70 ans⁶⁶). Néanmoins, le **ressenti** face au handicap ne sera pas forcément le même en fonction de l'âge auquel ils y seront confrontés. Bien qu'il soit compliqué de faire des généralités, on peut dégager certaines **tendances** à ce sujet⁶⁷.

Pour les personnes **âgées**, il s'agit avant tout d'une infirmité qui vient s'ajouter aux autres signes du poids des années. Le patient plus **jeune**, lui, y voit surtout un arrêt brutal dans ses projets futurs.

Là où la personne âgée n'aura pas l'envie ni la force de se jeter corps et âme dans sa rééducation, le jeune patient participera de manière **assidue** et **perfectionniste** à ses soins, dans l'optique de rentrer le plus tôt chez soi et de reprendre une vie « normale ».

L'acceptation de son état sera en revanche plus délicate, et le nombre de cas de dépression post-AVC chez les patients plus jeunes sont très nombreux.

De plus, après la phase de rééducation, le retour à la vie normale dont on parlait plus tôt sera lui aussi source de stress et de déception. Il faudra du **temps**, du **soutien**, du **matériel adapté** et de **l'imagination**, pour que le patient puisse mettre en place des solutions créatives qui lui permettront de reparticiper à un maximum d'activités.

2.1.2.3. Troubles associés à l'hémiplégie

L'hémiplégie étant liée à une atteinte au niveau du cerveau, il paraît évident qu'elle ne se limite pas à un handicap moteur. La plupart des **dommages physiques, cognitifs** et autres **troubles associés** ont un ascendant particulièrement puissant sur l'autonomie d'un patient et donc sur sa qualité de vie.

Les patients qui souffrent le plus sont ceux porteurs d'un **handicap moteur** gênant les activités de la vie quotidienne (AVQ), ceux qui souffrent **d'aphasie** (difficulté pour communiquer) qui altère leur vie relationnelle ou encore ceux subissant des **douleurs persistantes chroniques**⁶⁸.

⁶⁶ BRAININ, M., FEIGNIN, V.L., FISHER, M., et alii. Loc.cit.

⁶⁷ Cette section se base sur ASBL GEH, loc.cit.

⁶⁸ DE MORAND, Anne. Op.cit. p.6

2.1.2.4. Progrès de la rééducation

Les professionnels de santé remarquent régulièrement des phénomènes de **lassitude** face à **l'échec** lors des exercices de revalidation aussi bien physiques, sensoriels ou cognitifs⁶⁹.

Néanmoins, l'inverse est bien souvent valable. En cas de progrès même minimes, les patients montrent une **motivation** accrue. Ils témoignent d'une envie de dépasser des limites qui leur ont été imposées.

2.1.2.5. Restriction de participation

Dans ce cas, le terme « participation » porte plus sur la dimension **sociale** et **sociétale** du mot.

En effet, la personne hémiplegique vit souvent mal le regard des autres une fois sa place dans la société modifiée : changement de statut par rapport à sa propre **famille**, arrêt complet de **l'activité professionnelle** ou bien **reclassification** professionnelle⁷⁰, ...

Je reviendrai sur l'importance de la prise en charge des patients hémiplegiques du point de vue sociétale dans le chapitre qui traite de l'économie.

2.1.2.6. Facteurs personnels

On parle ici de l'ensemble des **composantes intrinsèques** d'une personne, qui font partie intégrante de son être, et qui pourrait avoir un impact sur sa gestion du handicap ou sur son ressenti émotionnel par rapport à ce dernier.

Nous pouvons citer « *le sexe, la race, l'âge, les autres problèmes de santé, la condition physique, le mode de vie, les habitudes, l'éducation reçue, le mode d'adaptation, l'origine sociale, la profession, le niveau d'instruction ainsi que l'expérience passée et présente (les événements vécus et les circonstances de vie), les schémas comportementaux et les traits psychologiques ou autres*⁷¹ ».

Il est aussi important de prendre en compte les **projets** du patient sur le court-moyen-long terme.

2.1.2.7. Facteurs environnementaux

L'environnement **physique, social** et **attitudinal** entourant l'hémiplegique est le cadre dans lequel ce dernier évolue et mène sa vie⁷². Ce sont des facteurs tout à fait **externes** à sa personne, mais qui peuvent avoir une grande incidence sur son ressenti : un environnement peu adapté jouera sur ses performances et donc sur son autonomie, le regard des autres se modifie en fonction du milieu social, ...

⁶⁹ BAILLET B., POUBLANC I. Éducation de la sensibilité de la main de l'hémiplegique par le matériel Perfetti. Annales de Kinésithérapie (en ligne), n°2, 1995 (consulté le 17/11/2022). Pp. 99-102. Disponible sur https://www.kinedoc.org/dc/api/dc/html?f=LONG_HTML&l=fr&q=KDOC_17072 p. 102

⁷⁰ DE MORAND, Anne. Op.cit. p.18

⁷¹ Ibid. p.18

⁷² Ce paragraphe traitant de l'environnement repose sur : Ibid. p.18

L'environnement au sens large est donc un ensemble d'éléments externes qui peuvent influencer sur le patient, son **moral** mais aussi sa volonté dans la **revalidation** ou encore dans son **acceptation** du handicap et de l'appareillage associé.

Lors d'une prise en charge de patient, il est important de s'intéresser

- **Au mode de vie du patient** : son habitat est-il accessible, est-il suffisamment adapté ? Le patient est-il en mesure de réaliser ses loisirs ? Peut-il se déplacer ?
- **A l'environnement socio-familiale et socioprofessionnel** : comment se sent-il au sein de sa famille ? Au sein de la société ? L'entourage accepte-t-il la pathologie ?
- **Au milieu socio-culturel** : le patient craint-il le regard des autres ? Accepte-t-il sa pathologie et les signes distinctifs qui l'accompagnent (cane, chaise roulante, orthèse) ;
- **Dans quel endroit évolue le patient** : à domicile ? A l'hôpital ? En centre de revalidation ? En maison de repos ?

On se rend rapidement compte que tous ces points sont **liés** entre eux et sont indissociables. Tous les éléments qui touchent au patient vont avoir une incidence sur sa vie et sur sa gestion de la pathologie.

2.1.2.8. Limitation des activités

En fonction de leurs atteintes motrices et cognitives, les patients sont plus ou moins **limités** dans leurs activités (déplacements, chutes, perte de préhension, ...). Il est important de noter qu'au plus le patient est capable de réaliser des **AVQ** de manière autonome, au plus sa qualité de vie et son sentiment d'amour-propre seront élevés.

On peut aussi noter l'importance de **l'activité physique**, non seulement pour ses bénéfices corporels (amélioration de la marche, de l'endurance, réduction des chutes, ...), mais également pour son sentiment de dépassement de soi⁷³. Pratiqué quotidiennement, il permet au patient de garder une vie active, de faire des rencontres, d'avoir des projets d'évolution⁷⁴,...

Lorsque l'on parle d'activités, il faut scinder les activités de la vie quotidienne (AVQ) des autres activités tels que les **loisirs, l'activité sportive, ...**

⁷³ CALMELS, P., CONDEMINÉ, A., COURBON, A., et alii. Hémiplégie et Tour du Mont-Blanc : de l'espoir à la réalité. Annales de Réadaptation et de Médecine Physique (en ligne), n°4, 2005 (consulté le 17/11/2022). Pp. 180-186. Disponible sur https://www.academia.edu/13194629/H%C3%A9mipl%C3%A9gie_et_tour_du_Mont_Blanc_de_l'espoir_%C3%A0_la_r%C3%A9alit%C3%A9?auto=citations&from=cover_page p. 185

⁷⁴ Entrevue avec Nathalie Cr., patiente hémiplégique depuis 33 ans, Bonnelles, le 26/10/2022

L'évaluation de l'autonomie d'un patient passe bien souvent par une analyse et une pondération des AVQ. Il existe plusieurs **échelles**, telles que l'échelle de Katz, ou encore l'échelle de **Barthel**⁷⁵. Cette dernière donne un indice qui est assez intéressant puisqu'il permet d'évaluer sur 100 le niveau d'autonomie d'un patient (voir tableau suivant). Outre l'apport médical de ce test, il est surtout intéressant afin de prendre en compte toutes les AVQ auxquelles il faut faire attention lors de la conception d'un objet pour une personne hémiplegique.

Selon une étude de C. de Peretti⁷⁶ menée en France en 2008-2009, les AVQ posant le plus de problèmes aux personnes sont :

- Les activités de **toilettes** pour 39,4% ;
- L'habillage/le **déshabillage** pour 34,3% ;
- La possibilité de **couper sa nourriture**/de se servir à **boire** pour 31%.

Toutes ses activités peuvent être facilitées par l'utilisation **d'objets adaptés** ou grâce à l'adaptation du lieu de vie. A cela viennent donc s'ajouter les activités dites de loisir (lecture, activités créatives, jeux vidéo, ...) qui ont un impact très positif sur le moral des individus et qui sont souvent réalisées en atelier dans les centres de revalidation.



Figure 31 Coupe-ongle adapté pour utilisation d'une main ©Systemgo, 2023



Figure 32 Ouvre tubes et flacons avec une seule main ©Systemgo, 2023

⁷⁵ CALMELS, P., CONDEMINE, A., COURBON, A., et alii. Loc.cit. pp.11-12

⁷⁶ CHIN, F., DE PERETTI, C., GRIMAUD O., et alii. Loc.cit. p.3

Item	Description	Score	Dates	
1. Alimentation	Autonome. Capable de se servir des instruments nécessaires. Prend se repas en un temps raisonnable. A besoin d'aide, par exemple pour couper	10		
		5		
2. Bain	Possible sans aide	5		
3. Continence rectale	Aucun accident Accidents occasionnels	10		
		5		
4. Continence urinaire	Aucun accident Accidents occasionnels	10		
		5		
5. Déplacements	N'a pas besoin de fauteuil roulant. Autonome sur une distance de 50 m, éventuellement avec des cannes. Peu faire 50 mètres avec aide. Autonome dans un fauteuil roulant, si Incapable de marcher.	15		
		10		
		5		
6. Escaliers	Autonome. Peut se servir de cannes A besoin d'aide et de surveillance.	10		
		5		
7. Habillement	Autonome. Attache ses chaussures. Attache ses boutons. Met ses bretelles. A besoin d'aide, mais fait au moins la moitié de la tâche dans un temps raisonnable.	10		
		5		
8. Soins personnels	Se lave le visage, se coiffe, se brosse les dents, se rase. Peut brancher un rasoir électrique.	5		
9. Usage des WC	Autonome. Se sert seul du papier hygiénique, de la chasse d'eau. A besoin d'aide pour l'équilibre, pour ajuster ses vêtements et se servir du papier hygiénique.	10		
		5		
10. Transfert du lit au fauteuil	Autonome, y compris pour faire fonctionner un fauteuil roulant. Surveillance ou aide minimale. Capable de s'asseoir, mais a besoin d'une aide maximum pour le transfert.	15		
		10		
		5		

Collin C, Wade OT, Davis S et al. The Barthel AOL Index : a reliability study
Int Disabil Studies 1988;10:61-63

Score : _____

Figure 33 Echelle de Barthel ©Anne de Morand, 2014

Considéré également comme occupation de loisir, le sport est pourtant une activité plus qu'essentielle lors de la revalidation et tout au long de la vie du patient hémiplégique. Les bienfaits de **l'activité sportive** sont les mêmes que pour toutes personnes valides (meilleure santé cardiovasculaire, poids sain, tonus musculaire, réduction des douleurs articulaires, ...), mais celle-ci permet aussi d'améliorer la revalidation des membres plégiques, redonne de la confiance et permet de se dépasser aussi bien au niveau physique que mental.

Beaucoup de défis sportifs ont été réalisés avec des personnes handicapées, et la conclusion tend bien souvent vers des sentiments extrêmement positifs, de réelles aventures humaines⁷⁷.

Enfin, l'individu hémiplégique sera confronté toute sa vie à des activités de revalidation aussi bien physiques que cognitives.

⁷⁷ SALOMON TV. On My Own Two Feet : Grimper un 3000 à l'Aide d'une Prothèse. In Youtube [en ligne]. 11 octobre 2022 [consulté le 15/10/2022]. Disponible sur https://www.youtube.com/watch?v=tsnqkwOvZSw&t=63s&ab_channel=SalomonTV

2.2. Entourage

2.2.2. Ressenti

2.2.1. Rôle

Le rôle principal de l'entourage porte sur le soutien. Soutien émotionnel avant tout, soutien physique au besoin. Il faut encourager son proche à réaliser ce qu'il est capable de réaliser seul, sans jamais infantiliser ou « faire à la place » quand ce n'est pas nécessaire. Il en va de même avec le patient aphasique : il faut absolument éviter de parler à sa place et lui laisser l'occasion de se faire comprendre.

Il est important de maintenir un cadre de vie stimulant, principalement pour les patients plus âgés⁷⁸. Mais il faut aussi garder en tête que pour le patient hémiparétique, toutes les activités demandent beaucoup plus d'énergie. Ce sont donc des personnes plus fatigables et pour lesquelles il est nécessaire d'aménager des temps de repos.

Enfin, l'entourage du patient se doit de comprendre et de se former au sujet de la maladie, du handicap et des troubles associés spécifiques à leur proche hémiparétique afin d'adopter les meilleurs gestes possibles, encourager la rééducation et permettre une autonomisation optimale.

Il ne faut pas mettre de côté que l'AVC et l'hémiparésie qui s'ensuit arrive également brutalement dans la vie de l'entourage du patient. C'est toute une dynamique familiale qu'il faut modifier et parfois recréer.

Il peut arriver que la famille soit dans le déni concernant la maladie de leur proche : des enfants incapables d'accepter que leur mère ne soit plus capable de leur faire à manger⁷⁹, des proches qui font appel à la volonté du patient pour régler des troubles du langage⁸⁰, ... Ce déni conjugué à une méconnaissance du handicap peut mettre en péril le processus de réadaptation, voire même accroître le phénomène de dépression post-AVC.

Il se peut aussi que l'entourage ne soit pas capable de supporter le handicap. C'est plus souvent le cas lorsque le patient est âgé et qu'à fortiori, le/la conjoint(e) l'est également. On observe alors souvent un manque de combativité et une certaine passivité⁸¹.

Enfin, il y a bien souvent un sentiment d'abandon une fois arrivé le moment du retour au domicile. Il est alors nécessaire qu'ils disposent de plus de soutien du monde médical, principalement dans l'organisation familiale comprenant maintenant les prises en charge soignantes et rendez-vous médicaux. On remarque que le handicap d'un membre devient alors un « handicap familial »⁸².

⁷⁸ ASBL GEH. Loc.cit.

⁷⁹ Entrevue avec Tom Fischer, Orthoprothésiste agréé chez Tecfit, Trooz, le 20/10/2022

⁸⁰ ASBL GEH. Loc.cit.

⁸¹ Ibid.

⁸² DE MORAND, Anne. Op.cit. p.6

2.2.3. Formations et aides existantes

On parle souvent de l'éducation du patient pour comprendre et gérer au jour le jour son handicap. Mais il est souvent difficile pour celui-ci de transmettre ce qui lui a été appris lors de la revalidation. Passer un délai plus ou moins long, le patient peut oublier des choses, en méjuger d'autres, ... C'est pourquoi il est essentiel que l'entourage familiale se forme auprès des professionnels de santé et autres organismes officiels⁸³. Cela implique de participer aux rééducations du patient et de suivre des formations d'aidants.

Il existe également beaucoup de groupes de soutien et d'ASBL qui regroupent des patients mais aussi leurs proches. L'idée est d'apporter du soutien, de partager les bonnes idées d'adaptation, de matériel adapté, de « hacking » dans la vie de tous les jours, ...⁸⁴

2.3. Intervenants médicaux

2.3.1. Types d'intervenants

Comme décrit depuis le début de ce travail, l'hémiplégie s'accompagne toujours d'un certain nombre de troubles associés en fonction de la zone du cerveau qui a été touchée lors de l'accident.

De ce fait, la prise en charge médicale des patients se fait par des équipes multidisciplinaires faisant intervenir⁸⁵ :

- Des **médecins** (neurologue, médecine physique, chirurgiens, généraliste), chargés des diagnostics, des traitements chirurgicaux et médicamenteux, du suivi ;
- Du **personnel infirmier** chargé des soins et du suivi ;
- Des **kinésithérapeutes**, chargés de la rééducation physique ;
- Des **ergothérapeutes**, chargés d'accompagner le patient dans son retour à la vie de tous les jours ;
- Des **logopèdes**, dans le cas de troubles de la parole ou de la compréhension ;
- Des **psychomotriciens**, chargés de travailler la coordination ;
- Des **orthopédistes** pour les aides techniques, orthèses et prothèses ou semelles orthopédiques ;
- Des **psychologues** et psychothérapeutes, chargés de la santé mentale du patient.

⁸³ ASBL GEH. Loc.cit.

⁸⁴ éduSanté. L'hémiplégie post-AVC (en ligne). 2012 (consulté le 17/11/2022). 12 pages. Disponible sur <https://www.franceavc.com/uploads/files/5b3b2353c26f4.pdf>

⁸⁵ DE MORAND, Anne. Op.cit. p6

2.3.2. Rôle

Chaque rôle médical est bien spécifique, mais leur but commun est de préparer au mieux le retour au domicile pour le patient si son état le permet. Ils cherchent aussi le plus possible à autonomiser le patient aussi bien dans ses AVQ que dans ses rapports sociaux voir même dans une réinsertion socioprofessionnelle.

Les **ergothérapeutes** s'occupent de s'assurer que l'environnement du patient est adapté à sa nouvelle condition (par exemple : pas de sol glissant ni d'obstacle ; hauteurs des assises adaptées, barres d'appuis installées...). Les **psychologues** s'assurent du suivi du patient pour éviter la très répandue dépression post-AVC. Les **kinésithérapeutes** dressent des bilans sur base de discussions avec le patient, d'observations et de tests. Ils s'appliquent ensuite à mobiliser celui-ci, afin de récupérer un maximum d'aptitudes physiques.

A propos des **orthopédistes**, dans un cas idéal, leur action commence dès l'apparition de la pathologie⁸⁶. A ce moment, la priorité est de conserver l'état physique du patient au maximum. L'action des appareils est de prolonger le travail du kinésithérapeute lorsque la séance est finie en maintenant la position idéale des membres.

Passé l'étape initiale de la pathologie, ce concert de spécialistes médicaux avancent ensemble dans le même but : autonomiser le patient et lui rendre une vie la plus normale possible.

⁸⁶ Ce paragraphe est basé sur : Entrevue avec Tom Fischer, Orthoprothésiste agréé chez Tecfit, Trooz, le 06/04/2022

Sans entrer dans les détails, il est surtout important de noter que tous les intervenants médicaux se doivent d'inclure le plus possible le patient dans la réflexion et la prise de décision. Il faut faire de ce dernier un acteur à part entière de sa rééducation⁸⁷.

On peut vraiment voir cette dynamique sous la forme d'une roue multidisciplinaire qui avance vers un but commun.

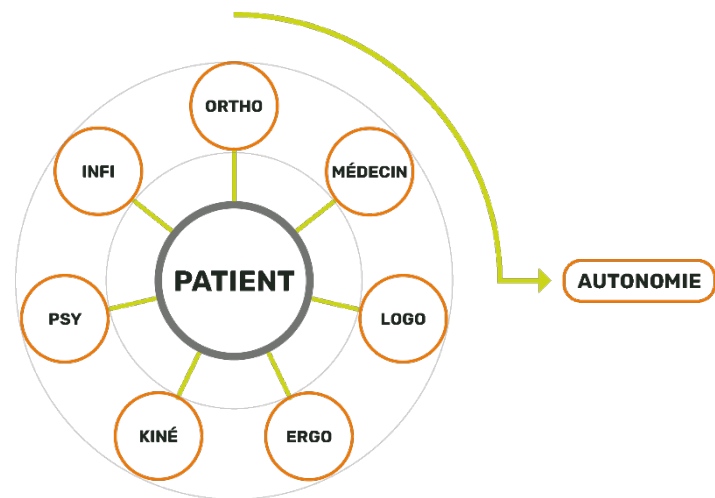


Figure 34 Intervenants médicaux et patient ©Manon Wagneur, 2023

Enfin, il est important de continuer le suivi du patient une fois le retour au domicile. Le médecin généraliste, le kinésithérapeute, l'ergothérapeute, ... tous se doivent d'assurer soit des rendez-vous libéraux soit des visites à domicile pour s'assurer du bon déroulement de la rééducation mais aussi de la vie du patient.

⁸⁷ DE MORAND, Anne. Pratique de la rééducation neurologique - Chapitre 1 : le patient hémiparétique (en ligne). Paris : Elsevier Masson, 2014 (consulté le 17/11/2022). ISBN : 9782294776878. Disponible sur <https://www.unitheque.com/UploadFile/DocumentPDF/P/R/Q/STY-9782294744020.pdf> p6

2.4. Designer

Assez peu abordé jusqu'ici, le rôle du designer dans la santé est pourtant primordial. La vision analytique et multidisciplinaire du design prend tout son sens dans l'élaboration de dispositifs pour les personnes en situation de handicap, de maladie, de blessure.

Pour preuve, citons le thème de la triennale de design Reciprocity ayant eu lieu à Liège en 2018 et de l'exposition Fragilitas dont le but était d'aborder la fragilité « *vue comme une thématique positive, un défi à relever, l'occasion d'analyser et d'améliorer les objets et services qui nous entourent dans une nouvelle perspective⁸⁸* ». Cette exposition permettait non seulement de mettre en avant le design médical et comment le faire accepter plus largement aux yeux de la société (« *Handle With Care* »), mais aussi le « hacking » d'objets pour les adapter à une personne, un patient bien spécifique (« *Design for (every)one* »).

Nous pouvons aussi soulever les nombreuses collaborations entre orthoprothésiste et designer dans l'élaboration de dispositifs de soutien imprimés en 3D⁸⁹, ou bien quand un designer prend part à l'élaboration d'un projet d'orthèse sur-mesure et imprimable en 3D directement par le professionnel de santé.⁹⁰

De mon expérience personnelle⁹¹, je pense avant toutes choses que le designer permet d'amener une nouvelle vision dans un milieu parfois resté sur ces acquis. L'avènement des nouvelles technologies en matière de scanner et modélisation 3D, de prototypage rapide, d'utilisation de matières innovantes, est un levier très important pour l'évolution de la fabrication d'appareillages orthopédiques. A nouveau, les compétences et connaissances multidisciplinaires du designer prennent tout leur sens dans ce contexte.

Notre formation nous pousse à mêler esthétique, industrialisation et fonctionnalité dans les objets que nous dessinons. Cette équation à trois variables ne pourrait pas être plus adaptée à un domaine que celui de l'orthopédie.

De plus, il est essentiel de soulever le point de la sensibilité esthétique. Trop souvent mise de côté au profit unique de l'efficacité médicale, l'esthétisme d'un appareil a un poids beaucoup plus présent dans la tête du patient.

Je tire beaucoup de satisfaction, voire de fierté, à pouvoir proposer à des patients une solution qui, à la fois, soulage des douleurs parfois ancrées depuis des années, et qui prend également en compte leur besoin de « paraître », trop souvent délaissé.

⁸⁸ Province de Liège, Wallonie Design. Programme. In ReciprocityDesign.Liège [en ligne]. 2018 [consulté le 17/11/2022]. Disponible sur

<http://www.reciprocityliege.be/?panel=programme>

⁸⁹ VISIATIV. L'impression 3D révolutionne le secteur de l'orthèse. In Visiativ [en ligne]. s.d. [consulté le 17/11/2022]. Disponible sur <https://www.visiativ-solutions.fr/limpression-3d-dans-le-domaine-de-lorthese/>

⁹⁰ SPENTYS. Une solution simplifiée pour la fabrication de dispositifs d'immobilisation sur mesure. In Spentys [en ligne]. 2022 [consulté le 17/11/2022]. Disponible sur <https://fr.spentys.com/>

⁹¹ Stage de fin d'étude réalisé chez Tecfit – Orthopédie et développement, société d'orthoprothésistes à Trooz, 21 novembre 2022 au 31 janvier 2023

2.5. RÉSUMÉ / Besoins et environnement du patient

Il est impossible de définir un **patient type**, tant les personnes touchées sont **différentes**. Mais les caractéristiques personnelles de chacun vont **influencer** leur rapport au handicap et surtout leur **implication** dans la **revalidation**.

Les douleurs à l'épaule hémiplegique sont encore **méconnues** et ce constat reflète une mauvaise prise en charge générale des patients touchés. Il existe bien un **profil "statistique"** du patient hémiplegique touché par les douleurs à l'épaule, mais il paraît **non pertinent** de s'y fier à 100%.

Plusieurs facteurs influent sur la **qualité de vie** des patients. L'état d'avancement de la pathologie, l'âge du patient, le degré de gravité des séquelles, la progression de la rééducation, ... des facteurs aussi bien **personnels qu'environnementaux** vont avoir plus ou moins d'impact sur la vie du patient.

Le point fondamental selon moi est la capacité **d'autonomie dans les activités de la vie quotidienne (AVQ)**. On peut quantifier cette autonomie par des échelles reconnues médicalement.

La pratique d'activités de **loisir** et surtout d'activités **physiques** sont également très bénéfiques pour la personne.

L'entourage du patient est à prendre en compte et à impliquer dans la revalidation de leur proche hémiplegique. Leur **soutien** est un apport non négligeable dans l'investissement personnel du patient dans sa rééducation.

Outre l'entourage proche, l'individu est également constamment entouré de **professionnels de santé**. Ceux-ci agissent tous à leur niveau dans une sorte de roue qui, avec l'aide du patient lui-même, avance vers un but **d'autonomie** et de vie la plus **normale** possible pour ce dernier.

Le **designer** dans tout cela joue un rôle qui se dévoile de plus en plus à mes yeux. La vision nouvelle et des considérations **fonctionnelles** et **esthétiques** souvent négligées sont remises en avant dans la conception d'appareils orthopédiques. Le designer peut amener beaucoup de **nouveautés** dans ce milieu, et en contrepartie, le fait d'avoir à faire à des patients plutôt qu'à des clients donne une **portée nouvelle** et beaucoup de **sens** au travail de designer.

3. ERGONOMIE, FONCTION ET EXPÉRIENCE

3.1. Anthropométrie

Maintenant que les besoins du patient à proprement parler ont été mis en lumière, je vais m'intéresser à l'expérience utilisateur au travers de considérations ergonomiques, mais également fonctionnelles.

Expérience utilisateur (UX) : correspond « aux réponses et aux perceptions d'une personne qui résultent de l'usage ou de l'anticipation de l'usage d'un produit, d'un service ou d'un système »⁹².

Comme tout objet se rapportant au corps, il est nécessaire de connaître les dimensions de ce dernier afin de pouvoir au mieux répondre aux nécessités de soutien mais également de confort de chaque patient.

Bien sûr, dans le cas d'orthèses sur-mesure, la question ne se pose pas réellement. Mais pour la fabrication ou la personnalisation d'orthèse dites préfabriquées, ces données anthropométriques sont essentielles.

Voici un tableau donnant les proportions des différentes parties du bras suivant la stature du sujet⁹³ mises en correspondance avec les moyennes belges de 2005, mixtes et entre 18 et 65 ans⁹⁴.

Cas	Correspondance DINBelg	Taille (cm)	Envergure (cm)	Epaule	Bras	Avant-bras	Main
Moyenne	Moyenne = 170,6	173	178	0,109	0,132	0,161	0,108
Cas petit		167	172,4	0,236		0,162	0,117
Cas grand		179,9	188,5	0,258		0,155	0,11

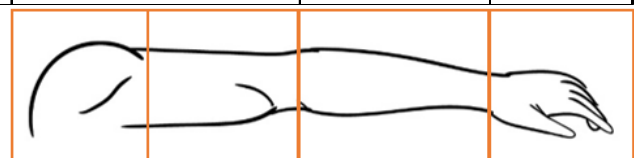


Figure 35 Tableau anthropométrique ©Manon Wagneur, 2022

⁹² NORMAN, Don, NIELSEN, Jakob. La définition de l'Expérience Utilisateur [The definition of User Experience (UX)]. In Nielsen Norman Group. Nielsen Norman Group, World Leaders in Research-Based User Experience [en ligne]. 2016 [consulté 5 avril 2023]. Disponible sur : <https://www.nngroup.com/articles/definition-user-experience/>

⁹³ JOHNSON, Stacey, MCPHERSON, Kristine. Size of a Human : Body Proportions [Taille d'un humain : Porportions corporelles]. In The Physics Factbook [en ligne]. 2006 [consulté le 17/11/2022]. Disponible sur <https://hypertextbook.com/facts/2006/bodyproportions.shtml>

⁹⁴ MOTEMANS, R. Mesures corporelle de la population belge. In DINBelg. DINBelg [en ligne]. 2005-2006 [consulté le 17/11/2022]. Disponible sur <http://dinbelg.be/adultesmixte.htm>

Il est également nécessaire de prendre en compte **la masse** d'un bras, étant donné que l'orthèse est généralement amenée à transmettre cette masse au niveau soit des cervicales, soit de l'épaule opposée.

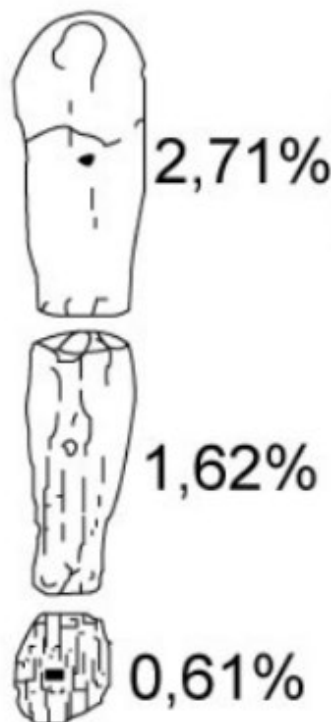


Figure 36 Répartition de la masse proportionnelle du bras ©De Leva, 1996

Proportionnellement, la masse du bras représenterait 4,94% de la masse corporelle⁹⁵, avec une répartition différente dans les trois zones comme indiqué sur l'illustration ci-dessous.

Enfin, il est impératif d'intégrer les particularités physiques inhérentes aux corps humain, telles que la taille de la poitrine ou bien la surcharge pondérale, lors de l'élaboration d'un appareillage.

Dans la même optique, et étant donné que l'hémiplégie dépend de l'hémisphère endommagé, il faut bien sûr envisager le cas d'un appareil droitier, gaucher ou bien retournable pour convenir aux deux côtés.

⁹⁵ Université de Lyon 1. Description géométrique d'un segment corporel. In Biomécanique 3D appliquée aux STAPS [en ligne]. 2021 [consulté le 17/11/2022]. Disponible sur https://biomecanique3d.univ-lyon1.fr/icap_website/3609/71342

3.2. Critères ergonomiques

3.2.1. Notions de confort

Dans une étude menée par Nicolas Merlot (2006) sur les orthèses d'épaule, nous pouvons retrouver une étude expérimentale tentant de faire la comparaison entre deux orthèses différentes⁹⁶. Outre les conclusions de cette expérience qui ne traite pas de l'épaule hémiplegique, il est intéressant de noter ce que les participants ont relevé comme critères de confort lors du port de l'orthèse. Parmi eux nous pouvons donc citer

- ⇒ **Stabilité** : point positif au niveau du rôle médical de l'orthèse mais également au niveau de la douleur du patient ;
- ⇒ **Respect de la position d'immobilisation** : même point positif que la stabilité ;
- ⇒ Point de **compression** au niveau des sangles ;
- ⇒ **Matières** agréables au toucher et non-irritantes ;
- ⇒ Matière trop **chaude** par rapport à la température extérieure ;
- ⇒ Renforts en **mousse** ;
- ⇒ **Résistance** de la matière ;
- ⇒ **Poids** de l'orthèse ;
- ⇒ **Encombrement** qui peut gêner le mouvement (principalement dans des activités physiques).

⁹⁶MERLOT, Nicolas. Les orthèses d'épaule [en ligne]. Université Henry Poincaré - Nancy 1, Nancy, 2005-2006 [consulté le 17/11/2022]. Sciences Pharmaceutiques. Disponible sur <https://hal.univ-lorraine.fr/hal-01733703/document> pp. 149-182

⁹⁷ MERLOT, Nicolas. Loc.cit. pp. 149-182

3.2.2. Praticité

Toujours en s'appuyant sur les retours de cette étude expérimentale⁹⁷ mais aussi sur les différents entretiens menés avec des patients, nous pouvons citer comme critères de praticité :

- ⇒ Lavabilité
- ⇒ Type de **fermeture** (les velcros semblent les plus simples à fermer)
- ⇒ **Nombre de pièces** composant l'orthèse
- ⇒ **Réglages** possibles et types de réglages (boucles réductrices, velcros...)
- ⇒ Respect des **vêtements** et prise en compte de **l'épaisseur** de ceux qui vont être placés sous l'appareil en fonction des saisons.

La praticité est un point essentiel à prendre en compte, car il n'est pas rare que le patient finisse par abandonner l'idée de porter un appareillage par lassitude face à un objet compliqué et contraignant dans la vie de tous les jours.

3.2.3. Affordance

Affordance : « Propriété d'un objet ou caractéristique d'un environnement immédiat qui indique l'utilisation de celui-ci »⁹⁸.

L'affordance revêt ici deux points clés :

- ⇒ La facilité avec laquelle il est possible de comprendre les étapes nécessaires à la pose de l'orthèse ;
- ⇒ La facilité avec laquelle le patient est capable de poser son orthèse seul et en toute autonomie.

⁹⁸ LEROUX, Nicolas. Définition du mot "affordance". In La Langue Française. La Langue Française [en ligne]. S.d. [consulté le 5 avril 2023]. Disponible sur <https://www.lalanguefrancaise.com/dictionnaire/definition/affordance>

Pour le premier point, c'est surtout la présence de **documentation** ou bien l'aide d'un professionnel lors de la **première pose** qui est à prendre en compte.

Ajoutons à cela l'importance de proposer au patient la **possibilité de régler son appareil** en fonction de la situation dans laquelle il se trouve. Je reviendrai sur les différents cas de figure qui pourraient se présenter. Il semble également évident que plus il faudra réaliser d'étapes et de réglages, plus l'orthèse sera considérée comme compliquée. L'optimal serait d'avoir des **préréglages** et que ceux-ci ne soient plus à modifier par la suite.

De l'avis des professionnels⁹⁹, il semble beaucoup plus judicieux d'avoir **deux réglages prédéfinis** (un « de maintien soutenu » et un « de repos ») plutôt que de laisser le patient faire son choix dans une « plage de réglages ».

Il est aussi envisageable d'avoir des **codes couleur** ou bien des **indications** qui soient apposés **directement sur l'orthèse** afin d'aider le patient ou son aidant dans la pose.

Concernant la **pose autonome** de l'orthèse, la tâche s'avère complexe. Dans certains cas, il est tout à fait envisageable que le patient en soit capable. Il faut par exemple que les **fermetures** et **réglages** soient pensés pour être manipulés seulement par la main du membre valide. Cela implique aussi que tous ces éléments de jonctions se trouvent dans le cône de circumduction du bras non-plégique.

Il en va de même pour les systèmes de sanglage, le cas échéant.

Il ne faut cependant pas oublier que les patients souffrent presque à coup sûr de **dommages cognitifs** (hémiparésie, agnosie, ...) qui pourraient mettre en péril toute tentative d'autonomisation de l'individu lors de la pose de son appareillage. Il faut donc, dans la mesure du possible, intégrer des indications se rapportant aux techniques de revalidation cognitive si l'on veut intégrer au mieux le patient cérébrolésé dans la démarche.

Toujours suivant l'avis des professionnels de santé, la **rigidité du dispositif** serait un facteur améliorant la facilité d'enfilage¹⁰⁰.

Cet enfilage autonome de l'appareil peut aussi passer par un **système externe à l'orthèse** qui permettrait d'aider le patient. Cette solution permet de ne pas complexifier l'appareil qui sera porté longuement par la personne en « délocalisant » l'action d'enfilage et de désenfilage.

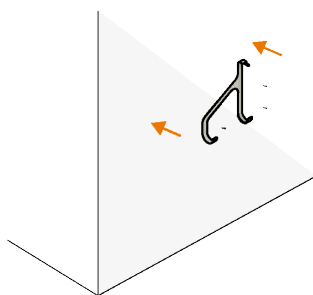
Quelle que soit la solution trouvée, il faut bien garder en tête que **tous les patients sont atteints de manière différente**, et à des degrés différents. Il sera donc impossible de permettre une pose autonome universelle, valable pour tous. Il faudra dès lors opérer des **choix**.

On peut envisager une sorte de scénario d'usage pour le rapport **direct utilisateur-objet**, comprenant l'action d'enfilage/désenfilage, mais aussi le stockage et l'entretien de l'objet une fois l'interaction terminée.

⁹⁹ Entrevue avec Tom Fischer, orthoprothésiste - Prothésiste agréé chez Tecfit, Trooz, le 31/03/2023

¹⁰⁰ Entrevue avec Dr. Lemaire, médecin en Médecine Physique, et Delphine Banneux, Kinésithérapeute au CHR de Verviers, le 09/01/2023.

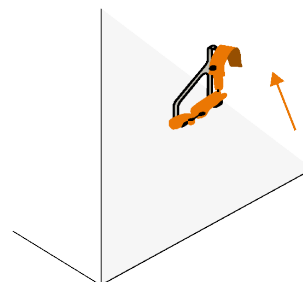
1. Installation du dispositif d'aide à l'enfilage



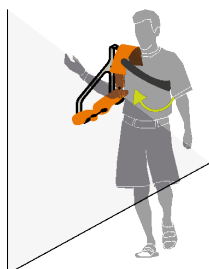
Dans l'entrée du domicile

Fixé au mur
Penser à un dispositif modulable pour les gauchers/droitiers

2. Installation de l'orthèse sur le dispositif



3. Enfilage de l'orthèse



Enfilage autonome

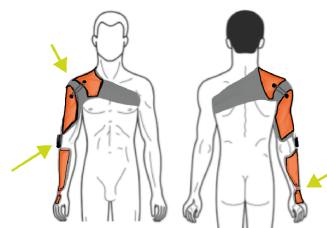
À même le dispositif
Déposer l'avant du bras et la main dans les coques avants
Positionner correctement la coque d'épaule et attacher la sangle
Positionner correctement l'avant du bras
Fermeture de la sangle de poignet

3bis. Réglages de l'orthèse

Multiples articulations réglables

Epaule/coude/main

Élastiques à l'épaule réglables pour libérer la tension
Articulation à cliquet au coude pour positionner le bras à l'angle voulu
Élastique à la main pour libérer la tension



4. Départ/retour du domicile

Activités diverses

Voir scénario/pièces de vie
Utilisation principale de l'orthèse

5. Désenfilage de l'orthèse

Désenfilage autonome

À même le dispositif
Reprendre l'étape 3 à l'inverse

6. Stockage de l'orthèse

Stockage à vue ou non

À même le dispositif
Soit l'orthèse est mise sur son dispositif et reste visible
Soit on cherche à la «cacher» dans le dispositif

7. Entretien de l'orthèse

Pièces lavables à démonter

En fonction des pièces
Garnissage détachable et lavable à l'eau savonneuse
Coque lavable avec un chiffon humide
Entretien et réparation assurés par le fournisseur de l'appareil

Figure 37 Scénario d'enfilage/dés-enfilage ©Manon Wagneur, 2023

3.2.4. Aspect visuel

Thème que j'ai déjà abordé dans ma vision du rôle de designer dans le milieu de l'orthopédie, l'aspect visuel est un point particulièrement essentiel, surtout pour l'utilisateur final. Il faut toujours garder en tête qu'au bout du compte, c'est bel et bien le patient qui va porter et devoir assumer le dispositif au jour le jour.

Il suffit de consulter les catalogues d'orthopédie pour se rendre compte qu'à l'heure actuelle, peu de choses sont mises en place pour **déstigmatiser** le patient. L'aspect général a régulièrement une connotation mécanique, imposante.

Bien que l'appareillage se doit d'avoir un but **informatif** envers l'entourage pour que l'intégrité physique du patient ne soit pas mise à mal par accident ou pas mégarde, le cas d'abandon de l'appareillage pour cause esthétique n'est pas rare¹⁰¹.

Il arrive aussi très fréquemment que les patients soient dans une sorte **d'acceptation forcée**. Ils mettent leurs goûts et leur besoin d'esthétisme de côté car ils sont désormais habitués à ne plus avoir le choix. J'ai surtout pu ressentir cette sorte de résignation auprès des patients hémiplegiques depuis plusieurs années¹⁰².

De plus, le membre supérieur a la particularité d'être **visible de tous** et surtout d'être constamment dans le champ visuel de son **porteur**. L'appareillage est bien souvent porté au-dessus des vêtements et ne peut être caché sous un pantalon ou dans une chaussure (comme c'est le cas pour les appareils de cheville par exemple).

Il faut donc porter une réelle attention à l'esthétisme de l'appareil, et cette attention ne peut se limiter à un simple choix de couleur.

Il est intéressant de remarquer qu'en règle général, les esthétiques visant à **imiter le corps humain** sont tout à fait **déconseillées** par les orthopédistes¹⁰³. La finalité est souvent bien plus dérangement qu'une esthétique plus assumée, plus visible. Le regard porté par les autres semble plus bienveillant, et la stigmatisation est moins grande. Les orthèses plus assumées ont une connotation sportive, active, ou bien encore futuriste, bionique. Dans les deux cas, elles suscitent plus facilement l'intérêt que des sentiments négatifs.



Figure 38 Orthèse articulée de membre supérieur ©Beteille Orthopédie



Figure 39 Orthèse de poignet ©Chabloz

¹⁰¹ Entrevue avec Tom Fischer, orthoprothésiste - Prothésiste agréé chez Tecfit, Trooz, le 20/10/2022

¹⁰² Entrevue avec Nathalie C., patiente hémiplegique, Trooz, le 08/03/2023

¹⁰³ Discussion avec Serge Devreese, Orthopédiste agréé chez Tecfit, Trooz, le 08/03/2023

3.3. Usage

3.3.1. Mise en contexte

Tout d'abord, rappelons le contexte dans lequel l'utilisateur évolue dans sa vie quotidienne. Sur base des divers entretiens que j'ai eu avec les patients, leur entourage et les professionnels de santé, j'ai pu me rendre compte des situations gênantes ou douloureuses, et ce avec et sans appareil.

J'ai résumé les problématiques déjà énoncées dans les chapitres précédents sous forme de pictogrammes.

Sans appareil, la gêne est surtout provoquée par la douleur, mais également par le fait que le manque de contrôle du bras plégique crée des situations de chocs avec l'environnement.

Les problématiques mises en avant lors du port d'une orthèse actuellement sur le marché seront quant à elles développées dans la deuxième partie de ce travail. On peut néanmoins y retrouver la « *dé-fonctionnalisation* » complète de la main et du bras plégique, le manque d'autonomie, le manque de soutien du poignet, le manque de visibilité sur le membre, ...

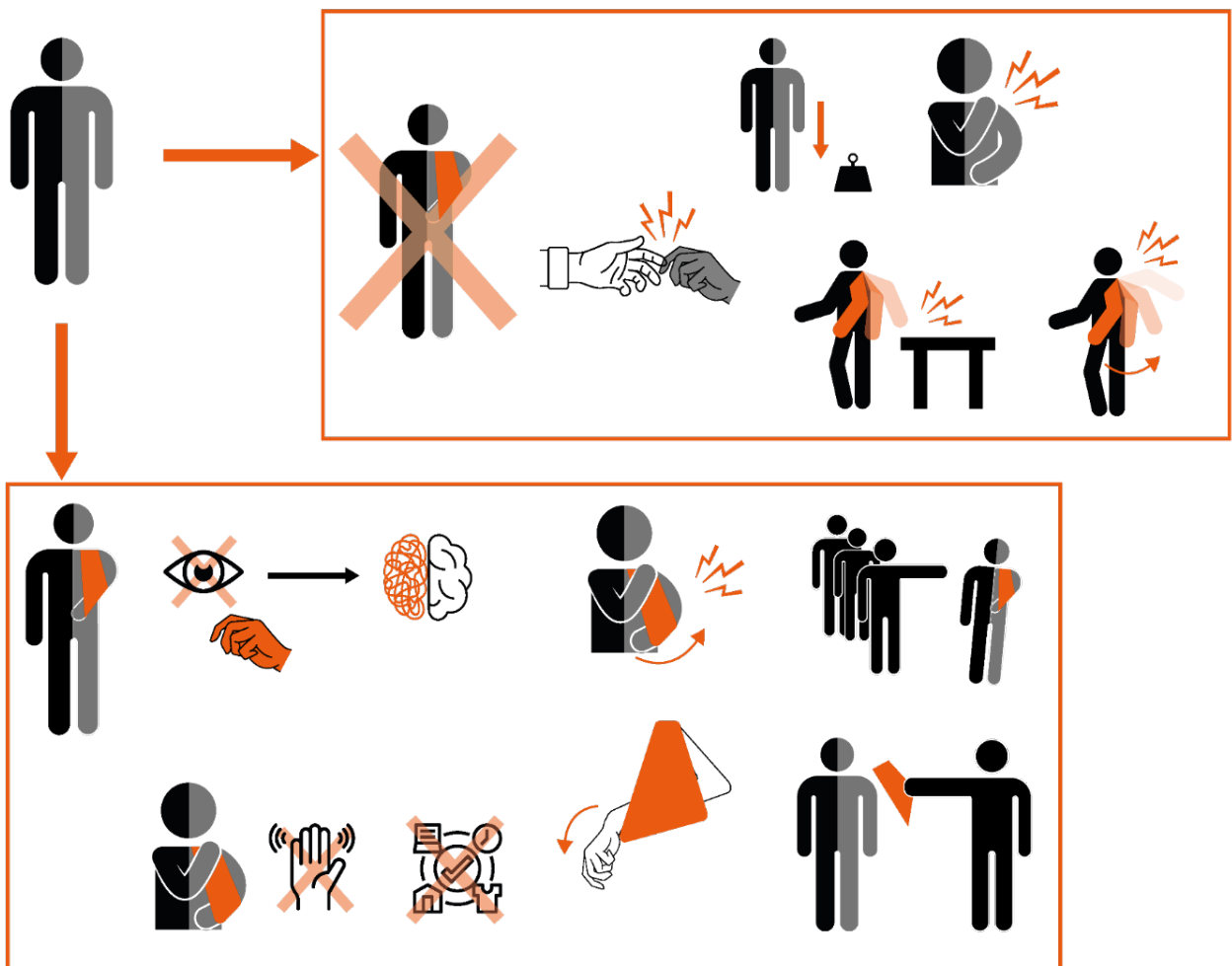


Figure 40 Mise en contexte des problématiques quotidiennes ©Manon Wagneur, 2022

3.3.2. Scénario d'usage

Le dispositif faisant partie intégrante de la vie quotidienne de l'utilisateur, il est plus pertinent de réfléchir les interactions entre le patient et son orthèse en fonction des pièces de vie et des activités qui s'y déroulent.

Pour synthétiser cette réflexion, voici un schéma reprenant le plan d'une habitation annoté.



3.4. RÉSUMÉ / Ergonomie fonction et expérience

L'expérience utilisateur que je souhaite analyser passe par des considérations **ergonomiques** et **fonctionnelles** basées sur les **attentes** et **besoins** des patients.

Du point de vue **anthropométrique**, il est important de se rendre compte que bien que des données statistiques existent, dans le cas d'un appareil aussi **adapté** à une et une seule personne, des **tailles** ne peuvent pas vraiment suffire. Le **sur-mesure** s'impose comme la solution la plus adaptée à la problématique.

Il est évident que le **confort** est primordial, mais il faut également prendre en compte la **praticité** de l'objet.

On parle également **d'affordance** au niveau de **l'enfilage** et des **réglages** de l'appareil : non seulement la personne doit **comprendre** son orthèse, mais elle doit aussi pouvoir la **placer** en toute **autonomie**.

Pour ce faire, j'envisage un dispositif **d'aide à l'enfilage externe** à l'appareil, permettant d'assurer la simplicité d'enfilage tout en ne complexifiant pas l'usage.

L'aspect visuel revêt une importance capitale dans le cadre d'un projet visant à être porté par une personne étant déjà **stigmatisée** dans sa vie quotidienne. Bien que beaucoup de patients se résignent à ne plus espérer des appareils à leur goût, je mets un point d'honneur à développer un produit leur permettant de se sentir bien dans leur peau.

Concernant **l'usage** de l'appareil à proprement parler, j'ai déterminé qu'il servirait principalement dans les moments **d'activités**, c'est à dire plus souvent **en dehors** de l'habitat. Néanmoins, il pourra être utilisé dans les situations où la **fonctionnalisation** du membre est nécessaire (travaux manuels, cuisine, ...).

En revanche, il est clair que la fonction de l'orthèse n'est pas d'être confortable une fois la personne au **repos**. D'autres alternatives moins soutenantes mais plus flexibles existent pour répondre à ce genre de situations.

4. MATÉRIAUX, FABRICATION ET INNOVATIONS

Mes recherches se portant principalement sur les appareils orthopédiques pour répondre à la problématique de l'épaule hémiplégique douloureuse, je vais concentrer ce quatrième chapitre sur la technique entourant la fabrication de ce type de dispositif.

Comme je l'ai déjà abordé dans le premier chapitre, il existe un grand nombre d'orthèses différentes, qui varient en fonction de leur application mais aussi de leur fabricant.

Au sujet de la technique, je vais donc me concentrer sur les **orthèses rigides réalisées sur-mesure** dans l'atelier¹⁰⁴ que j'ai pu observer. Cela me permettra de placer les bases de ce qu'il se fait actuellement, avant de pouvoir présenter par la suite des innovations et inspirations.

4.1. Types d'orthèses

Depuis le début de ce travail, je parle régulièrement d'appareils **sur-mesure**. Pour bien comprendre de quoi il s'agit, il convient d'expliquer les différentes orthèses en fonction de leur processus de fabrication.

- **Appareils sur-mesure** : les pièces sont fabriquées suivant les mensurations des patients. Elles sont donc réalisées sur base de fiches de mesures, qui sont élaborées par chaque orthopédiste et sont adaptées en fonction du savoir-faire de chaque atelier.
- **Appareils fait « sur moule »** : il s'agit d'un type de sur-mesure encore plus personnalisé dès lors que le fabricant conçoit l'orthèse sur un moule (le plus souvent en plâtre) du membre lésé.
- **Appareils préfabriqués** : il s'agit ici plutôt d'appareils réalisés en série par de plus grandes sociétés d'orthopédie. Chaque gamme propose en général différentes tailles, mais il s'agit là du seuil minimal de personnalisation.

¹⁰⁴ Les informations liées aux matières et processus de fabrication de ce chapitre 4 se basent sur : Stage de fin d'étude réalisé chez Tecfit - Orthopédie et développement, société d'orthoprothésistes à Trooz, 21 novembre 2022 au 31 janvier 2023

4.2. Matériaux et composition de l'orthèse

4.2.1. Polymères et composites

Dans le cas d'orthèses rigides, le soutien et la structure se composent en général de coques en matières plastiques ou bien en composites.

Les matières sont choisies en fonction de l'application que l'on veut en faire :

- ⇒ **Fibre de carbone** : grande résistance pour une masse réduite ;
- ⇒ **Kydex®** (thermoplastique acrylique/PVC) : matière plastique très rigide et résistante ayant un effet de surface plutôt esthétique ;
- ⇒ **Polypropylène** (rigide ou souple) : matière plastique permettant de faire des pièces qui ont plus de souplesse, possibilité de faire des coques plus confortables mais moins structurelles ;
- ⇒ **Silicone** : dans le cas d'orthèses particulières telles que celles placées pour lutter contre la rétraction musculaire et la spasticité.

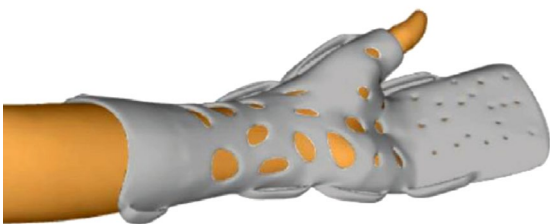


Figure 42 Orthèse Seaflex contre la spasticité ©Tecfit, 2021

4.2.2. Textile

Toujours dans le cas des orthèses rigides sur-mesure, le textile est principalement utilisé comme garnissage.

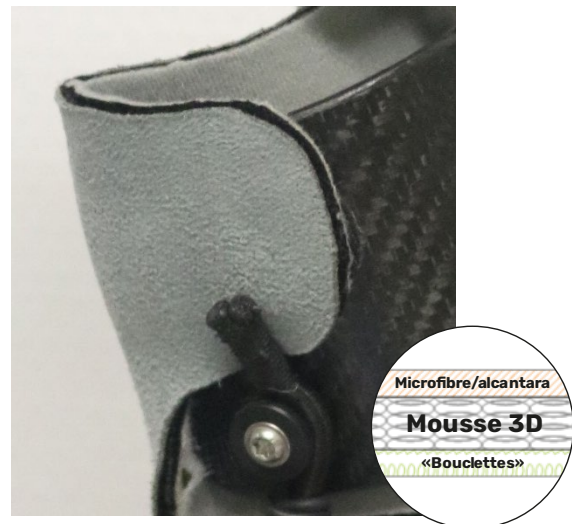


Figure 41 Tissus 3D en garnissage d'un appareil AFO Tecfit ©Manon Wagneur, 2022

Le tissu illustré ci-dessus est un tissu dit « 3D » car étant composé de trois couches différentes qui lui permettent de remplir plusieurs fonctions en une. Il me permet donc d'illustrer ce qu'il faut prendre en compte lors du choix du garnissage des coques.

La couche interne est en contact direct avec la peau du patient. Elle doit donc être douce, ne pas provoquer d'irritation et être aisément lavable. Sur le tissu 3D, il s'agit d'un textile type alcantara ou micro-fibre qui remplit tout à fait ces objectifs.

La couche intermédiaire est une sorte de mousse permettant d'assurer la protection contre les chocs. C'est cette couche qui amène le confort lors du port de l'appareil.

La couche externe est un textile « bouclette », c'est-à-dire que celui-ci agit comme la partie douce du système Velcro®. Cette particularité a pour avantage de faciliter le garnissage des coques, dans lesquelles il suffit de coller des bandes adhésives de la partie dure de ce système de fermeture auto-agrippant.

Il est évident que dans le cas d'orthèses souples, telles que les écharpes, le textile représente la catégorie de matériaux principale. Il s'agit en général de matières synthétiques pour faciliter l'entretien. Mais comme je l'annonçais en introduction de quatrième chapitre, je ne m'attarderai pas dans ce chapitre sur ce type d'appareils.

4.2.3. Aciers et aluminium

Comme exprimé dans la section ci-dessus, les coques rigides servent de structure au dispositif.

Néanmoins, dans le cas d'orthèses articulées, il est nécessaire d'ajouter des montants métalliques reliés à une articulation.

Ces montants se doivent d'être résistants tout en ayant une limite élastique assez élevée. C'est pourquoi, dans le cadre de mon stage, j'ai travaillé avec des montants en acier inoxydable 301, qui est un inox ressort. Cette matière est en effet extrêmement résistante, mais elle a le défaut d'avoir une masse volumique plutôt élevée.



Figure 43 Appareil cruro-pédieux Tecfit
©Manon Wagneur, 2022

Dans le cas d'appareils cruro-pédieux (qui soutiennent à la fois le genou et le pied), on peut avoir recours à de l'aluminium de qualité (Al7075) pour gagner quelques précieux grammes tout en gardant une matière avec une bonne résistance mécanique.

Dans le cas d'une orthèse de membre supérieur, les montants sont beaucoup moins sollicités. La différence de contrainte mécanique est facile à imaginer entre un appareil supportant tout le poids d'un patient et un autre ne devant soutenir que le poids d'un bras.

Néanmoins, la question de la matière des montants reste ouverte puisqu'elle dépendra également de l'économie de moyen qu'il sera possible de réaliser en fonction des autres productions de l'atelier. De plus, il est plus prudent d'évaluer le cas le plus extrême d'utilisation, tel que la chute du patient sur le bras.

4.2.4. Durabilité

La durabilité est un mot d'ordre important à respecter car, comme je l'expliquerai plus tard, les orthèses sur-mesure sont prévues pour tenir **cinq ans**. Un entretien par an est prévu par le fournisseur.

Il n'est donc pas question de faire des choix de qualité moindre en ce qui concerne les matériaux utilisés. On cherchera une grande résistance mécanique ainsi qu'à l'usure.

Il sera plus facile et justifié de remplacer les garnissages dans les cinq années. Ce changement assure le confort et l'hygiène de l'appareil.

4.2.5. Accessoires

Les coques rigides, une fois garnies et équipées de montants, doivent également être munies d'accessoires. Parmi ces derniers se trouvent :

- **L'(les) articulation(s)** : les montants doivent être assemblés à l'aide d'une articulation mécanique. Il peut s'agir d'un simple pivot, mais il est également possible d'y adjoindre des butées d'extension/flexion, des verrous à angle, des pistons et autres aides à l'extension, ou encore des systèmes à cliquets. Ces articulations sont en général couvertes d'un capot qui a un impact esthétique non négligeable sur l'ensemble ;
- **Les élastiques** : ces derniers sont souvent utilisés comme aides à la flexion ;
- **Les sangles** : elles servent à arrimer l'appareil sur le corps du patient. Elles sont généralement garnies pour éviter les zones de frottement ;
- **Les pièces de fixations** : elles comprennent les poulies sur lesquelles viennent se mettre les élastiques, les passants de sangles, ...

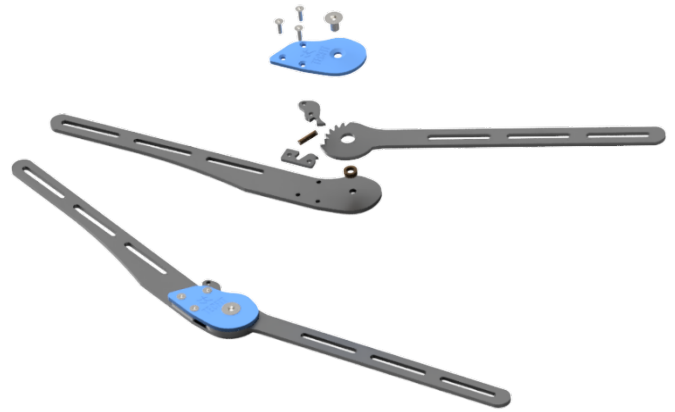


Figure 44 Articulation développée dans le cadre du projet d'atelier ©Manon Wagneur, 2022



Figure 45 Orthèse cheville-pied Tecfit ©Manon Wagneur, 2022

4.3. Processus de fabrication

Il est délicat de définir un seul processus de fabrication étant donné les disparités existantes entre le préfabriqué et le sur-mesure.

Pour garder ma ligne de conduite, je vais donner dans cette section les grandes lignes directrices de la fabrication **d'orthèses rigides sur moule** telles qu'elles sont réalisées chez Tecfit.

Le rapport entre le concepteur et le patient se doit d'être presque direct, ce qui impose un système de fabrication de plus petite échelle. Au sujet des étapes de fabrication, elles sont à la limite entre **industrie** et **artisanat** dans le cadre de la fabrication d'orthèses personnalisées / sur-mesure¹⁰⁵.

Les étapes générales de la fabrication sont les suivantes :

- 1- Entretien avec le patient avec **prise de mesures** et **moulage** du membre ;
- 2- **Coulage** du modèle en plâtre et **retravail** de celui-ci ;
- 3- **Dessin** des coques à même le modèle et découpe des **gabarits** ;
- 4- **Découpe** des coques dans la matière choisie ;
- 5- **Chauffe** de la matière et **tirage** des coques à même le plâtre (sous-vide ou juste contraintes par une bande élastique) ;

- 6- **Retouches** des coques tirées et finitions des chants ;
- 7- Positionnement et fixation des **montants** avec l'**articulation** ;
- 8- Ajout des différents **accessoires** ;
- 9- **Essais** sur patient, réglages et adaptations.

Ayant pu réaliser un premier prototype moi-même, je reviendrai en détail sur ces étapes appliquées à ma solution dans la deuxième partie de ce travail.

Chaque orthopédiste propose donc ses propres types d'appareils. Néanmoins, d'un point de vue théorique, il y a de grandes lignes directrices quant aux zones d'appui à éviter¹⁰⁶ :

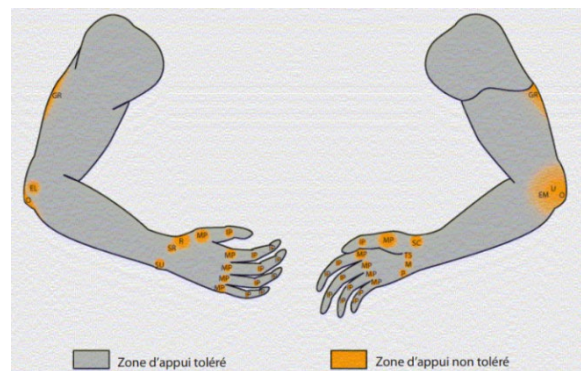


Figure 46 Zones d'appuis tolérées et non tolérées du membre supérieur © Comité international de la Croix-Rouge, 2015

¹⁰⁵ Comité international de la Croix-Rouge. Guide de fabrication : Les orthèses du membre supérieur - Programme de réadaptation physique (en ligne). Août 2015 (consulté le 17/11/2022). Disponible sur <https://www.icrc.org/fr/doc/assets/files/other/icrc-001-0868-04.pdf> pp. 50-53

¹⁰⁶ Comité international de la Croix-Rouge. Loc.cit. p.7

4.4. Innovations et inspirations

4.4.1. Médicales

4.4.1.1. Orthèses hélicoïdales

Bien que ce type d'orthèses ne soit pas réellement nouveau et qu'il ait été déjà accepté comme appareillage approprié dans le cas de lésions du plexus brachial¹⁰⁷, il semble qu'il ne soit que rarement mis en avant dans le soulagement de l'épaule hémiparalysée douloureuse.



Figure 47 Orthèse hélicoïdale ©BMO, 2018

Cette orthèse, à la forme complexe d'hélice peut être articulée au niveau du coude, et a plusieurs actions possibles¹⁰⁸ :

- ⇒ Stabilisation immobile et posture statique (ou mobile si articulation) du **coude** et du **poignet** ;
- ⇒ Stabilisation mobile libre de **l'épaule** ;
- ⇒ **Coaptation** de l'épaule ;
- ⇒ Correction de **déformation** du **poignet** ;
- ⇒ **Suppléance** de déficit moteur ;
- ⇒ Si articulée, correction du déficit **d'amplitude** du coude.



Figure 48 Schéma d'orthèse hélicoïdale membre supérieur © Comité international de la Croix-Rouge, 2015

¹⁰⁷ CNRS. L'ORTHESE HELICOIDALE DU MEMBRE SUPERIEUR DANS LES PARALYSIES DU PLEXUS BRACHIAL. In Bases bibliographiques Pascal et Francis [en ligne]. 1972-2015 [consulté le 17/11/2022]. Disponible sur <https://pascal-francis.inist.fr/cms/a-propos/?lang=fr>

¹⁰⁸ Comité international de la Croix-Rouge. Loc.cit. p.50

4.4.1.2. Orthèses robotisées

De nombreux projets voient le jour dans l'optique de mêler technologie et rééducation du patient hémiplégique.

La robotique peut non seulement offrir des possibilités de suppléer à une fonction musculaire manquante en prenant un rôle moteur pour le membre plégique, mais il est également intéressant de prendre en compte la visée de recherches (prises de données en temps réel, meilleure compréhension des bienfaits profonds de la rééducation, ...) ¹⁰⁹.

On pourrait même envisager d'ajouter un système de biofeedback à l'orthèse pour qu'elle joue un rôle dans la rééducation proprioceptive du patient.

4.4.2. Inspiration du vivant

Dans le cadre de ce projet, il est également possible de sortir du cadre médical, et de chercher l'innovation là où elle est dans sa forme la plus pure : la nature. Je parle de **biomimétisme**.

Biomimétisme : « Nouveau champ scientifique qui étudie les modèles de la nature et imite ou s'inspire de ces concepts et processus pour résoudre des problèmes humains » ¹¹⁰.

On s'inspire donc bien des **processus** appliqués par des espèces vivantes ou des phénomènes naturels. On ne se contente pas d'en copier la forme, car dans ce cas on parle plutôt de *biomorphisme* ¹¹¹.

Il existe quelques exemples qui peuvent inspirer mon travail à différents niveaux.

4.4.2.1. Structure

Du point de vue structurel, je peux citer trois exemples d'êtres vivants qui pourraient inspirer mon travail.

Tout d'abord, le **nénuphar d'Amazonie** ¹¹².



Figure 49 Nénuphar d'Amazonie @asknature, 2020

¹⁰⁹ JARRASSÉ, N., MOREL, G., PASQUI, V., et alii. La conception d'un robot de rééducation au membre supérieur. Kinésithérapie, la Revue (en ligne), n°85-86, 2009 (consulté le 17/11/2022). Disponible sur https://www.academia.edu/61271372/La_conception_d_un_robot_de_re%C3%A9ducation_au_membre_sup%C3%A9rieur?auto=citations&from=cover_page p.63

¹¹⁰ Cette définition est une traduction personnelle de la version originale en langue anglaise présente dans : BENYUS, Janine. *Biomimétisme : Quand la nature inspire des innovations durables [Biomimicry: Innovation Inspired by Nature]*. New-York: William Morrow & Company, Inc., 1997. 320 pages. ISBN 978-0688160999.

¹¹¹ Biomimicry Institute. Qu'est-ce que le biomimétisme ? [What is biomimicry?]. In Biomimicry Institute. Biomimicry Institute [en ligne]. 2023 [consulté le 07/04/23]. Disponible sur <https://biomimicry.org/what-is-biomimicry/>

¹¹² RALEVSKI, Alexandra. La structure nervurée offrant du soutien : Nénuphar [*Ribbed Structure Provides Support : Water lily*]. In asknature. asknature [en ligne]. 25/03/2020 [consulté le 20/03/2023]. Disponible sur : <https://asknature.org/strategy/ribbed-structure-provides-support/>

Les feuilles de nénuphar doivent, pour assurer la survie de la plante, offrir la plus grande exposition pour la photosynthèse. Pour ce faire, leur surface doit être la plus grande possible. Néanmoins cette grande surface représente un danger pour la flottaison de la feuille, et il faut également que cette dernière soit résistante au passage des espèces animales qui l'utilisent comme pont au-dessus de l'eau.

On peut donc synthétiser les trois contraintes que rencontre le nénuphar d'Amazonie comme

- ⇒ **Surface** maximale
- ⇒ **Résistance** maximale
- ⇒ **Flottaison** maximale

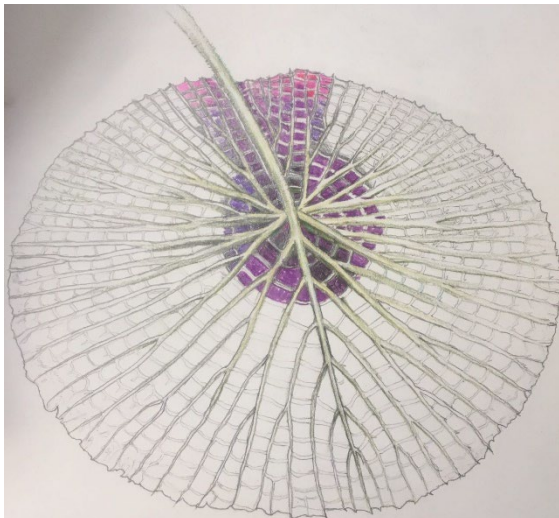


Figure 50 Structure de la feuille de Nénuphar d'Amazonie ©asknature, 2020

La stratégie mise en place par la plante consiste en une structure radiale partant d'une nervure principale plus épaisse qui se subdivise petit à petit en ramifications plus fines. Les nervures ont une forme particulière : elles ressemblent à de petits murs et sont en fait creuses. Il y a donc de l'air emprisonné dans chacune de ces nervures rigides.



Figure 51 Nervures des feuilles de Nénuphar d'Amazonie ©asknature, 2020

Cette structure permet à la feuille de supporter près de 30 kg tout en restant à flot.

Deuxième exemple : les **insectes** et leur exosquelette qui inspirent les ingénieurs dans la fabrication de « flexosquelettes »¹¹³.



Figure 52 Exaerete frontalis, l'étonnante abeille coucou ©Levon Biss, 2022

¹¹³ COXWORTH, Ben. Des robots "flexosquelettes" semi-souples inspirés des insectes [Semi-soft "flexoskeleton" robots inspired by insects]. In New Atlas. New Atlas [en ligne]. 09/04/2020 [consulté le 20/03/2023]. Disponible sur : <https://newatlas.com/robotics/flexoskeleton-soft-robots/>

L'exosquelette des insectes ressemble à une armure rigide, leur permettant de se protéger des attaques extérieures. Cette supposition, bien que vraie, est incomplète : il s'avère en fait que certaines parties sont rigides (pour la protection donc, et la stabilité structurelle) mais que d'autres sont en réalité flexibles. Cette flexibilité permet une plus grande résilience de l'exosquelette mais augmente également la mobilité de l'insecte.

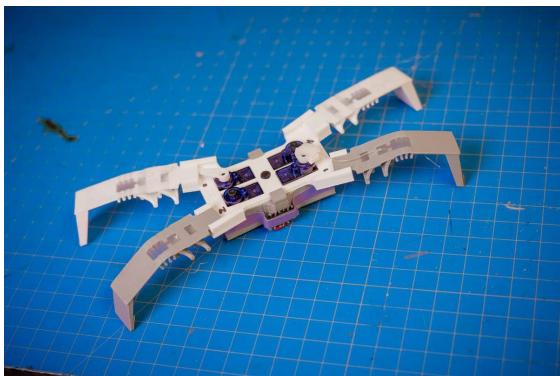


Figure 54 L'un des robots flexosquelettes, dont les jambes rigides/flexibles sont reliées à un module électronique de type Lego © David Baillot, 2020

C'est cette rencontre entre le rigide et le flexible qui a inspiré les chercheurs de l'Université de San Diego pour la conception de robots possédant un "flexosquelette". Il s'agit en fait d'impression 3D de polymère solide directement imprimé sur une feuille de polycarbonate flexible. On obtient une structure flexible en certains endroits qui peut donc se plier et se mouvoir tandis que d'autres parties sont rigides pour maintenir la structure en place.

¹¹⁴Ce point sur la structure des éponges de verres se base sur : AIZENBERG, J., FERNANDES, M.C., WEAVER, J.C., et alii. Des treillis mécaniquement robustes inspirés des éponges de verre des grands fonds marins [Mechanically robust lattices inspired by deep-sea glass sponges]. *Nat. Mater.* [en ligne], n°20, 2021 [consulté le 07/04/2023]. Disponible sur : <https://doi.org/10.1038/s41563-020-0798-1>

Le troisième et dernier exemple d'inspiration du vivant d'un point de vue structurel est l'éponge de mer surnommée **Le panier de Fleurs de Vénus**¹¹⁴.



Figure 53 Eponge de mer (*Euplectella aspergillum*) ©NOAA Okeanos Explorer Program, 2012

Aussi appelée « éponge de verre », l'*Euplectella aspergillum* est composée d'une structure faite de tubes de silice (principal composé du verre) organisés en plusieurs treillis carrés distincts. Ces treillis sont reliés entre eux verticalement, horizontalement et en diagonale par des sortes d'entretoises.

Cette structure très particulière a un intérêt dans la construction de structures portantes (comme des ponts) étant donné que ces treillis carrés reliés en diagonal apportent un ratio résistance/poids très intéressant par rapport aux structures en treillis classiques.

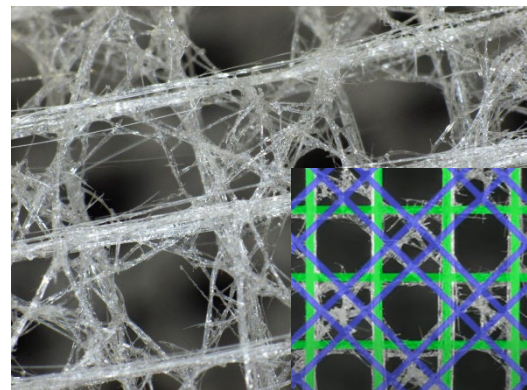


Figure 55 Structure de l'éponge de verre ©Gianluigi Bertin, 2010

4.4.1.3. Optimisation

La nature est souvent à la pointe quand il s'agit d'être efficace et d'optimiser que ce soient les structures comme je viens d'en parler, mais aussi les processus.

Je vais ici faire le lien avec le **design génératif**, qui n'est rien d'autre qu'une forme de biomimétisme. Prenons l'exemple du projet *Dreamcatcher* du département de recherche de la société Autodesk. En s'inspirant de la méthode de croissance des **myxomycètes** (plus connus sous le nom de « *blob* ») qui créent un réseau toujours le plus efficace et le moins énergivore jusqu'à leurs sources de nourriture, la société a développé un programme génératif chargé de concevoir une structure de drone la plus efficace et légère possible.



Figure 56 Structure de drone *Dreamcatcher* ©Autodesk Research, 2016

Ce projet n'est qu'un exemple parmi tant d'autres mettant en pratique le design génératif et d'optimisation.

Le design génératif est en réalité une technique de conception assistée par ordinateur qui permet de produire un très grand nombre de propositions de designs. Il revient au designer / concepteur de faire un choix parmi un panel de possibilités, dont le nombre serait impossible à fournir par un esprit humain.

L'optimisation prend place dans ce design génératif pour permettre de générer des solutions qui répondent toujours plus au problème posé à la base. Parce qu'en optimisation¹¹⁵, on parle bien d'une large gamme de problèmes, solvables par tout autant de solutions, passant par les mathématiques, l'informatique et la modélisation 3D. Mais pour cela, le designer doit être capable d'identifier et de choisir correctement :

- ⇒ Les **objectifs** (ex : minimiser la masse, maximiser la résistance mécanique, ...)
- ⇒ Les **contraintes** (ex : le coût, les matériaux de fabrication, ...)
- ⇒ Les **variables de conception** (ex : les dimensions de l'objet, les processus de fabrication, ...).

Dans le cadre de mon projet, je comptais pouvoir utiliser **l'optimisation topologique**¹¹⁶ : on envisage l'objet comme une enveloppe (une coque d'orthèse par exemple) dans laquelle on met plus ou moins de matière.

¹¹⁵ Ce point sur l'optimisation est tiré de : KELNER, Vincent. Le darwinisme artificiel au service de l'ingénierie...et du design. ESA Saint-Luc, Liège, 2021. Conférence en Master 1 de Design Industriel. 100 pages.

¹¹⁶ Tout ce point sur l'optimisation topologique repose sur : Entretien avec Vincent Kelner, ingénieur civil spécialisé en optimisation, professeur à Helmo Gramme et maître de conférences à l'ESA Saint-Luc Liège, Liège, 31/03/2023.

Autrement dit, on découpe le volume en une infinité de petits points dans lesquels on calcule la nécessité ou non de remplir cet infime point avec de la matière. Le calcul repose bien évidemment sur les objectifs et contraintes que l'on a fixés au préalable.

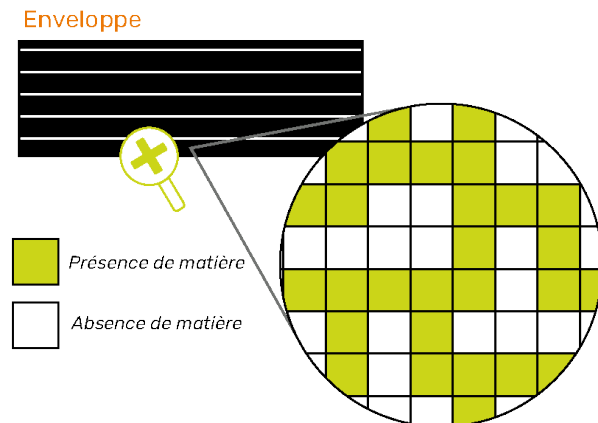


Figure 57 Optimisation topologique ©Manon Wagneur, 2023

Si cela peut paraître trivial, il s'agit en fait d'un travail titanesque, qui repose sur des calculs par éléments finis qui sont très lourds et **très gourmands en temps de calcul**. De plus, on est face au problème connu de **continuité de la matière**. Autrement dit, il faut réussir à appliquer comme contrainte qu'on ne peut isoler de la matière lors de l'attribution de cette dernière dans toutes les petites cases précédemment citées. Il faut que la matière soit continue.

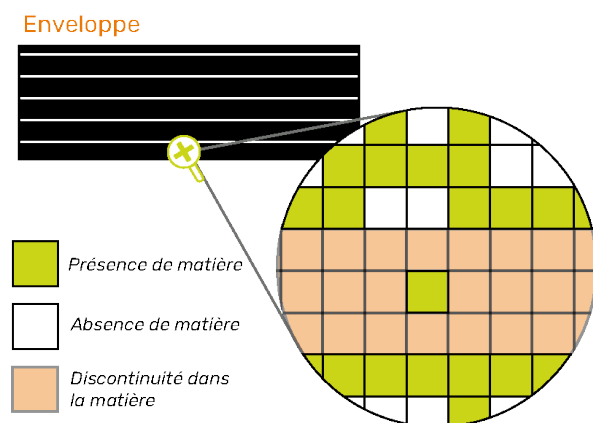


Figure 58 Problème de continuité de la matière ©Manon Wagneur, 2023

De plus, il faut être capable de **paramétrer** le problème numériquement, ce qui n'est pas toujours aisé. Si l'on prend par exemple le confort comme contrainte, il est très compliqué de numériser ce type de critères. Il existe bien des réseaux neuronaux artificiels qui pourraient se baser sur une base de données de ressentis de patients réels, mais cette méthode est encore plus compliquée.

Aux vues de toutes ces difficultés, on peut se poser la question de la justification de l'utilisation de telles ressources pour le problème posé. Étant un projet qui va très probablement varier beaucoup d'un utilisateur à l'autre, il est d'autant plus compliqué de prévoir une paramétrisation qui correspondra à tous.

Ce qui ressort de cette réflexion est que l'on peut dès lors envisager l'utilisation de design d'optimisation dans ce travail de deux manières. Ces dernières sont plus simples et reposent sur des programmes déjà existants. Cela semble plus réaliste, même si l'une d'elle nécessite encore du travail.

La première solution, qui est la plus compliquée à mettre en place, sera de faire de **l'optimisation de forme**. Autrement dit, il faudra d'abord paramétrer des variables qui seront à optimiser (les dimensions, les évidements de matière) et qu'il faudra également limiter pour éviter les propositions farfelues. A cela, il faudra venir ajouter des contraintes numériquement programmables. On calculera ensuite les dimensions optimales pour répondre aux « fonctions objectifs », qui sont ici de maximiser la résistance mécanique tout en minimisant le poids.

La deuxième solution se base sur la vision plus habituelle que l'on a du design génératif : des formes très organiques, avec des **structures en nid**. C'est la position et le nombre de nœuds reliant les fils de matière qui influent sur la résistance de l'objet et sur son poids.

Cette méthode a déjà été largement utilisée par les designers, et elle est beaucoup plus accessible.

En effet, des modules présents dans des programmes de conception 3D comme PTC Creo, Rhino ou encore Fusion 360 sont disponibles.

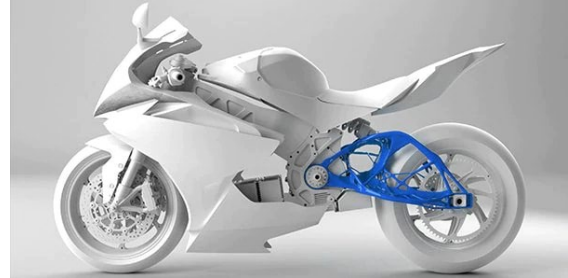


Figure 60 Pièce réalisées avec le module génératif de Fusion 360 ©Autodesk



Figure 59 AI Chair par Philippe Starck ©Kartell, 2020

Il s'agit dès lors de programmes clé en main, nécessitant une bonne compréhension du programme 3D, et un peu de formation concernant la prise en main du module spécifique : comment paramétrer ses contraintes, quelles bornes leur donner, quelle matière je souhaite utiliser, ...

Le reste du design est géré par le programme, qui sort la version la plus optimale, selon ces critères, parmi ses très nombreuses générations précédentes.

4.5. RÉSUMÉ / Matériaux, fabrication et innovations

Ayant déjà justifié le choix des orthèses sur-mesure, je ne m'étends pas sur les procédés et matériaux de fabrication des orthèses préfabriquées. Il faut avant tout penser à la **durabilité**, puisque les appareils sont prescrits pour **cinq ans**, à raison d'un **entretien** par an.

A l'heure actuelle, le choix de matières **plastiques - rigides** pour certaines coques, plus **souples** pour d'autres - se justifie. Sur le long terme, une réflexion sur des matériaux plus **écologiques** et **innovants** n'est pas du tout exclue.

Ces coques doivent être garnies d'un **textile confortable, lavable, respirant** et absorbant les **chocs**, tel que les tissus dit "**3D**".

Les montants et articulations doivent nécessairement être dans des matières à haute **résistance mécanique**, et **inoxydables** puisque les patients peuvent tout à fait envisager des activités dans des environnements à haut taux d'humidité.

Les **accessoires** dépendront des **articulations** choisies entre les coques. Il est nécessaire de penser à leur **intégration formelle** ainsi qu'aux **réglages possibles**, qu'ils soient destinés aux professionnels de santé ou au patient directement.

La fabrication nécessitera sans doute au moins un moulage de **l'épaule** et une prise de mesure correcte du reste du membre supérieur. Dans le cas de coques en matières plastiques rigides, la méthode de **tirage** sous vide ou non semble efficace. Evidemment, une bonne connaissance des **zones d'appuis prohibées** permettra de dessiner les gabarits des coques le plus efficacement possible.

L'assemblage et les **alignements** des différentes coques nécessiteront des **essais** sur le patient.

Concernant les **innovations**, la **robotique** semble **injustifiée** dans ce projet. Certes, l'avenir tend très probablement vers ce genre de solution, mais à l'heure actuelle, et même dans une optique de moyen terme, elle semble disproportionnée comparée à la problématique.

Le **vivant** est une source d'inspirations inépuisable, et c'est principalement dans les processus **d'optimisation** que je compte puiser

Pour commencer, l'utilisation de structures en **nid** paraît la plus accessible et la plus envisageable à mettre en place sur le court terme.

5. REMBOURSEMENTS, ÉCONOMIE ET LÉGISLATION

Dans ce chapitre, je vais tout d'abord expliquer le cadre spécifique de l'orthopédie du point de vue économique. Il est en effet essentiel de comprendre la politique de remboursement pour pouvoir expliquer correctement le marché de l'orthèse et pouvoir faire un état des lieux des prix proposés. Le rôle prédominant des mutuelles et de l'INAMI a également un impact au niveau de la normalisation des appareils, sur laquelle je ferai une explication. Je prendrai ensuite un peu de recul pour parler du rôle plus sociétal que l'orthèse peut avoir dans l'économie mondiale.

5.1. Marché de l'orthopédie

Le marché de l'orthopédie a une dynamique très différente de ce que l'on connaît dans la vente en général.

Le prix du produit n'est pas défini par son coût de développement et de fabrication : il est entièrement dépendant du prix que **l'INAMI** fixe pour le remboursement. Tout supplément est imputé au patient, et c'est une situation qu'il est important d'éviter en général¹¹⁷.

La rémunération de l'orthopédiste est donc déterminée en soustrayant le coût de l'appareil au prix remboursé par la mutuelle pour le patient.

Ce prix réel dépend du type d'orthèses. Dans le cas du **sur-mesure**, l'orthopédiste est à la fois **fabricant** et **revendeur**. Le coût de l'appareil comprend donc le temps de conception, les matériaux, le temps de fabrication, ...

Dans le cas d'appareils préfabriqués, l'orthopédiste n'a plus que le rôle de revendeur. Il est l'intermédiaire entre les grandes sociétés (souvent multinationales), qui fabriquent les orthèses, et le patient. Dans ce cas, le coût à soustraire au prix de revient est le prix de vente de l'appareil par le fabricant.

¹¹⁷ Entretien avec Tom Fischer, Orthoprothésiste agréé chez Tecfit, Trooz, le 06/04/2023.

Ce système, réfléchi et consenti par un grand nombre d'experts, assure l'accessibilité des soins. Mais il existe tout de même quelques cas de dérives.

Par exemple, les semelles orthopédiques sur-mesure sont souvent réalisées à perte pour l'orthopédiste, alors que certaines orthèses préfabriquées sont pour leur part remboursées près de trois fois leur prix de vente initial par le fabricant industriel.

5.2. Aides financières

5.2.1. Remboursements INAMI

L'INAMI (Institut national d'assurance maladie-invalidité) est l'organisme ayant pour mission¹¹⁸

- ⇒ De maintenir l'**accessibilité** des soins pour tous ;
- ⇒ D'assurer la **sécurité tarifaire** concernant les soins de santé ;
- ⇒ De s'occuper du **revenu de remplacement** en cas d'invalidité ou de congé de parentalité ;
- ⇒ De soutenir les **dispensateurs** de soins et les **mutualités** ;
- ⇒ D'être garant du **cadre légal** et faire appliquer la législation à toutes les parties concernées.

C'est donc cet organisme qui définit les remboursements prévus pour chaque appareil. Pour ce faire, celui-ci a mis au point une **nomenclature** qui permet au prestataire de santé de connaître le prix qu'il peut facturer pour chaque type d'orthèses. La durée de renouvellement est **de 5 ans** dans le cas des orthèses sur-mesure.

Cette nomenclature reprend l'entièreté des soins qui sont remboursables, partiellement ou dans leur totalité. Chaque soin correspond à un code, et à chaque code correspond un montant de remboursement¹¹⁹.

Dans le cas de l'orthopédie, c'est à l'article 29 que l'on retrouve les données liées aux orthèses, prothèses et chaussures orthopédiques.

Dans cet article, les différents codes sont classés par parties du corps. Les montants qui y sont associés sont définis depuis le 1^{er} septembre 2021. Ces montants doivent être multipliés par une variable « T » qui est, elle, revue chaque année, et dépend de la prestation donnée¹²⁰.

On y retrouve, sous la forme de codes, non seulement des **orthèses complètes** issues du marché du préfabriqué, mais également des **parties d'appareils** dans le cas de sur-mesure, des **options** qui peuvent être adjointes (comme des verrous d'angle), ou encore des **accessoires** comme les pistons par exemple.

¹¹⁸ INAMI. Missions et culture d'entreprise de l'INAMI. In Belgium.be. INAMI Institut national d'assurance maladie-invalidité [en ligne]. 17/08/22 [consulté le 07/04/2023]. Disponible sur <https://www.inami.fgov.be/fr/inami/Pages/missions-inami.aspx>

¹¹⁹ INAMI. Nomenclature - Textes. In Belgium.be. INAMI Institut national d'assurance maladie-invalidité [en ligne]. 08/02/23 [consulté le 07/04/2023]. Disponible sur https://www.inami.fgov.be/fr/nomenclature/nomenclature/Pages/default.aspx#Chapitre_VI_-_Lunettes_et_autres_proth%C3%A8ses_de_l_oeil%2c_appareils_audiatifs%2c_bandages%2c_appareils_orthop%C3%A9diques_et_autres_proth%C3%A8ses

¹²⁰ Entrevue avec Tom Fischer, Orthoprothésiste agréé chez Tecfit, Trooz, le 06/04/2023.

Il faut donc faire le compte de toutes les parties composant l'orthèse pour pouvoir définir le prix de facturation total. Pour illustrer cette théorie très spécifique, je vais estimer le prix prévu en remboursement d'une orthèse d'épaule hémiplégique.

La variable T, selon la convention de 2023, est de 3,412877¹²¹. Fort de cette information, voici les montants remboursés par la mutuelle en fonction du type d'appareils¹²² (les pages de l'article 29 de la nomenclature traitant du membre supérieur se trouvent en annexe 1).

Concernant le **préfabriqué**, nous sommes dans le cas d'un « *Orthèse de port d'épaule en vue de prévenir une luxation paralysante de l'épaule* ». Le montant alloué est de $T \times 350,83 \text{ €}$, avec un T aux alentours de 1,9. Le remboursement est donc de près de 666,5€. A titre informatif, une orthèse Neuro-conex de chez Orliman coûte 125€ à l'achat.

A propos des appareils **sur-mesure**, le calcul est plus compliqué, puisqu'il faut additionner les différents segments, les articulations prévues et les options ajoutées. Dans ce cas, le montant du remboursement tournerait, après calcul approximatif (car les options restent encore à définir), autour des 2500€.

5.2.2. Autres aides financières

En Belgique, les personnes hémiplegiques entrent également dans les aides distribuées par l'AViQ¹²³ pour ce qui est de l'aménagement de l'espace de vie :

- Aménagement du lieu de résidence, du véhicule ou du poste de travail ;
- Financement des politiques d'emploi, d'accueil et d'hébergement des personnes porteuses de handicap ;
- Sensibilisation et information du grand public.

Au sujet des aides financières à proprement parler, c'est auprès du SPF Handicap¹²⁴ qu'il faut s'adresser.



Figure 61 Neuro-conex ©Orliman

¹²¹ Entrevue avec Tom Fischer, Orthoprothésiste agréé chez Tecfit, Trooz, le 06/04/2022.

¹²² Le calcul de montants qui suit est fait sur base de : Annexe à l'arrêté royal du 14 septembre 1984 établissant la nomenclature des prestations de santé en matière d'assurance obligatoire soins de santé et indemnités art. 29. (2021). Moniteur Belge, 1 septembre, pp.23-29

¹²³ COURTOIS, Pierre. AViQ – Toutes les aides au handicap accordées par la Wallonie. In Mes Aides Financières [en ligne]. 6 juillet 2022 [consulté le 17/11/2022]. Disponible sur <https://mes-aides-financieres.be/handicap/aviq/>

¹²⁴ ID. SPF handicap – Paiement 2022 de vos aides handicap. In Mes Aides Financières [en ligne]. 14 juin 2022 [consulté le 17/11/2022]. Disponible sur <https://mes-aides-financieres.be/handicap/aviq/>

Leur rôle repose sur :

- Les allocations de remplacement de revenu (dans le cas d'une incapacité de travail) ;
- Les allocations d'intégration (sensée couvrir les frais supplémentaires liés au handicap) ;
- La délivrance de carte de stationnement, de réductions pour les transports en commun, d'avantages fiscaux sur le véhicule personnel, de tarif social sur les factures d'énergie, de téléphonie, ...

5.3. Normalisation

Les normes ISO sont principalement des normes de classifications des orthèses et prothèses ayant pour but d'uniformiser le vocabulaire et les composants utilisés. (ISO 13404:2007(en): *Prosthetics and orthotics – Categorization and description of external orthoses and orthotic component*)¹²⁵.

Au niveau Européen, c'est au *Règlement (UE) 2017/745 du Parlement européen et du Conseil du 5 avril 2017 relatif aux dispositifs médicaux*¹²⁶, qu'il faut se référer. Celui-ci traite surtout de la mise en place d'un système qualité performant et d'un système de surveillance après commercialisation. Evidemment, il y a des restrictions concernant les matériaux potentiellement toxiques, cancérigènes dans les dispositifs médicaux invasifs, mais ce n'est pas le cas des orthèses.

Ce règlement Européen sert dans le cas où la société d'orthopédie cherche à obtenir la certification CE pour certaines de ces pièces ou appareils. Ce marquage CE est obligatoire pour pouvoir vendre à des professionnels qui utiliseront ensuite ces pièces dans leurs propres réalisations¹²⁷.

Il n'y a donc que peu de réglementations législatives concernant la fabrication même des orthèses. Les orthopédistes se protègent personnellement par des assurances complètes dans le cas d'une déficience du matériel qui entraînerait un préjudice à un patient.

¹²⁵ ISO. ISO 13404:2007(en) : Prosthetics and orthotics – Categorization and description of external orthoses and orthotic components. In ISO - Online Browsing Platform. 2007 [consulté le 17/11/2022]. Disponible sur <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:13404:ed-1:v1:en>

¹²⁶ Office des publications de l'Union européenne. Garantir la sécurité et les performances des dispositifs médicaux. In EUR-Lex [en ligne]. 2022 [consulté le 17/11/2022]. Disponible sur <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/LSU/?uri=CELEX:32017R0745>

¹²⁷ LEVENSTOND, Marc. Cours de Pratique des Matériaux. ESA Saint-Luc, Liège, 2020. Cours de 2e Bachelier en Design Industriel.

Cependant, l'OMS a émis un document reprenant des normes concernant les orthèses et prothèses¹²⁸. Même si ces « normes » ne sont que des conseils à destination des gouvernements des états membres, elles visent l'amélioration de la vie des personnes qui ont besoin au quotidien d'un appareillage, que ce soit d'orthèses ou de prothèses.

Les normes portant sur le produit¹²⁹ même s'échafaudent autour de :

- **Type de produit** : globalement la demande est d'avoir un catalogue mis à jour et une classification nationale sur base de normes internationales ;
- **Approvisionnement en matériaux** : la demande concerne principalement l'exemption de frais de douanes dans le cas de matériaux et machines destinés à la création d'orthèses/prothèses ;
- **Normes techniques** : la demande est d'avoir une réglementation nationale concernant les composants, les matières, ainsi que l'élaboration d'une norme concernant les tests structurels des matériaux de fabrication ;

- **Recherche et développement** : la demande est de communiquer nationalement et internationalement les résultats de recherches menées dans ce domaine, mais aussi d'avoir un bon rapport coût-efficacité ainsi que de diffuser largement des produits de bonne qualité et adaptés au contexte.

En résumé, beaucoup de bonnes intentions qu'il est important d'appliquer au niveau moral, mais assez peu de cadre législatif.

C'est à l'INAMI que revient la tâche de juger de la conformité des appareils prescrits en réalisant des contrôles. Concernant l'évaluation de l'efficacité, elle se base sur des retours de patients, rien de plus. Il s'agit donc plus d'enquêtes de satisfaction assez subjectives que d'études scientifiques.

¹²⁸ Organisation Mondiale de la Santé. Normes de l'OMS en matière de prothèses et d'orthèses : 1ère partie - Normes (en ligne). Genève : Organisation Mondiale de la Santé, 2018 (consulté le 17/11/2022). 84 pages. ISBN : 978-92-4-251248-9. Disponible sur <https://apps.who.int/iris/>

¹²⁹ Organisation Mondiale de la Santé. Op.cit. Annexe 1

5.4. Rôle économique de l'orthèse

Même si ça ne saute pas aux yeux, selon l'OMS, l'orthèse possède un rôle économique non négligeable.

Le coût financier de l'AVC est élevé pour la société (3,5 milliards d'euros remboursés par l'assurance maladie français en 2013)¹³⁰, mais il crée aussi un grand nombre de personnes qui, sans aide ou soutien, ne participent plus activement à l'économie.

Des chiffres plus récents estiment le coût total de l'AVC dans le monde à 861 billions de dollars américains pour l'année 2017, soit 1,62% du PIB mondial¹³¹.

C'est ce que met en avant l'OMS¹³². Selon leur rapport, l'appareillage génère des bénéfices économiques pour :

- L'utilisateur, à nouveau capable de se créer un revenu en reprenant le travail ;
- L'entourage, puisque leur proche demande moins de soins ;
- Les services de santé, comme il y a bien souvent une accélération de la revalidation et une réduction des soins de santé nécessaires ;

- Pour la société dans son ensemble, en stimulant la croissance économique d'un pays en permettant une main d'œuvre plus productive et de nouveaux marchés de l'emploi.

A nouveau, les propos sont utopistes, mais ces bénéfices seraient d'autant plus visibles dans les pays touchés par la pauvreté et dans lesquels le fait de redevenir actif permet de sortir de l'extrême pauvreté.

Cette pensée est particulièrement valable quand on sait que près de 89% des décès et handicaps provenant des suites d'un AVC touchent les pays ayant des bas à moyens revenus¹³³.

¹³⁰ TEMPERELLI, Margaux. Techniques de rééducation pour la prévention et réduction de la subluxation et de la douleur de l'épaule hémiplégique post-AVC : une revue de la littérature (en ligne). Faculté de médecine de Nancy, Nancy, 2018-2019 (consulté le 17/11/2022). Médecine humaine et pathologie. Disponible sur <https://hal.univ-lorraine.fr/hal-03298367/document> p.23

¹³¹ : BRAININ, M., FEIGNIN, V.L., FISHER, M., et alii. World Stroke Organization (WSO):

Global Stroke Fact Sheet 2022. *International Journal of Stroke* (en ligne). Vol 17(1). 2021 (consulté le 04 Avril 2023). Disponible sur <https://www.dropbox.com/s/wm12nosylzkk5ea/World%20Stroke%20Organization%20%28WSO%29-%20Global%20Stroke%20Fact%20Sheet%202022.pdf?dl=0>. P. 27

¹³² Organisation Mondiale de la Santé. Op.cit. p. XXVII

¹³³ BRAININ, M., FEIGNIN, V.L., FISHER, M., et alii. Loc.cit. P. 27

5.5. RÉSUMÉ / Remboursements, économie et législation

Le marché de l'orthopédie est très particulier. Comme je le disais plus tôt, on n'est pas face à un client, mais bien à un patient.

Les réels clients seraient plutôt les mutuelles. Le prix de vente d'un appareil n'est pas fixé par les coûts de production, mais bien par une nomenclature et une convention fixée par l'INAMI.

Il est important de comprendre le fonctionnement de cette nomenclature pour être sûr de rester dans les clous. Tout supplément sera imputé au patient.

Des dysfonctionnements existent : certains produits sont "vendus" à perte, d'autres rapportent plus de trois fois leur coût de production.

Dans le cas d'une orthèse d'épaule sur-mesure, comprenant des segments épaule, bras, avant-bras et main, mais aussi des articulations particulières entre ses segments et des options supplémentaires, le budget peut grimper jusqu'à 2500€.

Il n'existe pas de normalisation concernant la fabrication d'appareils sur-mesure. Une certification CE est nécessaire dans le cas de revente à d'autres professionnels d'appareils complets (comme dans le cas du préfabriqué) ou de pièces mécaniques. Dans ce cas, c'est surtout un contrôle de management qualité qui est requis.

Il existe bien des recommandations de l'OMS, mais elles n'ont qu'un poids éthique, aucunement juridique.

Enfin, bien qu'utopiste, l'OMS dresse un constat sur l'impact positif de l'appareillage sur l'économie mondiale et sur la réinsertion dans la société des personnes hémiplegiques. Ces données ont plus de sens dans les zones les plus pauvres, où les AVC sont méconnus et rarement pris en charge de manière optimale.

6. CONCLUSION DES RECHERCHES ET CHOIX

Ce projet qui traite du soulagement de l'épaule hémiparalysée et de l'amélioration du confort de vie des patients s'avère assez pertinent. Il s'inscrit dans un contexte où la cause principale de l'hémiparésie, l'AVC, est en croissance constante depuis les années 90. Il s'insère donc dans une problématique de santé publique.

Les patients touchés sont des personnes de tous âges, et un quart des AVC surviennent avant 65 ans, c'est-à-dire dans une tranche d'âge active. Il y a donc un intérêt particulier à travailler pour les patients les plus jeunes, étant donné que leurs besoins sont plus complexes, et leur capacité et leur volonté lors de la rééducation sont considérées comme meilleures.

Afin d'améliorer leur qualité de vie, les patients ont besoin de pouvoir participer aux activités de la vie quotidienne et d'être le plus autonome possible. Il est aussi important qu'ils ne souffrent de douleurs ni physiques ni mentales. Leur état d'esprit dépendra également de leur environnement, aussi bien spatial que social.

Une amélioration de la qualité de vie du patient influencera celle de son entourage. Tout cela sera bien sûr aidé et encadré par un panel de spécialistes de santé, ayant chacun un rôle dans la récupération du patient et dans l'apprentissage des bons gestes auprès de l'entourage de ce dernier.

Le designer, au milieu de tout cela, peut amener une vue globale et multidisciplinaire au niveau technique pour analyser les problématiques touchant les patients hémiparalysés.

La pathologie de l'hémiparésie est à la fois physique, cognitive et peut souvent être accompagnée d'autres troubles plus ou moins impactants. Il est important de prendre en compte tous ces pans de la maladie lorsque l'on conçoit un dispositif pour ce type de public.

La douleur physique est un véritable frein, non seulement pendant la rééducation et le retour à la vie normale, mais c'est aussi un facteur important de la dépression post-AVC. Le diastasis d'épaule, et la subluxation qu'il peut entraîner, est une des causes majeures de douleur physique chez l'hémiparalysé.

La rééducation du patient se repose beaucoup sur la (auto)mobilisation du membre paralysé, mais également sur des rééducations sensorielles et sur des exercices qui permettent d'amoindrir les troubles cognitifs. Il est donc important d'intégrer dans un dispositif de soutien ces différents aspects afin d'éviter de gêner la rééducation, et pourquoi pas même de la favoriser.

La connaissance de l'anatomie et l'analyse fonctionnelle des mouvements permettent de comprendre au mieux la subluxation gléno-humérale. Elle conduit également à concevoir un dispositif qui prend en compte les zones sensibles qu'il faut éviter, et les actions qu'il est nécessaire de mettre en place pour contrer le diastasis.

L'orthèse est une solution intéressante pour soulager les douleurs liées au diastasis. Cet appareil peut remplir plusieurs objectifs médicaux grâce à un large panel de procédés mécaniques. Ceux-ci sont même combinables pour répondre au mieux aux besoins du patient.

Au niveau de l'expérience utilisateur, il est important de prendre en compte les critères de confort, de praticité, d'affordabilité pour le patient et son entourage. Le sur-mesure s'impose comme la solution la plus indiquée, autant au niveau des dimensions que du soutien physique à fournir.

Au niveau technique, procédés et matériaux seront très dépendants de l'orthèse réalisée. Il faut surtout s'entourer de professionnels et inclure les utilisateurs dans la conception afin d'obtenir le résultat le plus optimal. Seules sont constantes les zones d'appuis à éviter.

Enfin, la politique de remboursement en Belgique permet d'investir dans des matériaux et techniques à la pointe puisque le prix du dispositif n'incombera pas au patient. Le cadre légal des normes techniques est assez flou et ne donne que des lignes directrices en question de management qualité et de contrôle.

Mais il est tout de même important de souligner que les orthèses et autres appareils permettant de se réinsérer dans une vie « normale » sont bien souvent porteurs d'espoir et de réintégration sociale.

Fort de toutes ces recherches, je pose les choix suivants pour l'élaboration de ma solution :

- **Public cible** : entre 15 et 70 ans (tranche active de la population) ;
- **Chronologie** : dans les premières semaines post-AVC pour agir avant l'installation du diastasis et prévenir la douleur. L'orthèse pourra toutefois être utilisée tout au long de la vie du patient ;
- **Autonomie** : le patient devra, dans la mesure du possible, être capable de poser son dispositif seul ;
- **Troubles cognitifs** : prise en charge, autant que possible, des troubles cognitifs pour améliorer et accélérer la rééducation ;
- **Appareillage** : orthèse sur-mesure rigide, articulée et réglable en plusieurs points. Elle sera à traction constante pour intervenir sur la spasticité le cas échéant ;
- **Usage** : l'appareil sera porté principalement dans les phases actives, et ne sera pas prévu pour être 100% confortable en phase de repos ;
- **Considérations esthétiques** : il sera primordial de laisser une place importante à l'intégration formelle des pièces mécaniques ainsi que de prendre en compte les goûts des patients.

PARTIE II / **LIENS ET SOLUTIONS**

7. CAS PRATIQUE - PATIENTE TEST

Le fil rouge de ce troisième chapitre s'articule autour d'une patiente qui a accepté de faire partie du processus de développement de ma solution personnelle¹³⁴. Je vais la présenter brièvement pour mettre notre travail en contexte, et ensuite seulement je parlerai de sa pathologie.

7.1. Présentation de la patiente

Nathalie C. est une jeune femme d'une trentaine d'années. Elle vit entourée de ses parents, qui l'aident au quotidien.

Elle pratique plusieurs **activités** :

- Le **tennis de table**, qui lui tient particulièrement à cœur, qui la maintient active ;
- La **chorale**, qui lui permet de créer du lien et renforcer ses capacités d'expression.

Du point de vue thérapeutique, elle a également trois séances de rééducation par semaine avec un kinésithérapeute, et régulièrement des entrevues avec le médecin en Médecine Physique.

Elle est d'une résilience assez admirable, et est très volontaire dans sa revalidation. Cela fait d'elle une patiente test de premier choix, bien que de temps à autres, il est nécessaire de lui rappeler d'émettre des critiques plus sévères ou d'exprimer ses envies. Comme je l'expliquais en début de travail, les patients sont souvent habitués à ne pas avoir vraiment le choix, et se contentent donc d'avoir un appareil qui réduit leur douleur.

¹³⁴ Ce chapitre 6 se base sur : Entrevues avec Nathalie, patiente hémiplegique, et ses parents, Trooz et CHR de Verviers, entre novembre 2022 et mars 2023.

Son entourage est pleinement présent et impliqué, et son père étant ingénieur de formation, il se sent tout particulièrement investi par rapport au projet.

Ils ont une assez grande expérience dans les appareillages, puisque Nathalie porte une orthèse AFO¹³⁵ (*Ankle Foot Orthosis* – orthèse cheville-pied), et utilise des écharpes pour soutenir son bras plégique.

C'est donc avec cette personne que je collabore le plus, et elle a été la première patiente hémiplegique à tester ma solution. Mais je reviendrai en détails sur les étapes suivantes dans les autres chapitres de cette deuxième partie.

7.2. Présentation de la pathologie

Nathalie souffre d'une hémiplegie **droite**. C'est donc son hémisphère gauche qui a été atteint des suites d'un **AVC**, survenu il y a plus de sept ans.

Comme dans la plupart de ces configurations, elle est **aphasique**. Cela implique qu'elle rencontre quelques difficultés pour exprimer ses ressentis. Néanmoins, elle est tout à fait compréhensible et est correctement aidée par ses parents. C'est surtout à mon niveau qu'il a fallu fournir des efforts : avoir un débit de parole clair et pas trop rapide, lui laisser le temps de s'exprimer, ...

L'hémiplegie de Nathalie est **spastique** au niveau des doigts et du coude (qui retourne systématiquement en position de flexion à 90°). Son grand pectoral est également un peu spastique et engage donc son bras en rotation interne.

Son poignet est lui plutôt **flasque** et nécessite donc du soutien.

Elle n'a plus aucune **mobilité** dans la main et le bras, mais garde une **sensibilité** parfois accrue à ce niveau.

Elle souffre d'un **diastasis** assez léger mais qui lui crée des douleurs importantes. C'est pourquoi, elle subit des injections de botox tous les deux ans environ. Ces injections ont, pour rappel, un but de réduction de la douleur en « gelant » la zone douloureuse et en réduisant la spasticité locale.

¹³⁵ Entrevue avec Tom Fischer, Orthoprothésiste agréé chez Tecfit, Trooz, le 20/10/2022

Comme je l'exprimais déjà dans le deuxième chapitre de ce travail, toutes les pathologies sont **différentes** et tous les utilisateurs sont **uniques**. Si du point de vue de l'hémiplégie, on peut tirer des généralités, il faut également prendre en compte les autres spécificités médicales et physiques que présente le patient.

Dans le cas présent, Nathalie possède :

- Une légère **luxation** de l'épaule (comme on peut le discerner sur la photo qui suit) qui est bien installée, qui rend la zone assez douloureuse et qui change la morphologie habituelle de l'articulation ;
- Une zone particulière où l'on ne peut pas prendre appui. Etant également sous chimiothérapie
- faisant suite à un cancer, la patiente possède **un port à cath** qu'il est nécessaire de prendre en compte dans les zones d'appuis interdites.

Port à cath (PAC) : « petit boîtier positionné sous la peau et relié à un tube (cathéter), dont l'extrémité se situe dans la veine cave, à l'entrée du cœur. Il est utilisé principalement pour administrer la chimiothérapie, des transfusions répétées ou apporter de la nutrition par voie intraveineuse. »¹³⁶



Figure 62 Bras plégique d'une patiente ayant une hémiplégie spastique © Manon Wagneur, 2023

Cette analyse particulière de la patiente m'a permis par la suite de réaliser un prototype d'orthèse qui lui correspond à 100%. Mais j'y reviendrai dans un chapitre suivant.

¹³⁶ CHUV Service de chirurgie vasculaire. Port à cath (PAC). In CHUV Service de chirurgie Vasculaire de Lausanne. CHUV Service de chirurgie vasculaire [en ligne]. 22/02/2018 [consulté le 08/04/2023]. Disponible sur : <https://www.chuv.ch/fr/chirurgie-vasculaire/cva-home/patients-et-familles/maladies-et-traitements/port-a-cath-pac#>

8. SOLUTIONS EXISTANTES

Avant d'arriver à ma solution personnelle, j'ai bien sûr dû m'atteler à la recherche et à l'analyse des solutions existantes.

J'ai scindé cette analyse en deux parties. Dans la première, je me base plutôt sur des études théoriques de modèles existants qui quantifient leur efficacité. Dans un deuxième temps, je vais plutôt décrire les modèles que j'ai pu observer sur les patients, critiquer avec les professionnels de santé rencontrés, et même tester par moi-même.

8.1. Principes généraux

Il existe un grand nombre de fournisseurs d'orthèses, et a fortiori un grand nombre d'orthèses pour soulager l'épaule neurologique. Néanmoins, les laboratoires pharmaceutiques ont une tendance à réaliser des orthèses répondant à beaucoup de pathologies différentes afin de toucher un plus large public¹³⁷. Pour preuve, la plupart des orthèses coude au corps, comme celle illustrée ci-dessous, sont recommandées pour les épaules neurologiques, alors qu'aucun des besoins spécifiques des personnes cérébrolésées n'a été pris en compte¹³⁸.



Figure 63 Gilet Immo Axmed (écharpe-contre écharpe) ©Donjoy

¹³⁷ MERLOT, Nicolas. Les orthèses d'épaule (en ligne). Université Henry Poincaré - Nancy 1, Nancy, 2005-2006 (consulté le 17/11/2022). Sciences Pharmaceutiques. Disponible sur <https://hal.univ-lorraine.fr/hal-01733703/document> pp. 146-148

¹³⁸MERLOT, Nicolas. Loc.cit. p.139

Si l'on se concentre sur les orthèses préconisées pour soulager et prévenir la subluxation gléno-humérale¹³⁹, on peut définir trois types de supports :

- Support **proximal** (=proche du corps, donc de l'épaule) ;



Figure 64 Hemi Arm Sling ©Roylan

- Support de **tout le bras** ;



Figure 65 Harris Hemi-sling ©North Coast Medical

- Support **proximal et distal** (épaule et avant du bras).



Figure 66 GivMohr Sling (Bilatérale dans ce cas-ci)
©GivMohr Corporation

Selon plusieurs études¹⁴⁰, le modèle le plus efficace serait celui ayant un support proximal et distal avec le coude en extension, comme la GivMohr Sling. En effet, le membre plégique est dès lors mis en position fonctionnelle, ce qui réduit le risque de contractures.

Les orthèses avec maintien proximal uniquement peuvent causer un déplacement latéral de la tête humérale et est donc à proscrire.

L'orthèse est conseillée dans le cas de diastasis d'épaule, qu'il y ait douleur ou non. Dans le premier cas, le fait de reconstituer l'articulation aura un effet antalgique, dans le second c'est dans un rôle préventif.

¹³⁹ TEMPERELLI, Margaux. Loc.cit. p.35

¹⁴⁰ Cette section se base sur p.53

La littérature actuelle conseille l'utilisation d'orthèses sur des patients ayant une hémiplégie sévère, et principalement flasque. Certaines études vont même jusqu'à interdire l'utilisation d'orthèses actuelles dans le cas d'un bras parétique (avec une paralysie incomplète) possédant encore de la force musculaire.

Une autre technique peut être utilisée pour réaligner la tête humérale dans la cavité glénoïde, et ainsi protéger l'articulation durant les mouvements passifs et actifs : le « *taping* »¹⁴¹. Cette méthode consiste en l'application de bandes adhésives rigides, souples ou même élastiques, de manière précise.

Bien que le soutien de l'articulation soit tout à fait moindre, le *taping* possède des avantages non négligeables :

- ⇒ Influence positive sur la tension des muscles et sur l'inflammation des tissus mous accélérant le système de récupération ;
- ⇒ Fournit un certain degré de stimulation sensorielle ;
- ⇒ Fonction de feedback proprioceptif pour rappeler au patient hémiplégique de maintenir son épaule dans une bonne position ;
- ⇒ Permet de prévenir l'étirement excessif des muscles de la coiffe des rotateurs et autres tissus mous.

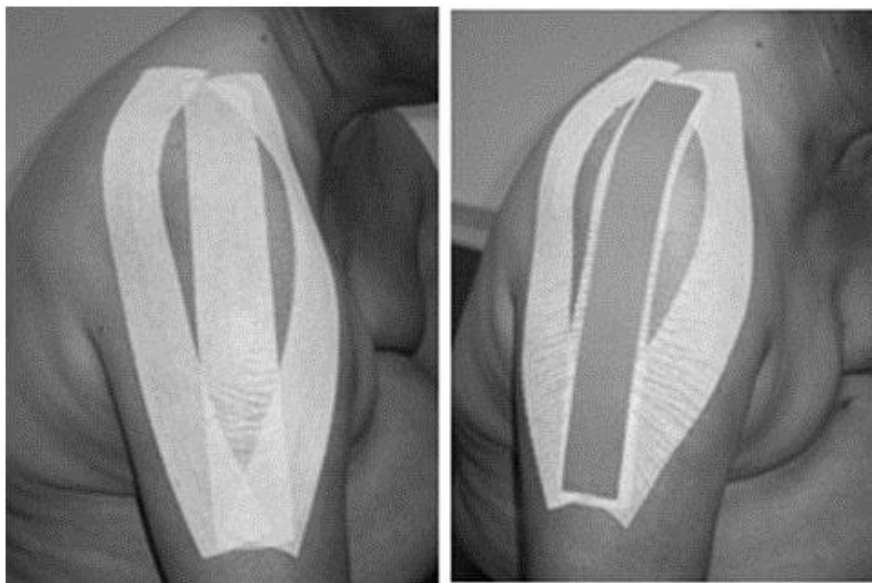


Figure 67 California Tri Pull Taping method ©HAYNER K.A., 2012.

¹⁴¹ Ce paragraphe se base sur : Ibid. p.36

8.2. Critique de deux solutions particulières

Pour cette critique, je vais comparer deux modèles d'orthèses préfabriqués, choisis pour des raisons différentes. Comme je l'exprimais en démarrant ce chapitre, j'axe mon analyse sur mes propres observations, et les avis des personnes que j'ai pu recueillir. Les deux modèles comparés sont les suivants :



Figure 69 Modèle Neuro-conex support d'épaule avec sangle d'avant-bras ©Orliman, 2023

1- Neuro-conex, de chez Orliman.

Je choisis cet appareil car il est celui qui est **actuellement** le plus souvent **prescrit** dans le cas de douleurs d'épaule neurologique liées à un diastasis¹⁴². Celui-ci fonctionne sur le principe de balance de l'avant-bras : en trouvant le point de **bascule**, on fait remonter naturellement l'humérus vers la cavité glénoïde.



Figure 68 Echarpe de bras pour blessure à l'épaule ©BraceUP, 2023

2- Echarpe type **Echarpe de bras pour blessure à l'épaule**, de chez BraceUP.

Le choix de cet appareil est motivé par mes observations personnelles. Ce type d'écharpe est celui que j'ai le plus **régulièrement vu** sur les patients ambulatoires (c'est-à-dire, les patients qui ne sont pas hospitalisés). Il est important de noter que si sur la photo de démonstration, la main est maintenue dans l'écharpe, c'est loin d'être le cas pour tous les modèles. Cela dépend aussi des habitudes du patient.

Le principe ici est celui d'un **appui-contre appui** entre l'avant-bras et les cervicales.

¹⁴² Entretien avec Tom Fischer, orthoprothésiste agréé chez Tecfit, Trooz, le 31/03/2023.

8.2.1. Avis des professionnels de santé

Sur base donc de mes observations, et des échanges que j'ai eu avec des professionnels de santé¹⁴³, voici un tableau reprenant les critères que j'ai considérés comme pertinents à évaluer.

Ces critères paraissent assez clairs, mais il est important de définir la « **bonne** » position qu'on va chercher à imposer au membre.

On va en général chercher la position la plus neutre possible, celle qui ne crée pas de tension ni de contrainte.

Au niveau de l'épaule, on cherche donc à contrer la rotation externe qui est assez récurrente sur les patients hémiparétiques. On va aussi chercher à avoir un équilibre global du corps, et donc faire attention à ce que les deux épaules soient à la même hauteur.

Pour le reste du membre, on va chercher la possibilité de modifier la position, par un réglage variable du coude par exemple. On peut aussi adjoindre des systèmes de tension continue pensés pour contrer la spasticité.

Critère évalué	Neuro-conex	Echarpe
Enfilage autonome	Très fastidieux car tissus complètement souple et présence de velcros sur un tissu entièrement scratchable	Demande quelques manipulations et contorsions, mais avec de l'entraînement, tout à fait faisable
Réglages	Multiples, mais soumis à interprétation	En un seul point (distance entre les cervicales et la main)
Précision	Approximative, et possibilité de mal régler l'orthèse au niveau de l'épaule ce qui est plus néfaste que bénéfique	Quasi nulle, en fonction du ressenti, le patient peut plus ou moins serrer la sangle
Points d'appui	Avant-bras, épaule et contre-appui sous l'aisselle du bras opposé	Avant-bras et cervicales, traction de l'épaule directement répercutées sur les cervicales
Taille	3 tailles disponibles	Taille unique
Position du bras	En extension	En flexion et rotation interne, complètement passif et en immobilité fonctionnelle
Réglage du coude	Inexistant, sinon on perd l'effet de bascule	Inexistant
Soutien du poignet	Inexistant	Dépendant, du modèle et de la volonté du patient
Aide à la bonne position	Inexistant	Inexistant
Confort	Matière compressive et assez chaude	Matière confortable et souple
Prix	125 €	15-20€
Remboursement	Oui	Non

Figure 70 Tableau comparatif des deux solutions analysées ©Manon Wagneur, 2023

¹⁴³ Les informations liées aux matières et processus de fabrication de ce chapitre 4 se basent sur : Stage de fin d'étude réalisé chez Tecfit - Orthopédie et développement, société d'orthoprothésistes à Trooz, 21 novembre 2022 au 31 janvier 2023

8.2.2. Avis et observation des patients

Lors de mes rencontres avec des patients, les avis étaient bien souvent tranchés, et différaient parfois les uns des autres.

Une des patientes s'est présentée à un rendez-vous médical avec une **écharpe** du même type que celle évoquée auparavant¹⁴⁴. Cette dame est particulièrement attachée aux valeurs **esthétiques**, et est de ce fait très satisfaite de son attelle. Elle est noire, **discrète**, et **confortable**. Elle me confiait que lorsqu'elle était au repos dans son fauteuil, elle ne la sentait même pas. De plus, son attelle englobe également sa main. Autre point important à ses yeux : elle est tout à fait capable de la mettre par elle-même.

L'ayant observée pendant l'enfilage, je confirme le fait qu'elle est capable de la placer, mais cela lui prend visiblement beaucoup **d'énergie**, elle doit s'aider de ses dents, et s'est rendu compte au bout du compte qu'elle l'avait placée à **l'envers**. Cette action lui prend entre **cinq** et **dix minutes**, et nécessite qu'elle soit **assise**.

Le deuxième témoignage me vient de Nathalie C., la patiente test de ce travail. Lors de notre première rencontre¹⁴⁵, elle portait une attelle écharpe elle aussi, mais qui ne soutient pas sa main.

Ayant pourtant le même type de pathologie que la patiente citée ci-dessus, elle est pour sa part beaucoup moins convaincue par cette orthèse souple.

Elle ne se sent pas du tout assez soutenue, et étant assez active, cela ne lui convient pas. Je l'ai vue jouer au tennis de table en portant cette écharpe, et son bras se balance énormément pendant ses mouvements. De plus, son poignet n'est pas du tout maintenu, ce qui a tendance à lui créer des douleurs.

Il n'y a aucune aide à la position, ses doigts sont donc repliés sur eux-mêmes dû à la **spasticité**, elle a l'épaule en rotation interne importante, et elle ressent des douleurs aux **cervicales** en fin de journée.



Figure 71 Nathalie C. jouant au tennis de table
©Manon Wagneur, 2022

¹⁴⁴ Ce témoignage provient de : Rencontre avec Mme Sarah H., patiente hémiparétique, CHR de Verviers Site Peltzer, le 09/03/2023.

¹⁴⁵ Cette observation se base sur : Rencontre avec Mme Nathalie C., patiente hémiparétique, CHR de Verviers, Site Peltzer, le 24/10/2022.

8.3. RÉSUMÉ / Solutions existantes

Il faut **spécialiser** l'orthèse pour s'assurer de son efficacité. Elle est destinée aux patients **cérébrolésés** souffrant de **douleurs d'épaule causées par un diastasis**. Elle doit prendre en compte les besoins spécifiques de ce contexte et ne pas chercher à toucher toutes les problématiques du membre supérieur.

Théoriquement, le modèle le plus efficace est celui proposant un support à la fois **proximal** et **distal**, c'est-à-dire prenant appui sur **l'épaule** et sur **l'avant-bras**.

Pratiquement, je retire de mes observations plusieurs caractéristiques. Le choix d'une orthèse **rigide** se justifie de plus en plus au vu des difficultés rencontrées par les patients pour enfileur **seuls** leur appareil, même "le plus simple" selon eux.

Les réglages doivent être avec des **positions définies** par les intervenants médicaux, et le patient lui, doit avoir le choix entre une position **soutenue** et une plus **relâchée**. Laisser une plage de réglages à définir par le patient revient à prendre le risque de **mauvais placement**, et donc d'effets néfastes sur le membre. De plus, on perd en **précision** au niveau du réglage.

L'appui contre le **flan du côté du bras sain** paraît beaucoup plus justifié que ce soit du point de vue médical que du point de vue fonctionnel. Dans tous les cas, une solution qui répercute la traction sur les **cervicales** est à **bannir** complètement.

Donner de la **liberté de mouvement guidée** au **coude** semble une plus-value non négligeable. Le **soutien** du **poignet** et de la **main** est **obligatoire**, et les aides au positionnement sont également à privilégier. Je reviens ici avec le choix d'utiliser des **articulations à traction constante**.

Enfin, par rapport au confort, ma volonté d'intervenir dans **la partie active** de la vie quotidienne de l'utilisateur est tout à fait compatible avec le sentiment des patients qui apprécient leur **écharpe** pour le **confort** en état de **repos**. Les utilisations ne sont tout simplement pas les mêmes, et une **utilisation conjointe** et plus qu'envisageable.

9. SOLUTION PERSONNELLE

Dans ce dernier chapitre, je vais exposer les étapes et les réflexions qui, éclairées par mes recherches, vont aboutir au projet évalué au cours d'atelier.

Pour rappel, les différentes conclusions que j'ai tirées tout au long de ce travail m'ont permis de définir des objectifs clairs et d'opérer des choix.

Je commencerai par mes premiers croquis, pour ensuite expliquer mon concept. J'ai la chance d'avoir été bien entourée dès le début du processus, et je peux dès lors continuer en montrant mes premiers prototypes, ainsi que les essais et tests réalisés avec ceux-ci. Tout cela bien sûr avec la participation, de l'équipe de chez Tecfit, de Nathalie, la patiente test de cette étude, et de l'équipe médicale du CHR de Verviers.

Je clôturerai enfin ce chapitre en exposant le travail restant à accomplir, et les perspectives à venir qui l'accompagnent.

9.1. Analyse et premiers jets

Sur base de mes conclusions, j'ai commencé les premiers croquis.

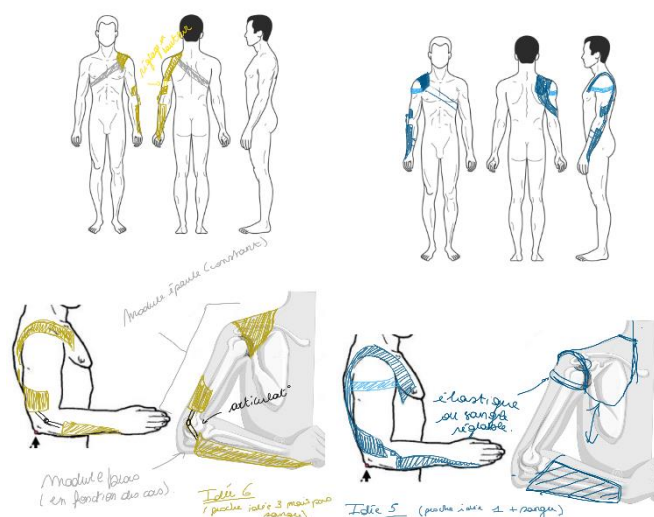


Figure 72 Premiers croquis ©Manon Wagneur 2022

Ces derniers m'ont servi de supports pour les discussions avec les professionnels. De ces discussions sont ressortis les différents pôles sur lesquels je pouvais agir, les choix qu'il fallait opérer ainsi que des points d'attention à prendre en compte¹⁴⁶.

- **Recoaptation de l'épaule** : faire l'effet « joint de serrage » entre la clavicule et le cubitus ;

¹⁴⁶ Cette section repose sur : Entrevue avec Dr. Lemaire, médecin en Médecine Physique, et Delphine Banneux, kinésithérapeute au CHR de Verviers, le 09/01/2023.

- **Articulation réglable** : réglable mais surtout évolutive et modifiable par le patient. Unique et positionnée sur l'extérieur pour éviter toutes gênes ;
- **Maintien de l'avant-bras et de la main** : gouttière assez large sur l'avant-bras, gouttière qui soutient la main jusqu'à l'articulation du petit doigt, les deux reliées par une articulation mécanique ;
- **Réglages possibles** : réglage en hauteur nécessaire pour la distance entre la clavicule et le cubitus ;
- **Maintien de l'orthèse sur le patient** : prendre garde à la poitrine féminine et à ne pas surcharger les cervicales ;
- **Positions du membre supérieur permises** :
 - *Abduction* : autorisée, pas plus qu'à l'horizontale
 - *Rotation externe* : 30°
 - *Scapula* doit rester libre au maximum
 - *Extension* du coude libre mais pas nécessaire qu'elle soit complète
 - *Main* la plus physiologique possible (ni pronation ni supination)
- Attention à la **modification de volume** surtout de la main pendant la journée ;
- **Pas d'appui** sur l'acromio-claviculaire (sur la pointe externe de la clavicule) ;
- Attention à avoir le moins de surfaces possibles recouvertes en permanence pour éviter la **perte de sensibilité** (surtout au niveau de la main et de l'avant-bras). Cela est moins important au niveau de l'épaule, car la zone est moins innervée et donc moins sensible ;
- Au plus il y a de **liberté de mouvements guidés**, au mieux c'est ;
- Attention particulière sur **l'enfilage autonome** ;
- Il faut éviter de créer un appui trop important sous le creux axillaire (c'est-à-dire sous l'aisselle). Cette zone est particulièrement innervée et il ne faut en aucun cas la compresser.
- Le mot d'ordre est **modularité** : chaque patient a des besoins différents.

La compilation de ces réflexions m'a permis de dessiner le concept de mon projet.

9.2. Concept

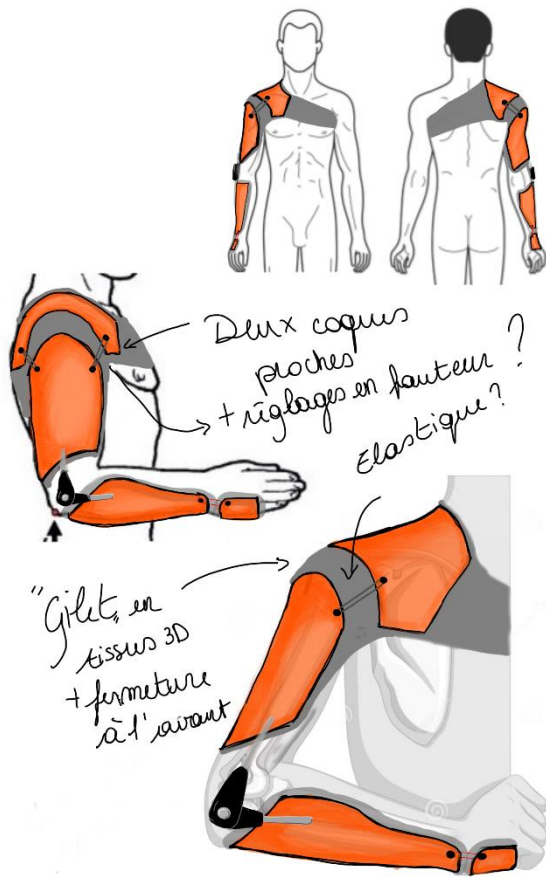


Figure 73 Concept du projet évalué au cours d'atelier ©Manon Wagneur, 2022

Pour synthétiser ce concept, je vais expliquer les différents **pôles** qui composent l'objet. On retrouve :

⇒ Quatre **segments** :

- **Epaule** : plus souple pour augmenter le confort ;
- **Bras** : purement structurel, il fait le lien entre l'appui et le contre-appui ;
- **Avant-bras** : rigide pour assurer le meilleur appui, la coque doit également être ajourée pour limiter les surfaces de contact ;
- **Main** : rigide pour soutenir la main, mais prévue assez large que pour pallier les modifications de volume de la main, la coque doit également être ajourée pour des raisons de proprioception.

⇒ Trois **articulations** :

- **Epaule** : traction continue vers le haut, dédoublée afin de pouvoir influencer sur la rotation interne ou externe (l'utilisation d'élastiques semblent justifiée) ;
- **Coude** : mobilité et amplitude réglable par le patient (dans une certaine plage), possibilité de verrouiller la position choisie (articulation à cliquet envisagée) ;
- **Poignet** : maintien en position neutre de la main, et possible traction continue pour pallier la spasticité dans le cas échéant.

⇒ Un **arrimage** au corps :

- Contre-appui sur le **flan controlatéral** : porter une attention particulière à l'effet global sur la posture ainsi qu'à l'impact possiblement néfaste sur le côté sain.

⇒ Deux **aides fonctionnelles** :

- Aide à l'**enfilage** : extérieur à l'appareil
- Aide à la **préhension** : intégrée à l'orthèse au niveau de la main, permettrait de remplacer la main plégique sur des actions simples de préhension.

Ce concept ayant été validé par les différents intervenants rencontrés, j'ai pu réaliser un premier prototype.

9.3. Prototypes, essais et ajustements

J'ai commencé par réaliser un prototype sur base du moule de l'épaule et du bras d'un des collaborateurs de chez Tecfit.

Pour ce faire, j'ai appliqué les différentes étapes reprises dans le quatrième chapitre de ce travail.



Figure 74 Prise de moule chez Tecfit
©Manon Wagneur, 2022

Dessins des gabarits puis tirage des **coques** en *Kydex*, finitions, assemblage des articulations et montage de l'orthèse complète, ces quelques étapes m'ont rapidement permis de prendre en compte l'objet en trois dimensions, d'ajuster des proportions, des alignements, ...

A noter qu'à ce moment du processus, je n'avais pas encore développé le segment main, et que l'articulation du coude est une articulation de chez Ottobock (fournisseur international) et pas le choix définitif.

Les premiers essais m'ont permis de faire les modifications nécessaires :

- ⇒ Le matériau de la coque d'épaule a été remplacé par du polypropylène plus souple pour des raisons de confort ;
- ⇒ La coque de bras a été réduite à sa forme la plus mince pour gagner en matière et en poids visuel ;
- ⇒ La coque d'avant-bras a été ajourée en son centre ;
- ⇒ La coque de main a été ajoutée sous forme de palette maintenue par une articulation et mise en tension par un élastique.

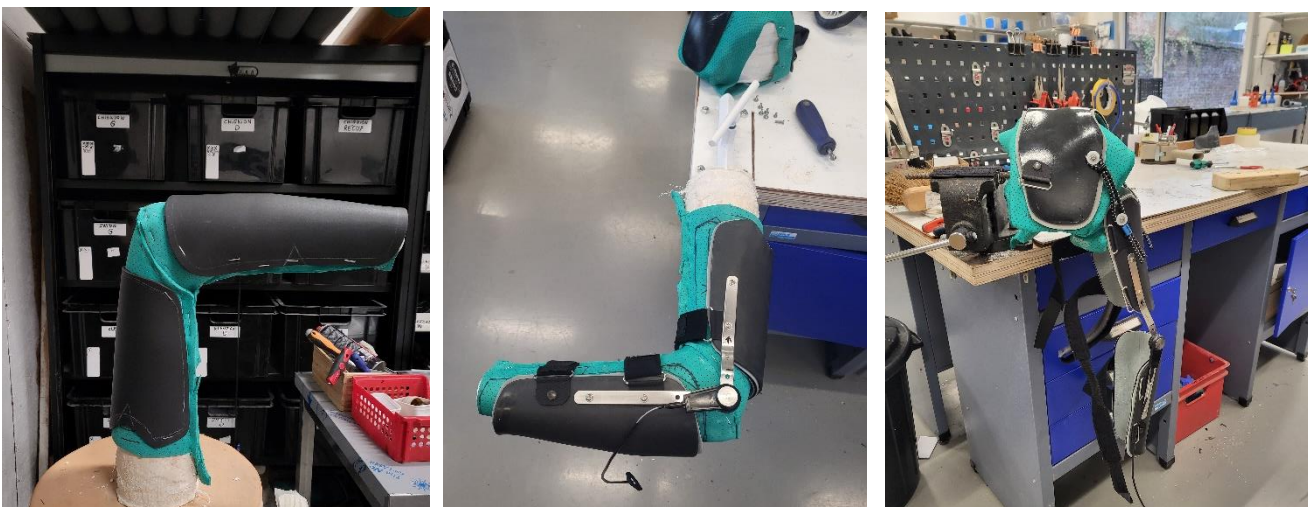


Figure 75 Etapes de réalisation du premier prototype ©Manon Wagneur, 2022

En parallèle, j'ai développé une **articulation** pour le coude. Cette dernière est une articulation à cliquet, possédant cinq paliers de 20° entre 170° et 90°. Elle permet au patient de verrouiller son bras en cinq positions entre l'extension presque totale et la flexion à 90°, qui place le bras dans une configuration fonctionnelle.

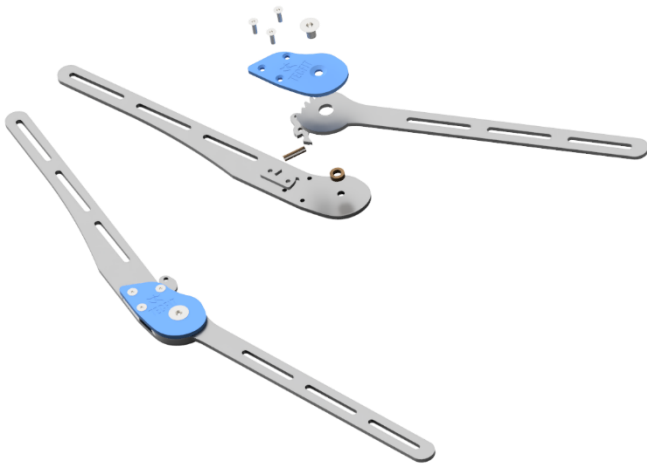


Figure 77 Articulation à cliquet développée dans le cadre du projet d'atelier ©Manon Wagneur, 2022

Cette articulation a été testée en prototypage rapide et sera bientôt montée, dans sa version acier inoxydable, sur des orthèses de test.

Une fois le prototype validé, j'ai pu passer à la réalisation de l'orthèse de test pour Nathalie C. Les étapes de réalisations ont été sensiblement les mêmes.

Cette étape a également été celle où j'ai mis au point une fiche de mesure à remplir avec les mensurations du patient. Celle-ci est particulièrement importante, même dans le cas d'orthèses réalisées sur base d'un modèle en plâtre. Elle permet au fabricant de vérifier son modèle, de le rectifier au besoin, de prévoir les longueurs de sangles, ... (Annexe 2).

La **palette pour la main** a été ajoutée juste après la prise de ces photos.



Figure 76 Premier essais de l'orthèse sur Nathalie C. Manon Wagneur, 2023

J'ai remarqué plusieurs problématiques lors du premier essai :

- ⇒ **L'alignement** entre les deux points d'attache de l'élastique avant n'est pas bon. A réglage égal, l'équilibre n'est pas assuré et on a une tendance à la **rotation interne**. Je compte modifier cela en avançant le point d'accroche vers l'avant du bras, afin de retrouver un triangle de traction qui est symétrique à l'avant et à l'arrière.



Figure 78 Préviation des nouveaux alignements de la traction de l'épaule ©Manon Wagneur, 2023

- ⇒ L'effet global de la sangle d'arrimage encourage un **déséquilibre entre les deux épaules**.

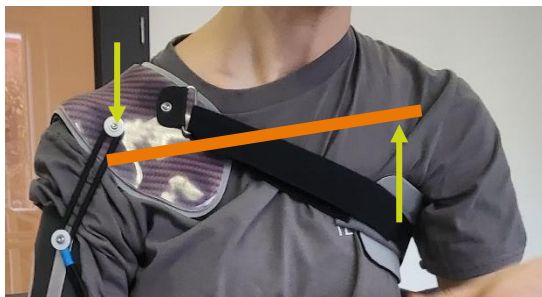


Figure 79 Déséquilibre de la posture des épaule dû à l'arrimage ©Manon Wagneur, 2023

Cette problématique est plus compliquée à résoudre. Elle est due au fait que la traction exercée au niveau de l'épaule est très forte, et que d'une façon ou d'une autre, il faut la contrebalancer.

Après de multiples tests, il s'avère que la zone du flan est la moins néfaste et la plus pratique d'un point de vue fonctionnel.

En effet, les deux tests réalisés ci-dessous ont mis en lumière des problèmes autrement plus contraignants pour le porteur :

- 1- Trop grande **compression** du **thorax** nécessaire, avec un inconfort accru en position assise et des difficultés à respirer à plein poumons ;
- 2- Nécessité de porter une **ceinture** au niveau des hanches, et ne correspond **pas à toutes les morphologies**.

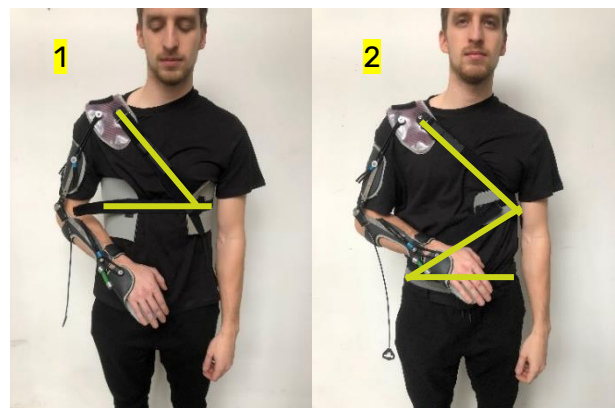


Figure 80 Test réalisés sur l'arrimage ©Manon Wagneur, 2023

Mon choix se porte donc sur la position des premiers essais sur Nathalie C.

Néanmoins, pour éviter les phénomènes de compression et de déséquilibre observés sur la photo ci-contre, il faut augmenter la surface de contact pour diffuser l'effort au maximum.

Cette modification est la dernière en date, et voici donc la morphologie actuelle du prototype.



Figure Etat d'avancement du projet d'atelier en avril 2023 ©Manon Wagneur, 2023

9.4. Test sous imagerie

Le 28 février 2023, j'ai eu la chance de faire un essai de l'orthèse sur la patiente test sous échographie, et d'obtenir des images et des données chiffrées permettant de valider le prototype.

En effet, bien que l'échographie ne soit pas la méthode la plus fiable pour faire une imagerie osseuse, elle nous a permis d'avoir une idée de la tendance positive immédiate du port de l'orthèse sur le diastasis de Nathalie C.¹⁴⁷.

Les données sont soumises à l'appréciation du radiologue, mais à l'aide de l'outil de mesure intégré à l'échographe, j'ai pu noter les données suivantes.

	Diastasis	Unité
Mesure initiale (sans orthèse)	1,85	cm
Mesure avec l'orthèse		
1	1,2	cm
2	1,16	cm
3	1,19	cm

Mesure moyenne avec orthèse	1,18333	cm
------------------------------------	---------	----

Réduction du diastasis	0,66667	cm
-------------------------------	---------	----

	soit	36,036	% de réduction par rapport à la mesure initiale
--	------	---------------	---

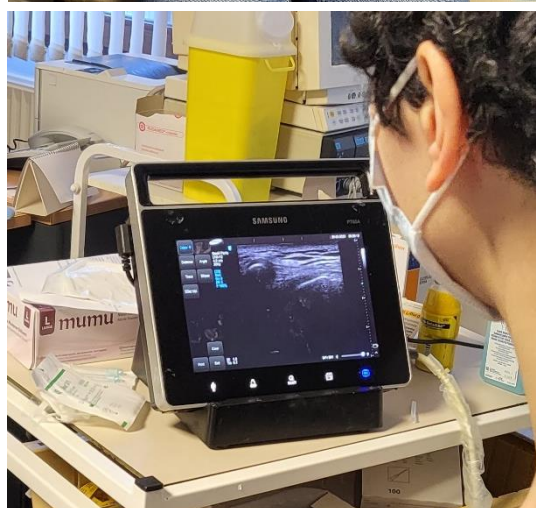


Figure 81 Echographie de Mme Nathalie C. au CHR de Verviers ©Manon Wagneur, 2023

¹⁴⁷ Observation au cours de l'échographie de Mme Nathalie C. réalisée par le Dr. Lemaire et un collègue radiologue, CHR de Verviers, le 28/02/2023.

9.5. Suites du projet

Bien que le projet soit sur de bons rails, il reste encore beaucoup de travail, et ce sur plusieurs points.

9.5.1. Tests sur patients

Trois nouveaux patients vont rejoindre Nathalie C. dans la première phase de tests. Actuellement, les orthèses sont en fabrication et pourront à court terme être placées sur ces quatre patients.

Ce sera l'occasion pour moi d'améliorer le concept au niveau fonctionnel et esthétique, mais également la possibilité pour les équipes médicales de faire des tests à l'aide d'échelles médicalement approuvées.

Ce sera également la première vague d'orthèses équipées des premiers prototypes d'articulations que j'ai dessinés et faits fabriquer.

9.5.2. Ajouts fonctionnels

Comme je l'exprimais dans la définition du concept de mon projet, j'aimerais pouvoir ajouter à l'orthèse des aides fonctionnelles. Celles-ci restent encore à développer.

Je me suis déjà attelée aux tous premiers croquis de **l'aide à l'enfilage** extérieure. Mes premières constatations me poussent à penser le dispositif comme étant fixé au mur, à l'entrée du domicile du patient.

Dans le but de déstigmatiser le handicap, pourquoi ne pas l'intégrer dans un set de patères ou à un porte-manteau. L'orthèse sera alors vue comme un accessoire parmi d'autres pour sortir de chez soi.

Concernant **l'aide à la préhension**, tout reste à faire. Il est essentiel de définir les actions qu'il serait possible de reproduire. En fonction de la complexité de celles-ci, cette aide sera plus ou moins longue à concevoir.

9.5.3. Réflexions techniques

Du point de vue technique, il me reste également trois grands pôles de conception.

9.5.3.1. Insertion du design génératif

Dans la mesure du possible et dans la plage de temps qu'il me reste, je pense que l'apprentissage d'un module de design génératif intégré à un programme de 3D connu semble envisageable. Je ne pourrai pas aller beaucoup plus loin que de tenter d'optimiser la forme des coques.

9.5.3.2. Réflexion sur les matériaux

Avec l'utilisation du design génératif, les processus de fabrication seront complètement chamboulés.

Il faudra obligatoirement passer par une méthode de prototypage rapide, et je deviendrai donc tout à fait tributaire des matières se prêtant à ce type de procédés. Cela me demandera encore beaucoup de recherches pour être sûre de pouvoir présenter un projet viable économiquement et ayant une durabilité adaptée à ce type d'appareils.

J'aimerais également pouvoir avoir une réflexion sur le cycle de vie de mon appareil, et cela passe par une réflexion poussée autour du choix des matériaux.

9.5.3.3. Amélioration de l'articulation

Point névralgique de l'appareil, c'est sur cette articulation que repose l'essentiel de l'aspect fonctionnel de l'orthèse. Après la phase de test, il y aura certainement des modifications à y apporter pour la rendre optimale.

Autre point important, l'articulation d'un appareil joue beaucoup sur son aspect esthétique. A l'heure actuelle, je n'ai pas encore pu réfléchir à l'ensemble en termes d'intégration formelle des pièces mécaniques, et c'est une considération que je ne peux me permettre de laisser de côté.

CONCLUSIONS /

Ce mémoire s'inscrit dans un réel défi de santé mondiale. La tendance est à la hausse concernant le nombre de cas d'AVC survenant chaque année. La prise en charge des patients hémiparétiques se justifie donc pleinement, et ce travail amène des réflexions et solutions à une problématique encore mal connue et, a fortiori, inefficacement prise en charge : le syndrome de l'épaule hémiparétique douloureuse.

Il a été prouvé que la douleur était un frein important à la rééducation et à un possible retour à une vie normale : elle a un impact sur la qualité de vie du patient, mais aussi sur sa santé mentale. C'est un constat que j'ai moi-même pu réaliser lors de mes nombreux entretiens avec des patients.

L'épaule hémiparétique est bien souvent douloureuse lors de l'apparition d'un diastasis, autrement dit un écart anormal entre la tête de l'humérus et la cavité gléno-humérale, dans laquelle ce dernier est censé s'insérer. Ce diastasis apparaissant dès la phase initiale de l'hémiparésie, il faut agir dès les premiers jours qui suivent l'AVC du patient.

La solution la plus efficace pour retrouver une configuration physiologique de l'épaule est de soutenir le membre supérieur et de contrer la spasticité s'il en est. L'outil qui répond le plus efficacement à cette fonction est l'orthèse. Externe au corps du patient, cet appareil orthopédique est utilisé pour remplacer les fonctions manquantes d'une partie du corps. Dans ce cas, l'objet supplée au manque de tonus musculaire du membre supérieur.

Le groupe d'utilisateurs étudié est vaste : il est très compliqué, et injustifié, de définir un « patient-type ». C'est pourquoi le sur-mesure se présente comme l'option la plus adaptée. Au plus l'orthèse sera spécialisée et personnalisée, au plus l'objet sera efficace. Le but est vraiment que le patient n'abandonne pas son appareil, car ce serait perdre tout le bénéfice des progrès obtenus jusque-là.

Cet objectif de mettre en accord utilisateur et objet, pour encourager à un port quotidien, passe aussi par une bonne compréhension des usages et besoins des patients.

Le point fort de l'appareil que je propose réside dans la définition d'objectifs clairs et d'un scénario d'usage bien délimité et n'entrant pas en conflit avec les solutions déjà sur le marché.

L'orthèse sera portée dans le cadre d'occupations actives, c'est-à-dire principalement en dehors du domicile. Elle peut aussi être envisagée pour des AVQ telles que la cuisine, le jardinage, les loisirs créatifs ou encore les activités sportives.

La solution personnelle que je propose tend donc à remplir les objectifs énoncés dès l'introduction de ce travail, en proposant des réponses concrètes et spécifiques.

- **Recoapter** l'articulation de l'épaule et **réduire la douleur** :

L'orthèse proposée remplit ses promesses à ce sujet. En appliquant une traction continue entre un appui au niveau de l'épaule et un contre-appui au niveau de l'avant-bras, un test réalisé sous échographie donne une réduction immédiate de près de 36% de la distance anormale entre la tête humérale et la cavité glénoïde. L'échographie n'étant pas la méthode d'imagerie la plus précise, ces données sont surtout intéressantes d'un point de vue visuel : on peut voir une amélioration.

A ces données théoriques vient s'ajouter le ressenti de la patiente test, qui témoigne d'un soulagement de sa douleur ainsi que du bien-être général dès la mise en place de l'orthèse.

- **Soutenir** le membre tout en permettant le **mouvement** :

L'orthèse a été conçue pour permettre une liste d'un certain nombre de mouvements. Cette dernière a été élaborée en collaboration entre un médecin en médecine physique, une kinésithérapeute et un orthopédiste.

L'orthèse amène un soutien général qui est ressenti comme sécurisant par la patiente test, tout en permettant de réaliser des mobilisations importantes pour la revalidation.

Cette importance du mouvement transparait d'autant plus dans le développement de l'articulation du coude permettant cinq positions différentes au patient.

- **S'adapter** en misant sur la **modularité et la possibilité de réglages** :

Réalisé sur-mesure, l'appareil est adapté à 100% à son porteur.

L'orthèse étant composée de segments articulés entre eux, elle permet une modularité complète et assure des possibilités d'évolution suivant l'état de la pathologie du patient.

Concernant la possibilité de réglages, il semble plus judicieux de confier la paramétrisation précise des dimensions aux professionnels de santé. Le patient lui aura plutôt le choix entre des positions bien définies, qui dépendront de l'activité qu'il compte réaliser.

- **Autonomiser** le patient :

Cette autonomie passe avant tout par l'enfilage de l'appareil. Pour ce faire, j'en suis arrivée à la conclusion qu'il était préférable d'envisager une aide à l'enfilage externe, plutôt que de complexifier l'objet en lui-même. Je me refuse à risquer de perdre en efficacité, en confort et en esthétique, pour répondre à une action ponctuelle et qui pourrait être aidée par un système supplémentaire.

- **Refonctionnaliser** le membre supérieur :

La possibilité de positionner le bras en flexion à 90° permettra déjà au patient de récupérer une partie des fonctions perdues, d'autant plus s'il reste un peu de mobilité au niveau de la main.

Je compte aller plus loin, et proposer l'intégration d'un système d'aide à la préhension permettant de réaliser des actions simples : porter un sac, déplacer une casserole, ... Cette aide reste encore à concevoir.

- **Déstigmatiser :**

Beaucoup abordée tout au long de ma réflexion, la considération esthétique fait partie des plus-values certaines que le projet peut amener sur ce marché spécifique. Les patients ont en général assez peu de choix au niveau esthétique, et se sentent souvent impuissants face à cela. L'esthétisme passe toujours après les autres aspects, et bien que l'efficacité soit primordiale, il est selon moi du devoir de designer de réussir à combiner ces deux objectifs.

Cela passera donc par une intégration formelle des pièces mécaniques, une cohérence et une attention particulière portée aux détails.

Dans un plus long terme, pourquoi ne pas imaginer un système de personnalisation de l'appareil en fonction des goûts du patient ?

Confiante de la pertinence dans le choix de mes objectifs et des réponses que j'y apporte, j'ai hâte de poursuivre le projet dans les différentes phases qui se présentent et se présenteront dans un futur plus ou moins proche.

J'ai déjà eu un petit aperçu de l'impact positif de mon objet sur la vie d'une personne, et je m'apprête à passer à une phase de tests un peu plus large. L'impact médical de l'orthèse fait d'ailleurs l'objet des recherches d'une étudiante en dernière année de kinésithérapie, et cela nous permettra de quantifier la valeur et l'efficacité de ma solution.

Il reste encore beaucoup d'évolutions possibles, de secteurs desquels m'inspirer, de professionnels de tous horizons avec qui collaborer, d'environnements et de patients différents à qui m'adapter. Des perspectives concrètes et stimulantes qu'il me tarde de rencontrer.

Personnellement, ce mémoire et ce projet m'auront apporté le sens que je recherchais depuis le début de mes études. Ils m'ont permis de rencontrer des professionnels qui m'ont guidée et faite progresser, des patients dont la résilience et la joie de vivre m'ont fait relativiser ma propre vie personnelle, et la découverte d'un domaine qui m'était jusque-là inconnu et qui fera désormais partie de mon futur.

BIBLIOGRAPHIE /

ICONOGRAPHIE

10. BIBLIOGRAPHIE

10.1. Recherches documentaires

10.1.1. Corpus

10.1.1.1. Ouvrages

1. BENYUS, Janine. Biomimétisme : Quand la nature inspire des innovations durables [Biomimicry: Innovation Inspired by Nature]. New-York : William Morrow & Company, Inc., 1997. 320 pages. ISBN 978-0688160999.

10.1.1.2. Cours et séminaires

1. KELNER, Vincent. Le darwinisme artificiel au service de l'ingénierie...et du design. ESA Saint-Luc, Liège, 2021. Conférence en Master 1 de Design Industriel. 100 pages.
2. LEVENSTOND, Marc. Cours de Pratique des Matériaux. ESA Saint-Luc, Liège, 2020. Cours de 2e Bachelier en Design Industriel.

10.1.1.3. Sources électroniques

1. AIZENBERG, J., FERNANDES, M.C., WEAVER, J.C., et alii. Des treillis mécaniquement robustes inspirés des éponges de verre des grands fonds marins [Mechanically robust lattices inspired by deep-sea glass sponges]. *Nat. Mater.* [en ligne], n°20, 2021 [consulté le 07/04/2023]. Disponible sur : <https://doi.org/10.1038/s41563-020-0798-1>
2. ANWER, S., ALGHADIR, A. Incidence, Prévalences, et Facteurs de Risque de la douleur d'épaule hémiplegique : Une revue systématique [Incidence, Prevalence, and Risk Factors of Hemiplegic Shoulder Pain : A Systematic Review]. *Int J Environ Res Public Health* (en ligne), 17(14), 4962, 2020 (consulté le 4 avril 2023). Disponible sur : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7400080/>
3. ASBL GEH. Hémiplégies. In ASBL GEH [en ligne]. s.d. [consulté le 17/11/2022]. Disponible sur <https://www.geh-asbl.be/hemiplegies/>
4. BAILLET B., POUBLANC I. Éducation de la sensibilité de la main de l'hémiplegique par le matériel Perfetti. *Annales de Kinésithérapie* (en ligne), n°2, 1995 (consulté le 17/11/2022). Pp. 99-102. Disponible sur https://www.kinedoc.org/dc/api/dc/html?f=LONG_HTML&l=fr&q=KDOC_17072

5. BARDY, B.G., PÉLISSIER, J.-Y., VAROQUI, D. Une approche dynamique des déficits posturaux : Exemple de l'hémiplégie vasculaire. Sciences & Motricité (en ligne), n°74, 2011 (consulté le 17/11/2022). Pp. 89-100. Disponible sur https://www.researchgate.net/publication/259527900_Une_approche_dynamique_des_deficits_posturaux_Exemple_de_l%27hemiplegie_vasculaire
6. Biomimicry Institute. Qu'est-ce que le biomimétisme ? [What is biomimicry?]. In Biomimicry Institute. Biomimicry Institute [en ligne]. 2023 [consulté le 07/04/23]. Disponible sur <https://biomimicry.org/what-is-biomimicry/>
7. BRAININ, M., FEIGNIN, V.L., FISHER, M., et alii. World Stroke Organization (WSO): Global Stroke Fact Sheet 2022. International Journal of Stroke (en ligne), Vol 17(I), 2021 (consulté le 04 avril 2023). Disponible sur <https://www.dropbox.com/s/wm12nosylzkk5ea/World%20Stroke%20Organization%20%28WSO%29-%20Global%20Stroke%20Fact%20Sheet%202022.pdf?dl=0>. Pp. 18-29
8. CALMELS, P., CONDEMIN, A., COURBON, A., et alii. Hémiplégie et Tour du Mont-Blanc : de l'espoir à la réalité. Annales de Réadaptation et de Médecine Physique (en ligne), n°4, 2005 (consulté le 17/11/2022). Pp. 180-186. Disponible sur https://www.academia.edu/13194629/H%C3%A9mipl%C3%A9gie_et_tour_du_Mont_Blanc_de_lespoir_%C3%A0_la_r%C3%A9alit%C3%A9?auto=citations&from=cover_page
9. CHANZY, N. La luxation d'épaule récidivante. In Docteur Nicolas CHANZY - Chirurgien orthopédiste [en ligne]. s.d. [consulté le 17/11/2022]. Disponible sur <http://www.chirurgie-orthopedie-chanzy.com/chirurgie-orthopedique/luxation-epaule-recidivante.php>
10. CHIN, F., DE PERETTI, C., GRIMAUD O., et alii. Prévalence des accidents vasculaires cérébraux et de leurs séquelles et impact sur les activités de la vie quotidienne : apports des enquêtes déclaratives Handicap-santé-ménages et Handicap-santé-institution 2008-2009. Bulletin épidémiologique hebdomadaire (en ligne), n°1, 10 janvier 2010 (consulté le 17/11/2022). Disponible sur http://handicap.foxoo.com/_internautas/0000006120/photos/beh%201%20janvier%202012%20170112.pdf
11. CHU Liège. L'AVC : deuxième cause de mortalité mondiale. In CHU de Liège [en ligne]. 14 janvier 2016 [consulté le 17/11/2022]. Disponible sur https://www.chuliege.be/jcms/c2_17302906/fr/neurologie/l-avc-deuxieme-cause-de-mortalite-mondiale
12. CHUV Service de chirurgie vasculaire. Port à cath (PAC). In CHUV Service de chirurgie Vasculaire de Lausanne. CHUV Service de chirurgie vasculaire [en ligne]. 22/02/2018 [consulté le 08/04/2023]. Disponible sur : <https://www.chuv.ch/fr/chirurgie-vasculaire/cva-home/patients-et-familles/maladies-et-traitements/port-a-cath-pac#>

13. CNRS. L'ORTHESE HELICOIDALE DU MEMBRE SUPERIEUR DANS LES PARALYSIES DU PLEXUS BRACHIAL. In Bases bibliographiques Pascal et Francis [en ligne]. 1972-2015 [consulté le 17/11/2022]. Disponible sur <https://pascal-francis.inist.fr/cms/a-propos/?lang=fr>
14. Comité international de la Croix-Rouge. Guide de fabrication : Les orthèses du membre supérieur - Programme de réadaptation physique (en ligne). Août 2015 (consulté le 17/11/2022). Disponible sur <https://www.icrc.org/fr/doc/assets/files/other/icrc-001-0868-04.pdf>
15. COURTOIS, Pierre. AViQ – Toutes les aides au handicap accordées par la Wallonie. In Mes Aides Financières [en ligne]. 6 juillet 2022 [consulté le 17/11/2022]. Disponible sur <https://mes-aides-financieres.be/handicap/aviq/>
16. COURTOIS, Pierre. SPF handicap – Paiement 2022 de vos aides handicap. In Mes Aides Financières [en ligne]. 14 juin 2022 [consulté le 17/11/2022]. Disponible sur <https://mes-aides-financieres.be/handicap/aviq/>
17. COXWORTH, Ben. Des robots "flexosquelettes" semi-souples inspirés des insectes [*Semi-soft "flexoskeleton" robots inspired by insects*]. In New Atlas. New Atlas [en ligne]. 09/04/2020 [consulté le 20/03/2023]. Disponible sur : <https://newatlas.com/robotics/flexoskeleton-soft-robots/>
18. DE MORAND, Anne. Pratique de la rééducation neurologique - Chapitre 1 : le patient hémiplégique (en ligne). Paris : Elsevier Masson, 2014 (consulté le 17/11/2022). ISBN : 9782294776878. Disponible sur <https://www.unitheque.com/UploadFile/DocumentPDF/P/R/QSTY-9782294744020.pdf>
19. éduSanté. L'hémiplégie post-AVC (en ligne). 2012 (consulté le 17/11/2022). 12 pages. Disponible sur <https://www.franceavc.com/uploads/files/5b3b2353c26f4.pdf>
20. FEIGNIN et alii. Les AVC = Fréquence. In Fondation pour la recherche sur les AVC [en ligne]. Octobre 2019 [consulté le 17/11/2022]. Disponible sur <http://www.fondation-recherche-avc.org/fr%C3%A9quence>
21. ISO. ISO 13404:2007(en): Prosthetics and orthotics – Categorization and description of external orthoses and orthotic components. In ISO - Online Browsing Platform. 2007 [consulté le 17/11/2022]. Disponible sur <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:13404:ed-1:v1:en>
22. JARRASSÉ, N., MOREL, G., PASQUI, V., et alii. La conception d'un robot de rééducation au membre supérieur. Kinésithérapie, la Revue (en ligne), n°85-86, 2009 (consulté le 17/11/2022). Disponible sur https://www.academia.edu/61271372/La_conception_d_un_robot_de_r%C3%A9ducation_au_membre_sup%C3%A9rieur?auto=citations&from=cove_r_page

23. JOHNSON, Stacey, MCPHERSON, Kristine. Size of a Human : Body Proportions [Taille d'un humain : Porportions corporelles]. In The Physics Factbook [en ligne]. 2006 [consulté le 17/11/2022]. Disponible sur <https://hypertextbook.com/facts/2006/bodyproportions.shtml>
24. MERLOT, Nicolas. Les orthèses d'épaule (en ligne). Université Henry Poincaré - Nancy 1, Nancy, 2005-2006 (consulté le 17/11/ 2022). Sciences Pharmaceutiques. Disponible sur <https://hal.univ-lorraine.fr/hal-01733703/document>
25. MONTAY, Johanne. Les AVC en Belgique : une tache aveugle. In RTBF [en ligne]. 22 février 2022 [consulté le 4 avril 2023]. Disponible sur <https://www.rtf.be/article/les-avc-en-belgique-une-tache-aveugle-10939970>
26. MOTEMANS, R. Mesures corporelles de la population belge. In DINBelg. DINBelg [en ligne]. 2005-2006 [consulté le 17/11/2022]. Disponible sur <http://dinbelg.be/adultesmixte.htm>
27. NORMAN, Don, NIELSEN, Jakob. La définition de l'Expérience Utilisateur [The definition of User Experience (UX)]. In Nielsen Norman Group. Nielsen Norman Group, World Leaders in Research-Based User Experience [en ligne]. 2016 [consulté 5 avril 2023]. Disponible sur : <https://www.nngroup.com/articles/definition-user-experience/>
28. Office des publications de l'Union européenne. Garantir la sécurité et les performances des dispositifs médicaux. In EUR-Lex [en ligne]. 2022 [consulté le 17/11/2022]. Disponible sur <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/LSU/?uri=CELEX:32017R0745>
29. Organisation Mondiale de la Santé. Normes de l'OMS en matière de prothèses et d'orthèses : 1ère partie - Normes (en ligne). Genève : Organisation Mondiale de la Santé, 2018 (consulté le 17/11/2022). ISBN : 978-92-4-251248-9. Disponible sur <https://apps.who.int/iris/>
30. PAPIILLON, Charles-Antoine. L'héminégligence. In Parlons peu parlons sciences [en ligne]. 16 mars 2016 [consulté le 17/11/2022]. Disponible sur <https://www.parlonspeuparlonscience.com/lheminegligence/>
31. Province de Liège, Wallonie Design. Programme. In ReciprocityDesign.Liège [en ligne]. 2018 [consulté le 17/11/2022]. Disponible sur <http://www.reciprocityliege.be/?panel=programme>
32. RALEVSKI, Alexandra. La structure nervurée offrant du soutien : Nénuphar [Ribbed Structure Provides Support : Water lily]. In asknature. asknature [en ligne]. 25/03/2020 [consulté le 20/03/2023]. Disponible sur : <https://asknature.org/strategy/ribbed-structure-provides-support/>
33. SPENTYS. Une solution simplifiée pour la fabrication de dispositifs d'immobilisation sur mesure. In Spentys [en ligne]. 2022 [consulté le 17/11/2022]. Disponible sur <https://fr.spentys.com/>

34. TEMPERELLI, Margaux. Techniques de rééducation pour la prévention et réduction de la subluxation et de la douleur de l'épaule hémiparalysée post-AVC : une revue de la littérature (en ligne). Faculté de médecine de Nancy, Nancy, 2018-2019 (consulté le 17/11/2022). Médecine humaine et pathologie. Disponible sur <https://hal.univ-lorraine.fr/hal-03298367/document>
35. Université de Lyon 1. Description géométrique d'un segment corporel. In Biomécanique 3D appliquée aux STAPS [en ligne]. 2021 [consulté le 17/11/2022]. Disponible sur https://biomecanique3d.univ-lyon1.fr/icap_website/3609/71342
36. VISIATIV. L'impression 3D révolutionne le secteur de l'orthèse. In Visiativ [en ligne]. s.d. [consulté le 17/11/2022]. Disponible sur <https://www.visiativ-solutions.fr/limpression-3d-dans-le-domaine-de-lorthese/>

10.1.2. Lectures

1. BOHNACKER, H., GROß, B., LAUB, J. *Design génératif : Concevoir, programmer, visualiser*. Paris : Pyramid, 2010. 474 pages. ISBN : 978-2-35017-215-6.

10.1.3. Divers

1. Annexe à l'arrêté royal du 14 septembre 1984 établissant la nomenclature des prestations de santé en matière d'assurance obligatoire soins de santé et indemnités art. 29. (2021). Moniteur Belge, 1 septembre, pp.23-29
2. LAROUSSE. Définition de subluxation. In Larousse [en ligne]. 2022 [consulté le 17/11/2022]. Disponible sur <https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/subluxation/75061>
3. LAROUSSE. Encyclopédie médicale - diastasis In Larousse [en ligne]. 2022 [consulté le 17/11/2022]. Disponible sur <https://www.larousse.fr/encyclopedie/medical/diastasis/>
4. LEROUX, Nicolas. Définition du mot "affordance". In La Langue Française. La Langue Française [en ligne]. S.d. [consulté le 5 avril 2023]. Disponible sur <https://www.lalanguefrancaise.com/dictionnaire/definition/affordance>
5. Vulgaris Médical. Grasping reflex, Définition. In Vulgaris Médical [en ligne]. s.d. [consulté le 08/02/2023]. Disponible sur <https://www.vulgaris-medical.com/encyclopedie-medicale/grasping-reflex/>

10.1.4. Filmographie

1. SALOMON TV. On My Own Two Feet : Grimper un 3000 à l'Aide d'une Prothèse. In Youtube [en ligne]. 11 octobre 2022 [consulté le 15/10/2022]. Disponible sur https://www.youtube.com/watch?v=tsnqkwOvZSw&t=63s&ab_channel=SalomonTV

10.2. Recherches sur le terrain

10.2.1. Observations

1. Observation au cours de l'échographie de Mme Nathalie C. réalisée par le Dr. Lemaire et un collègue radiologue, CHR de Verviers, le 28/02/2023.
2. Stage de fin d'étude réalisé chez Tecfit – Orthopédie et développement, société d'orthoprothésistes à Trooz, 21 novembre 2022 au 31 janvier 2023

10.2.2. Entrevues

1. Discussion avec Serge Devreese, Orthopédiste agréé chez Tecfit, Trooz, le 08/03/2023
2. Entretien avec Tom Fischer, orthoprothésiste agréé chez Tecfit, Trooz, le 31/03/2023.
3. Entrevue avec Dr. Lemaire, médecin en Médecine Physique au CHR de Verviers, le 25/10/2022.
4. Entrevue avec Dr. Lemaire, médecin en Médecine Physique, et Delphine Banneux, kinésithérapeute au CHR de Verviers, le 09/01/2023.
5. Entrevue avec Nathalie C., patiente hémiplegique, Trooz, le 08/03/2023
6. Entrevue avec Nathalie Cr., patiente hémiplegique depuis 33 ans, Bonnelles, le 26/10/2022
7. Entrevue avec Tom Fischer, orthoprothésiste - Prothésiste agréé chez Tecfit, Trooz, le 31/03/2023
8. Entrevue avec Tom Fischer, orthoprothésiste agréé chez Tecfit, Trooz, le 20/10/2022
9. Entrevue avec Tom Fischer, orthoprothésiste agréé chez Tecfit, Trooz, le 06/04/2023
10. Rencontre avec Mme Nathalie C., patiente hémiplegique, CHR de Verviers, Site Peltzer, le 24/10/2022.
11. Rencontre avec Mme Sarah H., patiente hémiplegique, CHR de Verviers Site Peltzer, le 09/03/2023.

11. ICONOGRAPHIE

Figure 1 Radiologie montrant un diastasis d'épaule (à gauche) et une articulation saine (à droite) © Djaroud Z., 2010, www.saetd-dz.com/upload/File/6c/SALLE%20PLENIERE/20-Z.%20Djaroud-epaule%20douloureuse%20hemiplegie1.pdf	3
Figure 2 Orthèses de membre supérieur de la société Tecfit ©Manon Wagner, 2023.....	3
Figure 3 Répartition des différents cas d'AVC ©Manon Wagner, 2022.....	7
Figure 4 Tableau clinique en fonction de la zone touchée ©Manon Wagner, 2022.....	8
Figure 5 Membre supérieur flasque ©Manon Wagner, 2022.....	9
Figure 6 Membre supérieur spastique ©Manon Wagner, 2022	9
Figure 7 Radiographie du diastasis suite à l'AVC de Mme N. Dollo, CHR Verviers ©Manon Wagner 2022	11
Figure 8 Troubles cognitifs en fonction de la zone touchée ©Anne de Morand, 2014, https://fr.scribd.com/document/546088873/Pratique-de-la-re-e-ducation-neurologique	12
Figure 9 Valise pupitre ©B. Baillet, 1995, https://kinedoc.org/work/kinedoc/0af34756-8cd4-4edd-b6f2-6e167f57dccb.pdf	16
Figure 10 Plaques de surfaçage ©B. Baillet, 1995, https://kinedoc.org/work/kinedoc/0af34756-8cd4-4edd-b6f2-6e167f57dccb.pdf	17
Figure 11 Plaque "H" ©B. Baillet, 1995, https://kinedoc.org/work/kinedoc/0af34756-8cd4-4edd-b6f2-6e167f57dccb.pdf	17
Figure 12 Plaque ressorts ©B. Baillet, 1995, https://kinedoc.org/work/kinedoc/0af34756-8cd4-4edd-b6f2-6e167f57dccb.pdf	Erreur ! Signet non défini.
Figure 13 Orthèse de nuit pour main spastique ©Tecfit, 2020, www.tecfit.be	18
Figure 14 Os de l'articulation de l'épaule ©Nicolas Chanzy, www.chirurgie-orthopedie-chanzy.com/chirurgie-orthopedique/luxation-epaule-recidivante.php	20
Figure 15 Vue antérieure des muscles de l'épaule ©Nicolas Merlot, 2005-2006, http://docnum.univ-lorraine.fr/public/SCDPHA_T_2006_MERLOT_NICOLAS.pdf	21
Figure 16 Vue postérieure des muscles de l'épaule ©Nicolas Merlot, 2005-2006, http://docnum.univ-lorraine.fr/public/SCDPHA_T_2006_MERLOT_NICOLAS.pdf	21
Figure 17 Vascularisation brachiale ©Nicolas Merlot, 2005-2006, http://docnum.univ-lorraine.fr/public/SCDPHA_T_2006_MERLOT_NICOLAS.pdf	22
Figure 18 Plexus brachial ©Nicolas Merlot, 2005-2006, http://docnum.univ-lorraine.fr/public/SCDPHA_T_2006_MERLOT_NICOLAS.pdf	23

Figure 19 Axes principaux de mouvement ©Nicolas Merlot, 2005-2006, http://docnum.univ-lorraine.fr/public/SCDPHA_T_2006_MERLOT_NICOLAS.pdf	24
Figure 200 Flexion/extension ©Nicolas Merlot, 2005-2006, http://docnum.univ-lorraine.fr/public/SCDPHA_T_2006_MERLOT_NICOLAS.pdf	25
Figure 21 Abduction ©Nicolas Merlot, 2005-2006, http://docnum.univ-lorraine.fr/public/SCDPHA_T_2006_MERLOT_NICOLAS.pdf	25
Figure 22 Abduction ©Nicolas Merlot, 2005-2006, http://docnum.univ-lorraine.fr/public/SCDPHA_T_2006_MERLOT_NICOLAS.pdf	26
Figure 23 Adduction ©Nicolas Merlot, 2005-2006, http://docnum.univ-lorraine.fr/public/SCDPHA_T_2006_MERLOT_NICOLAS.pdf	26
Figure 24 Flexion/extension horizontale ©Nicolas Merlot, 2005-2006, http://docnum.univ-lorraine.fr/public/SCDPHA_T_2006_MERLOT_NICOLAS.pdf	26
Figure 25 Rotation interne/externe ©Nicolas Merlot, 2005-2006, http://docnum.univ-lorraine.fr/public/SCDPHA_T_2006_MERLOT_NICOLAS.pdf	27
Figure 26 Circumduction ©Nicolas Merlot, 2005-2006, http://docnum.univ-lorraine.fr/public/SCDPHA_T_2006_MERLOT_NICOLAS.pdf	27
Figure 27 Orthèses Tecfit ©Manon Wagneur, 2022.....	28
Figure 28 Principes mécaniques des orthèses ©La Croix rouge, 2015, https://www.icrc.org/fr/doc/assets/files/other/french-kafo.pdf	30
Figure 29 Stroke Impact Scale ©Manon Wagneur, 2022.....	34
Figure 30 Eléments ayant un impact négatif sur la QDV ©Manon Wagneur, 2022.....	35
Figure 32 Ouvre tubes et flacons avec une seule main ©Systergo, 2023, www.systergo.fr/	39
Figure 31 Coupe-ongle adapté pour utilisation d'une main ©Systergo, 2023, www.systergo.fr/	39
Figure 33 Echelle de Barthel ©Anne de Morand, 2014, https://fr.scribd.com/document/546088873/Pratique-de-la-re-e-ducation-neurologique	40
Figure 34 Intervenants médicaux et patient ©Manon Wagneur, 2023.....	43
Figure 35 Tableau anthropométrique ©Manon Wagneur, 2022	46
Figure 36 Répartition de la masse proportionnelle du bras ©De Leva, 1996, http://christian.trillaud.free.fr/buoyancy/index.html	47
Figure 37 Scénario d'enfilage/dés-enfilage ©Manon Wagneur, 2023	50
Figure 38 Orthèse articulée de membre supérieur ©Beteille Orthopédie, https://beteille-orthopedie.com/	51
Figure 39 Orthèse de poignet ©Chabloz, http://chabloz.preprod.kreatys.com/protheses-ortheses/membres-superieurs/ortheses-pour-membres-superieurs/ortheses-helicoidales-pour-membres-superieurs	51

Figure 40 Mise en contexte des problématiques quotidiennes ©Manon Wagneur, 2022	52
Figure 41 Tissus 3D en garnissage d'un appareil AFO Tecfit ©Manon Wagneur, 2022	56
Figure 42 Orthèse Seaflex contre la spasticité ©Tecfit, 2021, www.tecfit.be	56
Figure 43 Appareil cruro-pédieux Tecfit ©Manon Wagneur, 2022	57
Figure 44 Articulation développée dans le cadre du projet d'atelier ©Manon Wagneur, 2022	59
Figure 45 Orthèse cheville-pied Tecfit ©Manon Wagneur, 2022	59
Figure 46 Zones d'appuis tolérées et non tolérées du membre supérieur © Comité international de la Croix-Rouge, 2015, https://www.icrc.org/fr/doc/assets/files/other/french-kafo.pdf	60
Figure 47 Orthèse hélicoïdale ©BMO, 2018, https://bmo-prothese-orthese.fr/ortheses-de-membre-superieur/#1511873851116-2384d588-f5d4	61
Figure 48 Schéma d'orthèse hélicoïdale membre supérieur ©Comité international de la Croix-Rouge, 2015, https://www.icrc.org/fr/doc/assets/files/other/french-kafo.pdf	61
Figure 49 Nénuphar d'Amazonie ©asknature, 2020, www.asknature.org	62
Figure 50 Structure de la feuille de Nénuphar d'Amazonie ©asknature, 2020, www.asknature.org	63
Figure 51 Nervures des feuilles de Nénuphar d'Amazonie ©asknature, 2020, www.asknature.org	63
Figure 52 Exaerete frontalis, l'étonnante abeille coucou ©Levon Biss, 2022, www.futura-sciences.com/sciences/photos/photographe-12-superbes-insectes-photographies-levon-biss-1731/nature-exaerete-frontalis-etonnante-abeille-coucou-12642/	63
Figure 53 Eponge de mer (Euplectella aspergillum) ©NOAA Okeanos Explorer Program, 2012, www.asknature.org	64
Figure 54 L'un des robots flexosquelettes, dont les jambes rigides/flexibles sont reliées à un module électronique de type Lego © David Baillot, 2020, https://newatlas.com/robotics/flexoskeleton-soft-robots/	64
Figure 55 Structure de l'éponge de verre ©Gianluigi Bertin, 2010, www.asknature.org	64
Figure 56 Structure de drone Dreamcatcher ©Autodesk Research, 2016, www.asknature.org	65
Figure 57 Optimisation topologique ©Manon Wagneur, 2023	66
Figure 58 Problème de continuité de la matière ©Manon Wagneur, 2023	66
Figure 59 AI Chair par Philippe Starck ©Kartell, 2020, https://www.kartell.com/lv/en/kteu/shop/product/a-i-2-sedie/kar05886ne	67
Figure 60 Pièce réalisées avec le module génératif de Fusion 360 ©Autodesk, www.autodesk.be/fr	67
Figure 61 Neuro-conex ©Orliman, https://www.orliman.com/en/producto/shoulder-support-with-forearm-strap/	71

Figure 62 Bras plégique d'une patiente ayant une hémiplégie spastique © Manon Wagneur, 2023.....	81
Figure 63 Gilet Immo Axmed (écharpe-contre écharpe) ©Donjoy, https://www.pharmagdd.com/fr/donjoy-gilet-immo	82
Figure 64 Hemi Arm Sling ©Roylan, https://www.devinemedical.com/55986401-Custom-Hemi-Arm-Sling-p/55986401.htm	83
Figure 65 Harris Hemi-sling ©North Coast Medical, https://www.ncmedical.com/products/harris-hemi-sling_87.htmlv	83
Figure 66 GivMohr Sling (Bilatérale dans ce cas-ci) ©GivMohr Corporation, https://www.givmohrsling.com/	83
Figure 67 California Tri Pull Taping method ©HAYNER K.A., 2012, https://www.otdude.com/ot-practice/kinesio-tape-subluxed-shoulder/	84
Figure 68 Echarpe de bras pour blessure à l'épaule ©BraceUP, 2023, https://braceup.com/products/arm-sling	85
Figure 69 Modèle Neuro-conex support d'épaule avec sangle d'avant-bras ©Orliman, 2023, https://www.orliman.com/en/producto/shoulder-support-with-forearm-strap/	85
Figure 70 Tableau comparatif des deux solutions analysées ©Manon Wagneur, 2023...	86
Figure 71 Nathalie C. jouant au tennis de table ©Manon Wagneur, 2022.....	87
Figure 72 Premiers croquis ©Manon Wagneur 2022.....	89
Figure 73 Concept du projet évalué au cours d'atelier ©Manon Wagneur, 2022.....	91
Figure 74 Prise de moule chez Tecfit ©Manon Wagneur, 2022.....	92
Figure 75 Etapes de réalisation du premier prototype ©Manon Wagneur, 2022.....	92
Figure 76 Premier essais de l'orthèse sur Nathalie C. Manon Wagneur, 2023.....	93
Figure 77 Articulation à cliquet développée dans le cadre du projet d'atelier ©Manon Wagneur, 2022.....	93
Figure 78 Prévision des nouveaux alignements de la traction de l'épaule ©Manon Wagneur, 2023.....	94
Figure 79 Déséquilibre de la posture des épaule dû à l'arrimage ©Manon Wagneur, 2023.....	94
Figure 80 Test réalisés sur l'arrimage, ©Manon Wagneur, 2023.....	94
Figure 82 Echographie de Mme Nathalie C. au CHR de Verviers ©Manon Wagneur, 2023.....	96

ANNEXES /

648970 648981 - De plus de 8 cm T 330,20

648992 649003 Botte armée avec compensation et pied artificiel en cuir armé
ou en matière plastique T 796,50

Groupe principal XI : Appareil en tissu élastique, quadriceps, artificiel ou dérotateur à fixer sur chaussure et ceinture :

Topographie :
(BX1) du pied ou bassin inclus

Sur mesure :

649014 649025 Ceinture de taille simple, largeur 5 cm au maximum T 23,60

649036 649040 Ceinture en coutil, cuir ou matière plastique T 141,60

649051 649062 Tracteur dérotateur, pièce T 23,60

649073 649084 Tracteur quadriceps, pièce T 58,70

Groupe principal XII : Supplément au segment pied, pour tous les appareils du membre inférieur :

Sur mesure :

649095 649106 Liège ou résine de compensation, par centimètre T 9,12

Groupe principal XIII : Réparation et entretien :

" " 653435 653446 "A.R. 28.3.1995" (en vigueur 1.4.1995) + "A.R. 18.10.2013" (en vigueur 1.12.2013)
Réparation et entretien d'un appareil orthopédique sur
mesure du membre inférieur, par tranche de T 20, par an T 4

653450 653461 Réparation et entretien d'appareils préfab du membre
inférieur, par tranche de T 20, par an T 2,6 "

"A.R. 29.1.1993" (en vigueur 1.2.1993)

"C. MEMBRES SUPERIEURS :

Groupe principal I : Doigt :

Topographie :
(CI1) De l'extrémité distale du doigt, comprenant au moins une phalange à l'articulation métacarpophalangienne incluse."

"A.R. 29.1.1993" (en vigueur 1.2.1993) + "A.R. 18.10.2013" (en vigueur 1.12.2013)
"Sur mesure :

649176 649180 Par doigt T 29,50

Ce segment n'est pris en considération que si le doigt est appareillé individuellement, même si l'appareil comprend d'autres segments.

		Préfab :			
"	653472	653483	Orthèse du doigt :" "A.R. 28.3.1995" (en vigueur 1.4.1995) + "A.R. 18.10.2013" (en vigueur 1.12.2013) Orthèse dynamique du doigt soutenant ou corrigeant les fonctions articulaires, quel que soit le nombre de doigts, par doigt	T	30,51 "
"	649213	649224	"A.R. 29.1.1993" (en vigueur 1.2.1993) + "A.R. 18.10.2013" (en vigueur 1.12.2013) Orthèse statique du doigt corrigeant et/ou immobilisant une ou plusieurs articulations du doigt, par doigt	T	8,72
	649235	649246	IMF : Segment-doigt : Par doigt	T	19,83 "
			"A.R. 29.1.1993" (en vigueur 1.2.1993) "Groupe principal II : Main :		
			Topographie : (CII1) De l'articulation métacarpophalangienne à l'articulation métacarpocarpienne"		
			"A.R. 29.1.1993" (en vigueur 1.2.1993) + "A.R. 18.10.2013" (en vigueur 1.12.2013) "Sur mesure : Segment-main :		
	649250	649261	En matière moulée, cuir, plastique ou métal Le segment-main peut être appareillé séparément.	T	70,80
	649272	649283	Appui palmaire en forme de pelote ou de barre	T	29,50
	649294	649305	IMF : Segment-main	T	23,55
	649316	649320	Appui palmaire	T	22,14 "
			"A.R. 29.1.1993" (en vigueur 1.2.1993) "Groupe principal III : Paume de la main et doigt(s) :		
			Topographie :" "A.R. 29.1.1993" (en vigueur 1.2.1993) + "A.R. 28.3.1995" (en vigueur 1.4.1995) "(CIII1) De l'extrémité des doigts et comprenant au moins une phalange à l'articulation métacarpocarpienne."		
			"A.R. 29.1.1993" (en vigueur 1.2.1993) + "A.R. 18.10.2013" (en vigueur 1.12.2013) "Sur mesure :		
	649331	649342	Segment-main et segment-doigt : Ce segment n'est pris en considération que si l'appareillage de la main et des doigts est conçu en une pièce, c'est-à-dire si les doigts sont pris en bloc et non individuellement. Ce poste peut faire partie d'un appareil comprenant d'autres segments plus proximaux	T	141,60
			Préfab :		
	649353	649364	Orthèse de la main et du doigt : Orthèse dynamique de la main soutenant et/ou corrigeant les fonctions articulaires	T	43,58

649375	649386	Orthèse statique de la main immobilisant et/ou corrigeant les fonctions articulaires	T	41,40		
		IMF : Segment-main et segment-doigt :				
649390	649401	Ce segment n'est pris en considération que si l'appareillage de la main et des doigts est conçu en une pièce, c'est-à-dire si les doigts sont pris en bloc et non individuellement. Ce poste peut faire partie d'un appareil comprenant d'autres segments plus proximaux	T	36,37	"	
		"A.R. 29.1.1993" (en vigueur 1.2.1993) "Groupe principal IV : Poignet :				
		Topographie :" "A.R. 29.1.1993" (en vigueur 1.2.1993) + "A.R. 28.3.1995" (en vigueur 1.4.1995) "(CIV1) Du milieu du métacarpe au 1/3 proximal de l'articulation du poignet."				
		"A.R. 29.1.1993" (en vigueur 1.2.1993) + "A.R. 9.9.1993" (en vigueur 23.10.1993) "(CIV2) Du milieu du métacarpe au milieu de l'avant-bras, mesuré à partir du pli du coude."				
		"A.R. 29.1.1993" (en vigueur 1.2.1993) + "A.R. 18.10.2013" (en vigueur 1.12.2013) "Préfab :"				
649412	649423	Supprimée par A.R. 21.7.2014 (en vigueur 1.10.2014)				
		"A.R. 29.1.1993" (en vigueur 1.2.1993) + "A.R. 18.10.2013" (en vigueur 1.12.2013)				
"	649434	649445	Bandage du poignet fortement restricteur de mouvement avec renforcement dur (CIV2)	T	34,86	
		"A.R. 29.1.1993" (en vigueur 1.2.1993) "Groupe principal V : doigt - main - poignet et avant-bras :				
		Topographie : (CV1) De l'extrémité des doigts aux deux tiers proximaux de l'avant-bras. La longueur de l'avant-bras est mesurée depuis la fente du poignet jusqu'au pli du coude."				
		"A.R. 29.1.1993" (en vigueur 1.2.1993) + "A.R. 18.10.2013" (en vigueur 1.12.2013) "Préfab :				
649456	649460	Orthèse dynamique du doigt, de la main, du poignet et de l'avant-bras, type Cock-up, pour les doigts prise individuellement ou en bloc	T	65,37		
649471	649482	Orthèse dynamique combinée du doigt, de la main, du poignet et de l'avant-bras, type Oppenheimer, pour flexion ou extension	T	74,09		
649493	649504	Attelle postopératoire de la main, type Swanson	T	224,88		
649515	649526	Attelle de déviation ulnaire	T	54,48	"	

"A.R. 29.1.1993" (en vigueur 1.2.1993)

"Groupe principal VI : Main, poignet et avant-bras :

Topographie :

(CVI1) De l'articulation métacarpophalangienne aux deux tiers proximaux de l'avant-bras. La longueur de l'avant-bras est mesurée depuis la fente du poignet jusqu'au pli du coude."

"A.R. 29.1.1993" (en vigueur 1.2.1993) + "A.R. 18.10.2013" (en vigueur 1.12.2013)

"Préfab :

649530	649541	Orthèse de la main, du poignet et de l'avant-bras : Orthèse dynamique, type Cock-up splint	T	37,04	
649552	649563	Attelle statique de flexion ou d'extension du poignet	T	41,40	"

"A.R. 29.1.1993" (en vigueur 1.2.1993)

"Groupe principal VII : Poignet et avant-bras :

Topographie :

(CVII1) De l'articulation métacarpienne aux deux tiers proximaux de l'avant-bras."

"A.R. 28.3.1995" (en vigueur 1.4.1995)

"(CVII2) De l'articulation métacarpienne, au tiers proximal de l'avant-bras."

"A.R. 28.3.1995" (en vigueur 1.4.1995) + "A.R. 18.10.2013" (en vigueur 1.12.2013)

"Sur mesure :

649574	649585	Segment du poignet et de l'avant-bras CVII1	T	141,60	
653494	653505	Segment du poignet et de l'avant-bras CVII2	T	109,4	
649596	649600	Préfab : Attelle dynamique, type Oppenheimer splint	T	56,66	
649611	649622	Orthèse statique	T	39,22	
		I.M.F. :			
649633	649644	Segment du poignet et de l'avant-bras CVII1	T	45,23	
653516	653520	Segment du poignet et de l'avant-bras CVII2	T	33,10	"

"A.R. 29.1.1993" (en vigueur 1.2.1993)

"Groupe principal VIII : Coude :

Topographie :

(CVIII1) De la moitié de l'avant-bras à mi-bras. Les points de mesure sont les plis du poignet, du coude et de l'aisselle."

		"A.R. 29.1.1993" (en vigueur 1.2.1993) + "A.R. 18.10.2013" (en vigueur 1.12.2013) "Préfab :		
		Orthèse du coude :		
649655	649666	Orthèse du coude avec système de charnière (CVIII1)	T	187,40
649670	649681	Bandage pour tennis-elbow en matière non élastique	T	21,79 "
649692	649703	Supprimée par A.R. 21.7.2014 (en vigueur 1.10.2014)		
"		"A.R. 29.1.1993" (en vigueur 1.2.1993) + "A.R. 18.10.2013" (en vigueur 1.12.2013)		
649714	649725	Bandage d'anti-hyperextension (CVIII1)	T	56,66
		"A.R. 29.1.1993" (en vigueur 1.2.1993) "Groupe principal IX : Bras :		
		Topographie :		
		(CIX1) De l'articulation du coude aux deux tiers proximaux du bras. Les points de mesure sont les plis du coude et de l'aisselle."		
		"A.R. 29.1.1993" (en vigueur 1.2.1993) + "A.R. 18.10.2013" (en vigueur 1.12.2013) "Sur mesure :		
649736	649740	Segment-bras	T	141,60
		Préfab :		
		Orthèse du bras :		
649751	649762	Orthèse statique, type «fracture bracing»	T	161,25
		IMF :		
649773	649784	Segment-bras	T	45,23 "
		"A.R. 29.1.1993" (en vigueur 1.2.1993) "Groupe principal X : Main - avant-bras - bras :		
		Topographie :		
		(CX1) De la paume de la main à mi-bras. Les points de mesure sont les plis du coude et de l'aisselle."		
		"A.R. 29.1.1993" (en vigueur 1.2.1993) + "A.R. 18.10.2013" (en vigueur 1.12.2013) "Préfab :		
649795	649806	Orthèse de la main, de l'avant-bras, du bras : Orthèse statique	T	84,11 "
		"A.R. 29.1.1993" (en vigueur 1.2.1993) "Groupe principal XI : Epaule :		
		Topographie :		
		(CXI1) De la paume de la main à l'articulation de l'épaule avec appui thoracique et pelvien."		

		"A.R. 29.1.1993" (en vigueur 1.2.1993) + "A.R. 18.10.2013" (en vigueur 1.12.2013) "Préfab :			
	649810	649821	Orthèse de port d'épaule en vue de prévenir une luxation paralysante de l'épaule	T	350,83 "
"	653531	653542	"A.R. 28.3.1995" (en vigueur 1.4.1995) + "A.R. 18.10.2013" (en vigueur 1.12.2013) Appareil d'abduction pour immobilisation fonctionnelle de l'épaule avec segments réglables mécaniques	T	588,35
	653553	653564	Appareil d'abduction adaptable pour immobilisation fonctionnelle de l'épaule sans segments réglables mécaniques	T	325,21 "
			"A.R. 29.1.1993" (en vigueur 1.2.1993) <u>"Groupe principal XII : Segment de l'épaule et/ou de l'hémithorax :</u>		
			Topographie : (CXII1) De l'articulation scapulo-humérale à la naissance du cou, descendant postérieurement jusqu'à l'épine de l'omoplate et antérieurement jusqu'à la naissance des côtes et/ou prenant la moitié du thorax."		
	649854	649865	"A.R. 29.1.1993" (en vigueur 1.2.1993) + "A.R. 18.10.2013" (en vigueur 1.12.2013) "Sur mesure : Segment de l'épaule et/ou de l'hémithorax	T	160
			La prestation 649854-649865 n'est pas cumulable avec les prestations 649876-649880, 649891-649902 et 649913-649924."		
			"A.R. 29.1.1993" (en vigueur 1.2.1993) <u>"Groupe principal XIII : Thorax :</u>		
			Topographie : (CXIII1) Comprenant le thorax, situé entre D1 et D12."		
	649876	649880	"A.R. 29.1.1993" (en vigueur 1.2.1993) + "A.R. 18.10.2013" (en vigueur 1.12.2013) "Sur mesure : Segment thorax : Corselet en coutil	T	141,60
	649891	649902	Corselet en cuir	T	295
	649913	649924	Corselet en matière plastique	T	236 "
			"A.R. 29.1.1993" (en vigueur 1.2.1993) <u>"Groupe principal XIV : Suppléments pour articulations :"</u>		
	649935	649946	"A.R. 29.1.1993" (en vigueur 1.2.1993) + "A.R. 18.10.2013" (en vigueur 1.12.2013) "Sur mesure : Suppléments pour articulations ou systèmes de traction Doigt, par doigt	T	17,70
	649950	649961	Poignet	T	29,50
	649972	649983	Epaule avec articulation simple	T	59

649994	650005	Epaule avec articulation double	T	118		
650016	650020	Coude	T	94,40		
650031	650042	Supplément pour crémaillère ou secteur	T	94,40		
650053	650064	Supplément pour verrou de blocage	T	94,40		
		IMF :				
		Suppléments pour articulations ou systèmes de traction				
650075	650086	Doigt, par doigt	T	17,01		
650090	650101	Poignet	T	28,34		
650112	650123	Coude	T	90,70		
650134	650145	Crémaillère, secteur ou verrou de blocage	T	90,70	"	
		"A.R. 29.1.1993" (en vigueur 1.2.1993)				
		"Groupe principal XV : Bras et épaule :"				
		"A.R. 29.1.1993" (en vigueur 1.2.1993) + "A.R. 18.10.2013" (en vigueur 1.12.2013)				
		"Sur mesure :				
650156	650160	Bandage bras-épaule en vue de prévenir une luxation de l'épaule	T	56,22		
		Préfab :				
650171	650182	Coussin de positionnement de l'épaule, destiné à soutenir et à immobiliser les épaules dans une position déterminée	T	84,98		
650193	650204	Bandage bras-épaule en vue de prévenir une luxation de l'épaule	T	61,01	"	
		"A.R. 29.1.1993" (en vigueur 1.2.1993)				
		"Groupe principal XVI : Réparation et entretien :"				
		"A.R. 28.3.1995" (en vigueur 1.4.1995) + "A.R. 18.10.2013" (en vigueur 1.12.2013)				
"	653575	653586	Réparation et entretien d'un appareil orthopédique sur mesure du membre supérieur, par tranche de T 20, par an	T	4	
	653590	653601	Réparation et entretien d'appareils préfab du membre supérieur par tranche T 20, par an	T	2,6	"
		"A.R. 29.1.1993" (en vigueur 1.2.1993)				
		"D. ORTHESES SPECIFIQUES :				
		Groupe principal I : Appareils de Denis-Brown :"				
		"A.R. 29.1.1993" (en vigueur 1.2.1993) + "A.R. 18.10.2013" (en vigueur 1.12.2013)				
		"Sur mesure :				
650252	650263	Tout appareil	T	59		
650274	650285	Segment-pied, pédale modelée	T	23,60		

Fiche d'atelier - membre supérieur

Prestataire : _____
 Date de mesure : _____
 Fourniture : _____

Type d'appareil : _____
 Nom patient : _____
 Mutuelle/N°NISS : _____
 N° téléphone : _____

Côté : Gauche Droit

Patient : Connu Nouveau

Ambulant Hospitalisé

Médecin : _____
 Centre : _____

PM : OK A demander au médecin Autre : _____

Remarques : _____

Dessin du contour du bras pour angle au verso

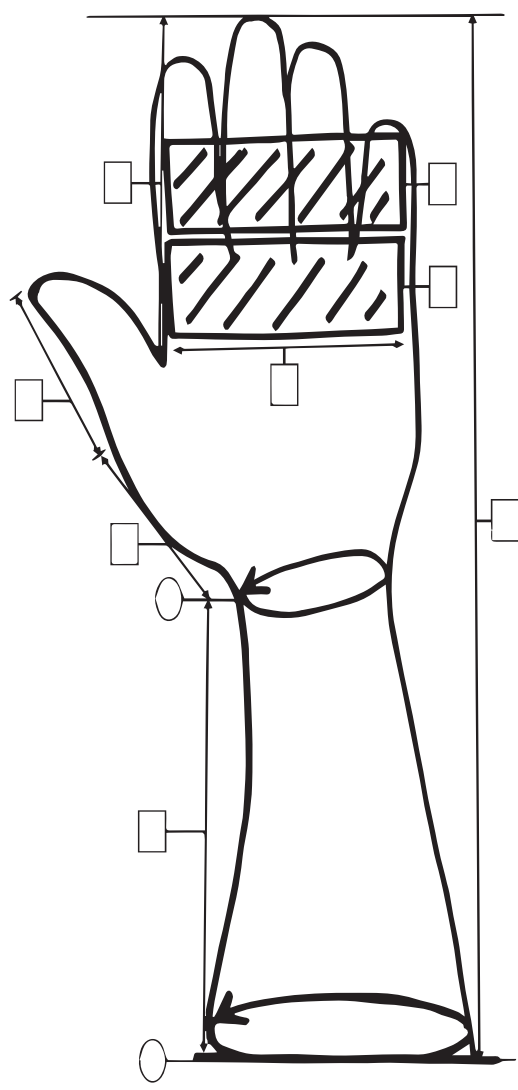
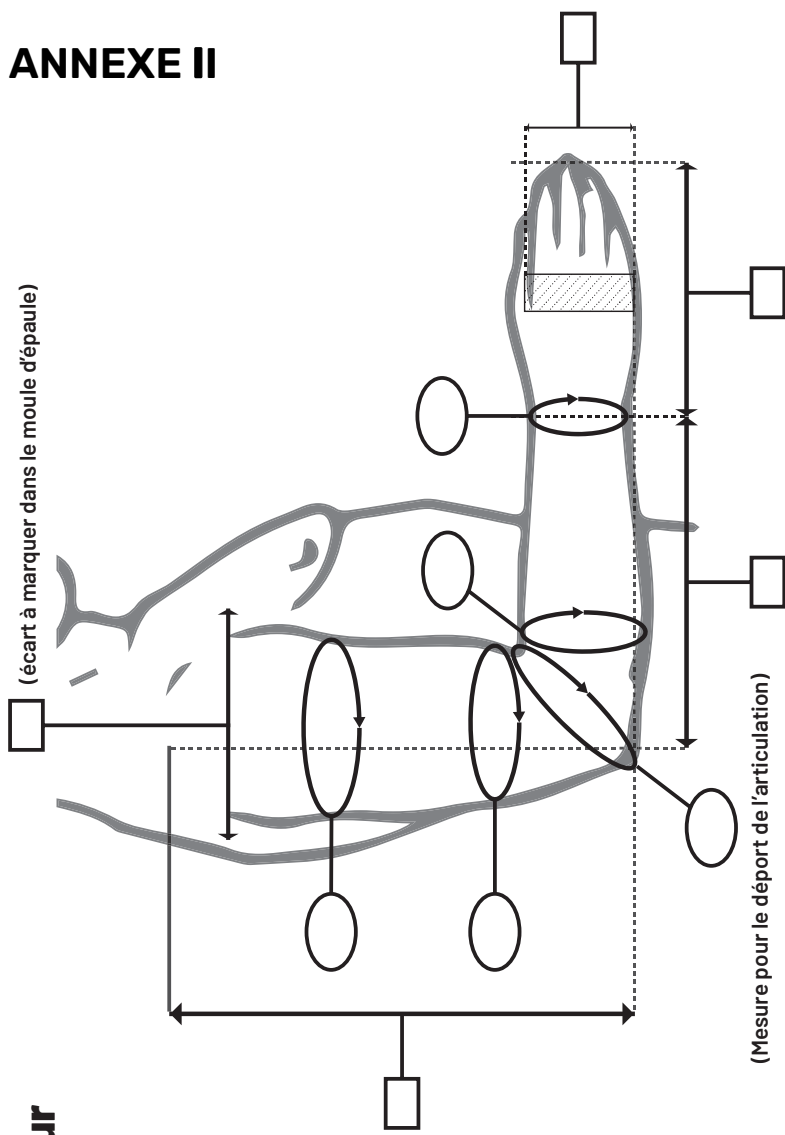


TABLE DES MATIÈRES /

TABLE DES MATIÈRES /

INTRODUCTION /	3
PARTIE I / RECHERCHES	5
1. Médecine et PATHOLOGIE.....	6
1.1. Pathologie.....	6
1.1.1. Causes.....	6
1.1.1.1. AVC.....	6
1.1.1.2. Autres.....	7
1.1.2. Dommages causés.....	8
1.1.2.1. Atteintes physiques.....	9
1.1.2.2. Atteintes cognitives.....	12
1.1.2.3. Troubles associés.....	14
1.1.3. Traitements et revalidation.....	14
1.1.3.1. Principes généraux.....	14
1.1.3.2. Rééducation posturale et motrice.....	15
1.1.3.3. Récupération sensorielle.....	16
1.1.3.4. Traitement de la spasticité.....	18
1.1.3.5. Traitement médicamenteux.....	19
1.2. Anatomie de l'épaule.....	20
1.2.1. Ostéologie.....	20
1.2.2. Myologie.....	20
1.2.3. Arthrologie.....	22
1.2.4. Vascularisation et innervation.....	22
1.3. Anatomie fonctionnelle.....	24
1.3.1. Axes principaux de mouvement.....	24
1.3.2. Types de mouvements et amplitudes.....	25
1.3.2.1. Flexion - extension.....	25
1.3.2.2. Abduction.....	25
1.3.2.3. Adduction.....	26
1.3.2.4. Flexion-extension horizontale.....	26
1.3.2.5. Rotation interne-externe.....	27
1.3.2.6. Circumduction.....	27
1.4. Appareillage : l'orthèse.....	28
1.4.1. Définition et rôle.....	28
1.4.2. Principes de base.....	29
1.5. RÉSUMÉ / Médecine et pathologie.....	31
2. Besoins et environnement du PATIENT.....	32
2.1. Patients.....	32
2.1.1. Types de patients.....	32
2.1.2. Facteurs d'influence sur le ressenti et la qualité de vie.....	34

2.1.2.1.	Chronologie.....	35
2.1.2.2.	Age du patient.....	36
2.1.2.3.	Troubles associés à l'hémiplégie.....	36
2.1.2.4.	Progrès de la rééducation.....	37
2.1.2.5.	Restriction de participation.....	37
2.1.2.6.	Facteurs personnels.....	37
2.1.2.7.	Facteurs environnementaux.....	37
2.1.2.8.	Limitation des activités.....	38
2.2.	Entourage.....	41
2.2.1.	Rôle.....	41
2.2.2.	Ressenti.....	41
2.2.3.	Formation et aides existantes.....	42
2.3.	Intervenants médicaux.....	42
2.3.1.	Types d'intervenants.....	42
2.3.2.	Rôle.....	43
2.4.	Designer.....	44
2.5.	RÉSUMÉ / Besoins et environnement du patient.....	45
3.	Ergonomie, fonction et EXPÉRIENCE.....	46
3.1.	Anthropométrie.....	46
3.2.	Critères ergonomiques.....	48
3.2.1.	Notions de confort.....	48
3.2.2.	Praticité.....	48
3.2.3.	Affordance.....	48
3.2.4.	Aspect visuel.....	51
3.3.	Usage.....	52
3.3.1.	Mise en contexte.....	52
3.3.2.	Scénario d'usage.....	53
3.4.	RÉSUMÉ / Ergonomie fonction et expérience.....	54
4.	Matériaux, fabrication et INNOVATIONS.....	55
4.1.	Types d'orthèses.....	55
4.2.	Matériaux et composition de l'orthèse.....	56
4.2.1.	Polymères et composites.....	56
4.2.2.	Textile.....	56
4.2.3.	Aciers et aluminium.....	57
4.2.4.	Durabilité.....	58
4.2.5.	Accessoires.....	59
4.3.	Processus de fabrication.....	60
4.4.	Innovations et inspirations.....	60
4.4.1.	Médicales.....	61
4.4.1.1.	Orthèses hélicoïdales.....	61
4.4.1.2.	Orthèses robotisées.....	62
4.4.2.	Inspiration du vivant.....	62

4.4.2.1.	Structure	62
4.4.2.2.	Optimisation	65
4.5.	RÉSUMÉ / Matériaux, fabrication et innovations	68
5.	Remboursements, économie et LÉGISLATION	69
5.1.	Marché de l'orthopédie	69
5.2.	Aides financières.....	70
5.2.1.	Remboursements INAMI	70
5.2.2.	Autres aides financières	71
5.3.	Normalisation.....	72
5.4.	Rôle économique de l'orthèse	74
5.5.	RÉSUMÉ / Remboursements, économie et législation.....	75
6.	Conclusion des recherches et CHOIX.....	76
PARTIE II / LIENS ET SOLUTIONS		78
7.	Cas pratique - PATIENTE TEST	79
7.1.	Présentation de la patiente.....	79
7.2.	Présentation de la pathologie	80
8.	Solutions EXISTANTES.....	82
8.1.	Principes généraux.....	82
8.2.	Critique de deux solutions particulières.....	85
8.2.1.	Avis des professionnels de santé.....	86
8.2.2.	Avis et observation des patients.....	87
8.3.	RÉSUMÉ / Solutions existantes	88
9.	Solution PERSONNELLE.....	89
9.1.	Analyse et premiers jets	89
9.2.	Concept.....	91
9.3.	Prototypes, essais et ajustements.....	92
9.4.	Tests sous imagerie.....	95
9.5.	Suites du projet	97
9.5.1.	Tests sur patients.....	97
9.5.2.	Ajouts fonctionnels.....	97
9.5.3.	Réflexions techniques.....	97
9.5.3.1.	Insertion du design génératif.....	97
9.5.3.2.	Réflexion sur les matériaux	98
9.5.3.3.	Amélioration de l'articulation	98
CONCLUSION /		99
BIBLIOGRAPHIE / ICONOGRAPHIE.....		103
10.	Bibliographie.....	104
10.1.	Recherches documentaires.....	104
10.1.1.	Corpus	104
10.1.1.1.	Ouvrages	104
10.1.1.2.	Cours et séminaires	104

10.1.1.3.	Sources électroniques.....	104
10.1.2.	Lectures.....	108
10.1.3.	Divers.....	108
10.1.4.	Filmographie	108
10.2.	Recherches sur le terrain	109
10.2.1.	Observations.....	109
10.2.2.	Entrevues	109
11.	Iconographie.....	110
ANNEXES /		114
TABLE DES MATIÈRES /		115