

ANATOMIE DE LA MAIN ET RELATION TENDON COUPLE ARTICULAIRE

Joe Chalfoun*, E. Massemejean*, B. Mouhamed *, Fethi B. Ouezdou*
Rafic Younès **

* Université de Versailles Saint-Quentin en Yvelines

** Université Libanaise, Faculté de Génie

Abstract. The anatomy of the human hand and forearm is studied; with a very precise manner. Certain tendon forces were changed due to the complication of the human hand anatomy. All the properties of the tendons, their effect on the joints of the hand and the conventions chosen for the biomechanical design are quoted. A relation between the forces in the muscles and the joints torques is established. And a prediction of the forces in the hand from the joints torques is established and the results are interpreted by examples.

I - INTRODUCTION :

La main humaine est un outil très élaboré. C'est "l'instrument des instruments" selon Aristote. Elle est dotée d'une grande richesse fonctionnelle : la main assure 70 % des capacités motrices totales de l'homme. Elle atteint un degré de perfection qui n'existe chez aucun autre être vivant. La multiplicité des tâches de saisie que la main peut réaliser lui est conférée par un réseau élaboré de muscles et de tendons.

Le but de notre étude est de reproduire, grâce à un ordinateur, des mouvements naturels et des gestes précis comme le rasage du visage à l'aide d'un rasoir, l'écriture avec un stylo-bille ou l'incision chirurgicale avec un bistouri. Cependant, le mouvement de la main est actionné avec les corps musculaires par l'intermédiaire des tendons (le tendon est l'élément intermédiaire agissant comme courroie de transmission entre le corps musculaire (moteur) et l'os (effecteur), voir figure 1). Donc, pour reproduire un certain geste, on doit maîtriser les relations reliant les efforts musculaires au mouvement des os.

Notre problème peut se décomposer en deux parties :

- 1- La relation entre les forces externes et les couples produits sur les articulations.
- 2- La relation entre ces couples articulaires et la configuration géométrique de la main.

Dans cet article, nous nous intéresserons seulement à la première partie.

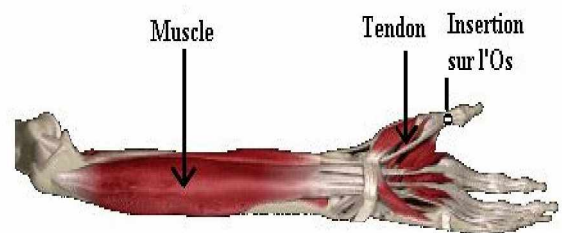


Figure 1- La main humaine

II - EQUATION GENERALE DU MOUVEMENT

Les équations de la dynamique appliquées à l'ensemble main avant-bras nous permettent d'écrire, dans le cas le plus général, la relation matricielle suivante :

$$[A(q)] * \left[\frac{d^2 q}{dt^2} \right] + [B(q)] * \left[\frac{dq}{dt} \right]^T \left[\frac{dq}{dt} \right] + [C(q)] = [T_u] [F_t] + [T_c] [F_c] + [T_i] [F_i] \quad (1)$$

Au premier membre de cette équation nous avons trois matrices **reliées respectivement aux vecteurs** des accélérations et des vitesses articulaires. Les éléments de ces matrices sont des fonctions des positions angulaires des articulations (q). La définition de ces vecteurs dépend de la cinématique choisie pour la main et l'avant bras.

Au second membre nous retrouvons les différents efforts d'interaction : F_c force de contact, F_i force d'interaction associée à des matrices de transformation J permettant de tenir compte de la position instantanée de la main et **les efforts F_t** dus aux muscles (couples moteurs).

Le travail présenté dans ce papier concerne d'une manière plus spécifique les relations qui lient les couples moteurs aux efforts musculaires. Cette relation peut se mettre **sous la** forme : $[T_u] [F_t] = [\tau]$, $[\tau]$ est le vecteur des couples articulaires, $[T_u]$ est la matrice des relations entre les actions musculaires et les moments, elle dépend de l'anatomie de la main. $[F_t]$ est le **vecteur** des forces musculaires.

Notre objectif est la détermination de la matrice $[T_u]$ de la main et de l'avant-bras. Pour cela une étude détaillée de l'anatomie de la main est nécessaire avant **d'aborder** la mise en équation du modèle.

III – ANATOMIE DE LA MAIN ET DE L'AVANT-BRAS

Dans ce paragraphe, l'anatomie descriptive et fonctionnelle de la main et l'avant-bras est détaillée. Des modifications sont adoptées pour la simplification et la mise en équation.

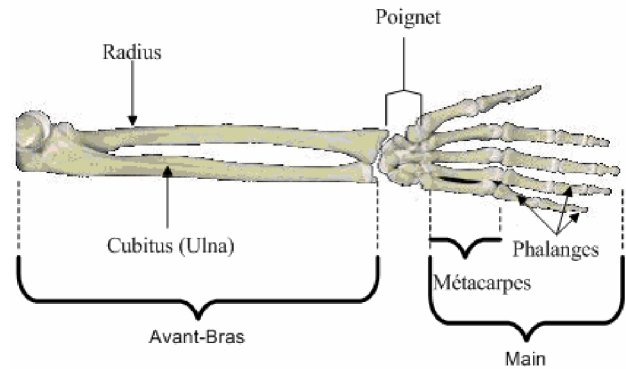


Figure 2- Les os de la main et l'avant-bras

1- Mouvements articulaires

Nous définissons les différents mouvements que subit un membre comme suit:

1.1- Flexion/extension et Abduction/adduction

La flexion/extension se décrit dans le plan sagittal. La flexion consiste à ramener deux os l'un contre l'autre et à les en éloigner dans le cas de l'extension (voir figure 3). Tandis que l'abduction/adduction a lieu dans le plan frontal (voir figure 4). Le mouvement d'adduction consiste à ramener les membres vers l'axe médian du corps et le mouvement d'abduction à les en écarter.

- L'**adduction** est le fait de rapprocher la main vers l'Ulna (Cubitus)
- L'**abduction** est le fait de rapprocher la main vers le Radius

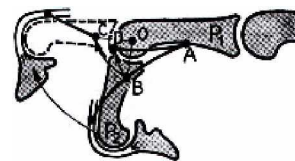


Figure 3- Flexion / extension

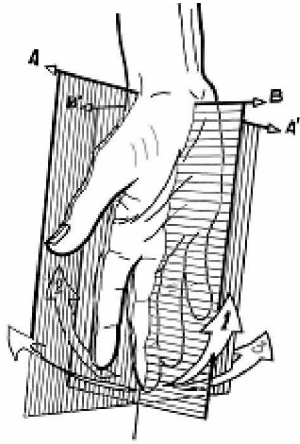


Figure 4- Mouvements de la main

1.3- Pronation/supination

- La position de supination est réalisée lorsque la paume de la main est dirigée vers le haut et que le pouce se trouve en dehors.
- La position de pronation est réalisée lorsque la paume de la main regarde vers le bas et que le pouce se trouve en dedans.

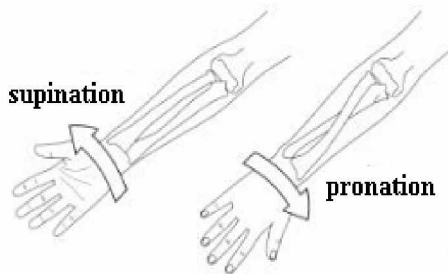


Figure 5- Pronation/Supination

2- Membres osseux de la main

2.1- Avant-bras : radius et ulna

Radius et ulna constituent les deux os du squelette de l'avant-bras, ou région antibrachiale. Lors des mouvements de prosupination, ou rotation longitudinale de l'avant-bras autour de son axe longitudinal, il y a la mise en jeu des deux articulations radio-ulnaires supérieure et inférieure. Le radius s'enroule autour de l'ulna du fait de sa forme grossièrement en manivelle.

L'ulna a une architecture beaucoup plus rectiligne. C'est lui qui joue le rôle majeur dans la flexion-extension du système main et avant-bras, **il est supposé fixe dans le modèle retenu pour la suite de l'étude.**

2.2- Poignet : carpe

Il unit l'avant-bras à la main. Sur le point ostéo-articulaire, **c'est la structure la plus complexe du membre supérieur.** Les extrémités inférieures du radius s'articulent avec les 8 os du carpe. En fait, seul le radius est articulaire directement avec le carpe.

2.3- Main

La main proprement dite naît du carpe par les métacarpiens. Chaque rayon digital est constitué d'un métacarpe et de 3 phalanges, proximale ou première phalange (P1), intermédiaire ou deuxième (P2) et distale ou 3^{ème} phalange (P3). Seul le pouce ne comporte que deux phalanges. Le trapèze, que les embryologistes en font l'équivalent d'un métacarpien, s'articule avec la base du premier métacarpien par une articulation trapèzométacarpienne en selle, dont le modèle mécanique est le cardan, possède 2 **degrés** de liberté (voir figure 6 ci-dessous).

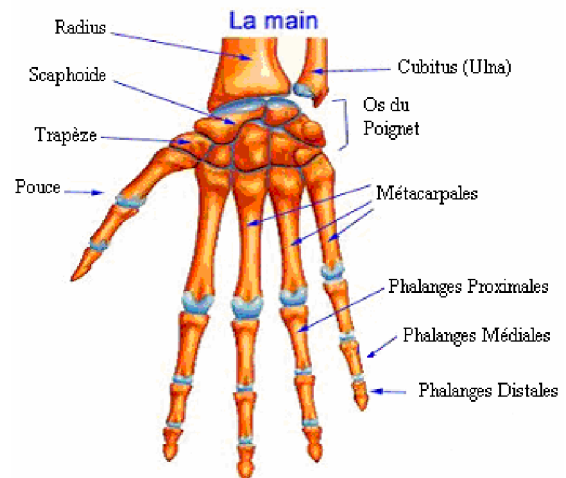


Figure 6- Schéma détaillé des os de la main

2.3.1- Pouce

L'articulation trapèzométacarpienne positionne le pouce dans sa fonction d'opposition.

L'articulation métacarpophalangienne du pouce est une condylienne à 2 degrés de liberté, de flexion-extension et adduction-abduction.

L'articulation interphalangienne du pouce n'a qu'un seul degré de liberté flexion-extension.

2.3.2- Doigts longs

Les doigts longs sont constitués de 3 phalanges, par opposition au pouce (doigt court) qui ne comporte que 2 phalanges. En position de référence, le pouce arrive au milieu de la phalange proximale de l'index.

Comme au niveau du pouce, l'articulation métacarpophalangienne (MCP) des doigts longs est une condylienne à 2 degrés de liberté, de flexion-extension et adduction-abduction. Les articulations interphalangiennes proximales (IPP) ou distales (IPD) sont de types à un degré de liberté en flexion-extension. (Voir figure 7)

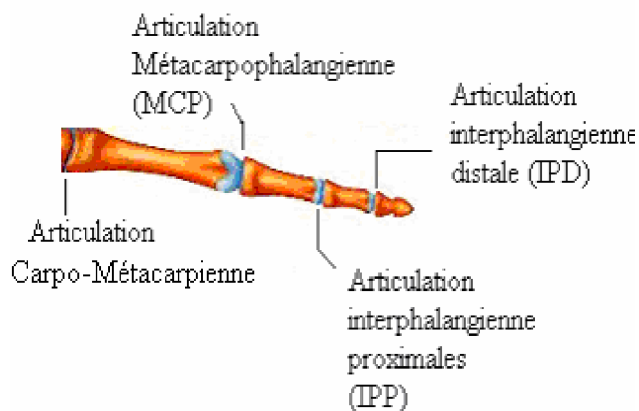


Figure 7- Articulations d'un doigt

3- Appareil musculaire

Les muscles se différencient d'abord par leur insertion. Une partie des muscles moteurs

des doigts s'insèrent au dessus du poignet, ce sont les **muscles extrinsèques** (figure 8). Ils sont dans l'avant bras et ont leurs terminaisons tendineuses dans la main elle-même. Les autres sont entièrement contenus dans la main proprement dite, ils sont appelés **muscles intrinsèques** (figure 9).



Figure 8- Muscles fléchisseurs

Pour les doigts longs il y a seulement l'index et l'auriculaire qui ont leurs propres extenseurs alors que les autres (majeur et annulaire) n'ont que des extenseurs communs aux quatre doigts.

Les extenseurs propres de l'index et de l'auriculaire sont :

- Extenseur propre de l'index (Extensor Indicis)
- Extenseur propre de l'auriculaire. (Extensor Digiti Minimi)

Ces derniers permettent l'extension isolée de l'index et de l'auriculaire.

Ces deux derniers muscles sont particuliers. Dans leur action, quand l'ensemble des doigts est étendu, c'est l'extenseur commun qui travaille, alors que quand l'index ou l'auriculaire s'étend de manière séparée, ce sera l'extenseur propre qui sera sollicité.

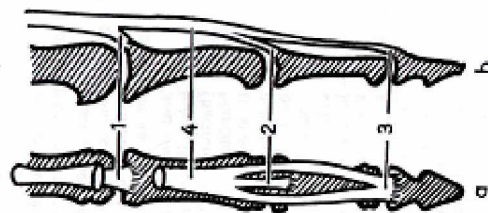


Figure 9- Muscles extenseurs

IV- HYPOTHESES ET CONVENTIONS

A partir de l'anatomie exacte des approximations ont été considérées, on citera les conventions et les limitations à adopter pour éviter des complications énormes dues aux détails anatomiques

1- limites articulaires

- On considère que les articulations carpo-métacarpiennes des 4 doigts longs sont fixes et donc n'ont pas un mouvement de flexion-extension.
- On considère également que l'articulation métacarpophalangienne du pouce n'est capable de produire que le mouvement de flexion-extension. Le mouvement de l'adduction-abduction, étant très négligeable.
- Au niveau de l'avant-bras, on considère que le radius tourne autour de l'Ulna pour faire le mouvement de pronation -supination, l'Ulna est considéré fixe durant ce mouvement.

2- les points de passages ou poulies

On peut constater que les fléchisseurs extrinsèques ne prennent pas la corde lors des différentes opérations qu'effectue la main, c.à.d que le tendon prend toujours la même forme que le doigt lors d'une certaine opération, donc il est lié à ce dernier par des passages obligatoires.

Seuls les tendons extenseurs fléchisseurs qui s'insèrent sur les phalanges médiales et distales passent par des tissus cylindriques. Ces tissus existent sur les phalanges qui précèdent les insertions des fléchisseurs. Le phénomène se produit sans frottement à l'intérieur de ces tissus qui sont

mécaniquement modélisées comme étant des poulies (voire figure 10).

Le long d'un doigt existe plusieurs poulies : petites et grandes, sur les os ou sur les articulations

Dans notre travail, on ne considère que les grandes poulies existantes sur les os comme les poulies A2 et A4 des quatre doigts long (figure 10). Le pouce ne possède qu'une seule poulie : A2, sur la phalange proximale.

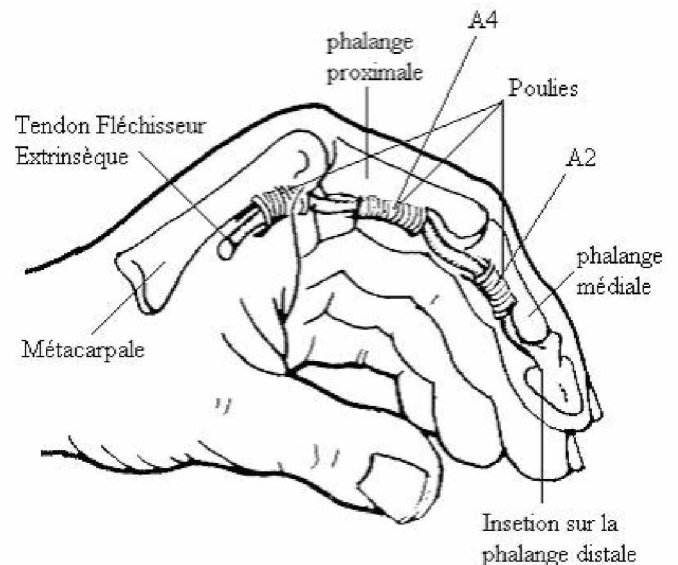


Figure 10- Poulies

3- Hypothèses

- Le poignet est considéré comme étant un seul corps, un cardant.
- Chaque tendon s'insérant sur l'une des phalanges des quatre doigts longs a un effet sur les articulations qui se trouvent en amont du point d'insertion, du doigt correspondant.
- Tous les tendons s'insérant sur les métacarpes des quatre doigts longs n'ont un effet que sur le poignet.
- Tous les tendons s'insérant sur l'os de l'ulna n'ont un effet que sur la flexion-

extension de l'avant-bras et non sur l'adduction-abduction.

- Les interosseux de tous les doigts sont modélisés comme étant deux tendons attachés sur la phalange proximale du doigt correspondant. Cette modélisation est rendue nécessaire à cause de la complexité anatomique des interosseux.

- Les lumbricaux n'ayant pas des insertions osseuses fixes n'ont pas été modélisés.

- Les axes propres de chaque os sont pris comme indiqué dans le schéma ci-dessous, (voir figure 11), l'axe Z est choisi comme étant toujours l'axe de l'articulation et les doigts longs ont tous la même configuration. Ce schéma est primordial pour savoir choisir correctement les points d'insertions des tendons. Ces axes ne sont ni parallèles entre eux ni concourants, on passe d'un repère à un autre par des matrices de transformations combinant la rotation et la translation

- Le calcul est fait en considérant l'os comme étant une poutre articulée. Le calcul débute en isolant l'os le plus éloigné (La phalange distale dans le cas des doigts), **on continue** après en ajoutant à cet os celui qui le précède et ainsi de suite. **Ainsi, selon les conventions prises ci-dessus**, le problème est divisé en 3 grandes parties : la main, le poignet et l'avant bras. La main étant elle-même divisée en 5 petites parties : ses doigts.

- La forme géométrique de la main est définie par les différentes configurations de ses os. Chaque os est repéré dans l'espace par l'angle qu'il fait avec l'os précédent, l'angle q_i de l'articulation i est l'angle entre l'axe de l'os numéro $i-1$ et l'axe de l'os i , **qui** est défini positif dans le sens contraire des aiguilles d'une montre (figure 12) :

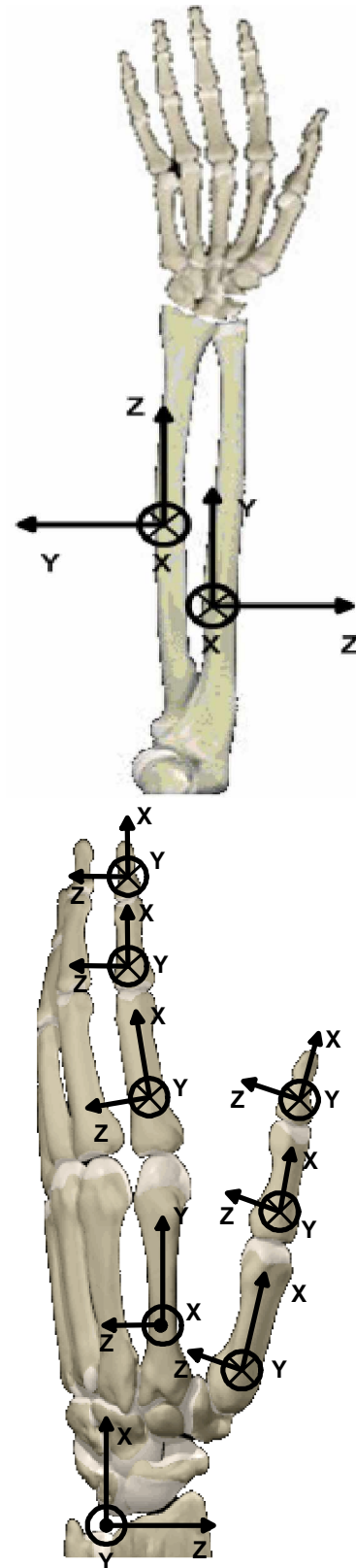


Figure 11- Axes des différentes liaisons de la main

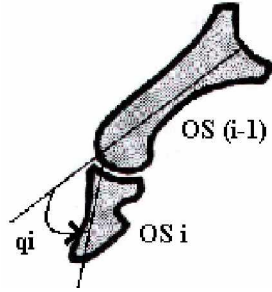


Figure 12- Angle d'articulation

Il existe des muscles qui ont plusieurs tendons d'insertions comme les extenseurs de l'index ou le fléchisseur commun profond des quatre doigts. Ces tendons appartiennent au même corps musculaire et donc la force développée par ce corps musculaire est transmise partiellement sur tous les points d'insertions, donc sur un de ces points d'insertions le corps musculaire développe une force $\alpha \cdot F$ où α est un coefficient de pondération toujours positif et inférieur à 1

2- Propriétés des tendons

Les propriétés de tous les tendons du système main avant-bras sont représentées dans les tableaux de l'annexe 1.

V- CONCLUSION

Dans cet article l'anatomie descriptive et fonctionnelle de la main a été étudiée. L'objectif était de prendre les couples articulaires provenant de l'étude dynamique du mouvement et de les transformer en forces tendineuses (musculaires) d'où l'introduction de la matrice TLT pour la main. Cette matrice a été calculée et vérifiée. Le chemin direct qui consiste à calculer les couples articulaires à partir des forces musculaires est accompli et validé par le logiciel "Adams".

ANNEXE 1 Limites articulaires

Le tableau suivant révèle les limites des articulations de la main et l'avant bras, retenue dans notre modèle du système main-avant-bras

Dans une case [x,y] signifie la limite minimale x et la limite maximale y. Les unités sont en degré.

Le majeur, l'annulaire et l'auriculaire ont les mêmes limites que l'index.

	flexion- extension	adduction - abduction	Pronation/ Supination
Avant-bras	[0,150]		[-90,85]
poignet	[-85,85]	[-15,30]	
pouce CM	[-30,45]	[-30,20]	
pouce MCP	[0,60]	0	
pouce IPD	[0,90]	0	
index CM	0	0	
index MCP	[-20,90]	[-20,10]	
index IPP	[0,100]	0	
index IPD	[0,90]	0	

Tableau 1- Limites articulaires

CM = carpo-métacarpien.

Le degré de liberté de chaque articulation est facilement déduit de ce tableau, par exemple l'articulation métacarpo-phalangienne MCP du pouce a 1 seul degré de liberté.

ANNEXE 2

Propriétés des tendons

1- Tendons du pouce

Muscles	Nom	Genre	Fonction	Articulations affectées	Points d'Insertion
1-FPL	Flexor Pollicis Longus	Extrinsèque	Fléchisseur	IPD, MCP, CM	Phalange distale
2-EPL	Extensor Pollicis Longus	Extrinsèque	Extenseur	IPD, MCP, CM	Phalange distale
3-APB	Abductor Pollicis Brevis	Intrinsèque	Abducteur	IPD, MCP, CM	Phalange proximale
4-AP	Adductor Pollicis	Intrinsèque	Adducteur	IPD, MCP, CM	Phalange proximale
5-EPB	Extensor Pollicis Brevis	Extrinsèque	Extenseur	MCP, CM	Phalange proximale
6-FPB	Flexor Pollicis Brevis	Intrinsèque	Fléchisseur	MCP, CM	Phalange proximale
7-APL	Abductor Pollicis Longus	Extrinsèque	Abducteur	CM	Métacarpe
8-OP	Opponens Pollicis	Intrinsèque	Opposition	CM	Métacarpe

Tableau 1- Tendons du pouce

2- Tendons de l'index

Muscles	Nom	Genre	Fonction	Articulations affectées	Points d'Insertion
9-IOI1	Interosseux de l'index 1	Intrinsèque	Fléchisseur Abducteur	MCP	Phalange proximale
10-IOI2	Interosseux de l'index 2	Intrinsèque	Fléchisseur Adducteur	MCP	Phalange proximale
11-FDSI	Flexor Digitorum Superficialis Index	Extrinsèque	Fléchisseur	IPP, MCP	Phalange médiale
12-FDPI	Flexor Digitorum Profundus Index	Extrinsèque	Fléchisseur	IPD, IPP, MCP	Phalange distale
13-EI	Extensor Indicis	Extrinsèque	Extenseur	IPD, IPP, MCP	2 insertions, sur les phalanges : -distale -médiale
14-EDC**	Extensor Digitorum Commun	Extrinsèque	Extenseur	IPD, IPP, MCP	2 insertions, sur les phalanges : -distale -médiale

** EDC est un tendon commun aux quatre doigts longs, il s'insère sur les phalanges des quatre doigts longs.

Tableau 2- Tendons de l'index

3- Tendons du majeur

Muscles	Nom	Genre	Fonction	Articulations affectées	Points d'Insertion
14-EDC	Extensor Digitorum Commun	Extrinsèque	Extenseur	IPD, IPP, MCP	2 insertions, sur les phalanges : -distale -médiale
15-FDPC**	Flexor Digitorum Profundus Commun	Extrinsèque	Fléchisseur	IPD, IPP, MCP	Phalange distale
16-FDSM	Flexor Digitorum Superficialis Majeur	Extrinsèque	Fléchisseur	IPP, MCP	Phalange médiale
17-IOM1	Interosseux majeur 1	Intrinsèque	Fléchisseur Abducteur	MCP	Phalange proximale
18-IOM2	Interosseux majeur 2	Intrinsèque	Fléchisseur Adducteur	MCP	Phalange proximale

** FDPC est un tendon commun aux trois doigts longs (majeur, annulaire et auriculaire) il s'insère sur toutes leurs phalanges distales.

Tableau 3- Tendons du majeur

4- Tendons de l'annulaire

Muscles	Nom	Genre	Fonction	Articulations affectées	Points d'Insertion
14-EDC	Extensor Digitorum Commun	Extrinsèque	Extenseur	IPD, IPP, MCP	2 insertions, sur les phalanges : -distale -médiale
15-FDPC	Flexor Digitorum Profundus Commun	Extrinsèque	Fléchisseur	IPD, IPP, MCP	Phalange distale
19-FDSR	Flexor Digitorum Superficialis Majeur	Extrinsèque	Fléchisseur	IPP, MCP	Phalange médiale
20-IOR1	Interosseux de l'annulaire 1	Intrinsèque	Fléchisseur Abducteur	MCP	Phalange proximale
21-IOR2	Interosseux de l'annulaire 2	Intrinsèque	Fléchisseur Adducteur	MCP	Phalange proximale

Tableau 4- Tendons de l'annulaire

5- Tendons de l'auriculaire

Muscles	Nom	Genre	Fonction	Articulations affectées	Points d'Insertion
14-EDC	Extensor Digitorum Commun	Extrinsèque	Extenseur	IPD, IPP, MCP	2 insertions, sur les phalanges : -distale -médiale
15-FDPC	Flexor Digitorum Profundus Commun	Extrinsèque	Fléchisseur	IPD, IPP, MCP	Phalange distale
22-EDMi	Extensor Digiti Minimi	Extrinsèque	Extenseur	IPD, IPP, MCP	2 insertions, sur les phalanges : -distale -médiale
23-FDSS	Flexor Digitorum Superficialis Auriculaire	Extrinsèque	Fléchisseur	IPP, MCP	Phalange médiale
24-ADMi	Abductor Digiti Minimi	Intrinsèque	Adducteur	MCP	Phalange proximale
25-FDMi	Flexor Digiti Minimi	Intrinsèque	Fléchisseur	MCP	Phalange proximale
26-IOS	Interosseux de l'auriculaire	Intrinsèque	Fléchisseur Abducteur	MCP	Phalange proximale

Tableau 5- Tendons de l'auriculaire

6- Tendons du poignet

Muscles	Nom	Fonction	Points d'Insertion
27-FCR	Flexor Carpi Radialis	Fléchisseur Abducteur	2 insertions, sur les métacarpes de: -index -majeur
28-PL	Palmaris Longus	Fléchisseur	Proximal superficial palmar fascia
29-FCU	Flexor Carpi Ulnaris	Fléchisseur Adducteur	Métacarpe de l'auriculaire
30-ECRL	Extensor Carpi Radialis Longus	Extenseur Abducteur	Métacarpe de l'index
31-ECRB	Extensor Carpi Radialis Brevis	Extenseur	Métacarpe du majeur
32-ECU	Extensor Carpi Ulnaris	Extenseur Adducteur	Métacarpe de l'auriculaire

Les muscles du poignet n'affectent que le poignet.

Tableau 6- Tendons du poignet

7- Tendons de l'avant-bras

Muscles	Nom	Fonction	Points d'Insertion
33-PQ	Pronator Quadratus	Pronateur	Radius
34-PT	Pronator Teres	Fléchisseur Pronateur	Radius
35-SUP	Supinator	Fléchisseur Supinateur	Radius
36-BBI	Biceps Brachii	Fléchisseur Supinateur	Radius
37-BRA	Brachialis	Fléchisseur	Ulna
38-BRR	Brachioradialis	Fléchisseur	Radius
39-AC	Anconeus	Extenseur	Ulna
40-TBI	Triceps Brachii	Extenseur	Ulna

Tableau 7- Tendons de l'avant-bras

On compte au total 40 muscles pour la main et avant-bras, pour 24 degrés de liberté.

Annexe 3 Couples Articulaires

Le tableau ci-dessous révèle les moments d'articulations choisis par ordre

τ_1	τ_2	τ_3	τ_4	τ_5	τ_6
Adduction- Abduction métacarpe pouce du du	Flexion- extension du métacarpe pouce du	Flexion- extension de la phalange proximale du pouce	Flexion- extension de la phalange distale du pouce	Adduction- Abduction de la phalange proximale de l'index	Flexion- extension de la phalange proximale de l'index
τ_7	τ_8	τ_9	τ_{10}	τ_{11}	τ_{12}
Flexion- extension de la phalange médiale de l'index	Flexion- extension de la phalange distale de l'index	Adduction- Abduction de la phalange proximale du majeur	Flexion- extension de la phalange proximale du majeur	Flexion- extension de la phalange médiale du majeur	Flexion- extension de la phalange distale du majeur
τ_{13}	τ_{14}	τ_{15}	τ_{16}	τ_{17}	τ_{18}
Adduction- Abduction de la phalange proximale de l'annulaire	Flexion- extension de la phalange proximale de l'annulaire	Flexion- extension de la phalange médiale de l'annulaire	Flexion- extension de la phalange distale de l'annulaire	Adduction- Abduction de la phalange proximale de l'auriculaire	Flexion- extension de la phalange proximale de l'auriculaire
τ_{19}	τ_{20}	τ_{21}	τ_{22}	τ_{23}	τ_{24}
Flexion- extension de la phalange médiale de l'auriculaire	Flexion- extension de la phalange distale de l'auriculaire	Adduction- Abduction du poignet	Flexion- extension du poignet	Supination- Pronation de l'avant bras	Flexion- extension de l'avant bras

Tableau 9- Couples Articulaires

Annexe 4 Matrice Tlt

Forces Musculaires

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40					
Couples Articulaires	1	x	x	x	x	x	x	x	x																																					
	2	x	x	x	x	x	x	x	x																																					
	3	x	x	x	x	x	x																																							
	4	x	x																																											
	5										x	x	x	x	x	x																														
	6										x	x	x	x	x	x																														
	7													x	x	x	x																													
	8														x	x	x																													
	9																	x	x	x	x	x																								
	10																	x	x	x	x	x																								
	11																	x	x	x																										
	12																	x	x																											
	13																	x	x																											
	14																	x	x																											
	15																	x	x																											
	16																	x	x																											
	17																	x	x																											
	18																	x	x																											
	19																	x	x																											
	20																	x	x																											
	21																																													
	22																																													
	23																																													
	24																																													

Tableau 10- Matrice TLT

Dans le tableau 10 seul les éléments non nuls sont désignés par un “x”.

Les muscles de la main (nombre de colonnes) sont au nombre de 40.

Les couples articulaires (nombre de lignes) représentent les degrés de liberté et sont au nombre de 24.

A titre d'exemple le tendon numéro 14 (EDC), d'après les tableaux 3, 4, 5, 6, ce muscle est commun aux quatre doigts longs et il affecte les articulations des quatre doigts et donc tous les termes de la colonne 14 partant de la ligne 5 (articulation de MCP de l'index voir tableau 9) jusqu'à la ligne 20 (articulation IPD de l'auriculaire) sont non nul. Ce qui veut dire que ce muscle crée un moment sur toutes ces articulations.