

# **"L'œuvre de Marey au service de la rééducation cérébrale au XXIème siècle"**

Agnès Roby-Brami

1:ISIR Institut des Systèmes Intelligents et de Robotique.

Université Pierre et Marie Curie, CNRS UMR 7222, Equipe Agathe, INSERM U1150.

2 : Service de rééducation neurologique, Hôpital Raymond Poincaré, 92380 Garches.

Le risque de paralysie à la suite d'une attaque cérébrale (ou accident vasculaire cérébral, AVC) est connu de toute antiquité. On sait également que les personnes affectées peuvent retrouver une certaine fonction motrice malgré l'altération de la qualité de leurs mouvements. Toutefois, les mécanismes en cause dans la survenue de la paralysie puis de l'éventuelle restauration fonctionnelle sont restés ignorés jusqu'à récemment et ces questions demeurent un enjeu scientifique et médical majeur.

Mes travaux sont basés sur la méthode chronophotographique de Marey et les théories de Bernstein, un chercheur russe du début du 20<sup>ème</sup> siècle. L'étude de la cinématique des mouvements en rééducation cérébrale a un double but. Sur le plan scientifique, il s'agit de d'étudier l'organisation du contrôle du mouvement par le système nerveux central. Sur le plan clinique, il s'agit d'apprécier le retentissement de la paralysie sur l'organisation du geste et sur la capacité fonctionnelle. L'analyse comportementale inspirée par Marey est également indispensable pour analyser l'évolution dans le temps, de quantifier les progrès et d'évaluer l'effet de la rééducation.

M'inspirant des travaux de Marey, j'ai analysé des gestes naturels de préhension d'un objet léger par des patients hémiparétiques à la suite d'un AVC (revue en Roby-Brami 2003). Les patients hémiparétiques inclus dans nos études avaient une paralysie initiale sévère et des lésions cérébrales permanentes vérifiées par imagerie. Ce type d'atteinte peut régresser "spontanément" mais risque d'entraîner une incapacité sévère du membre supérieur dans un cas sur deux. Les patients inclus dans nos études avaient partiellement récupéré et présentaient une hémiparésie plus ou moins sévère. La méthode d'enregistrement était basée sur l'utilisation de capteurs électromagnétiques Polhemus, qui donnent directement la position et l'orientation 3D de la main et des articulations du bras. Ce dispositif ne permet toutefois pas la mesure du mouvement des doigts.

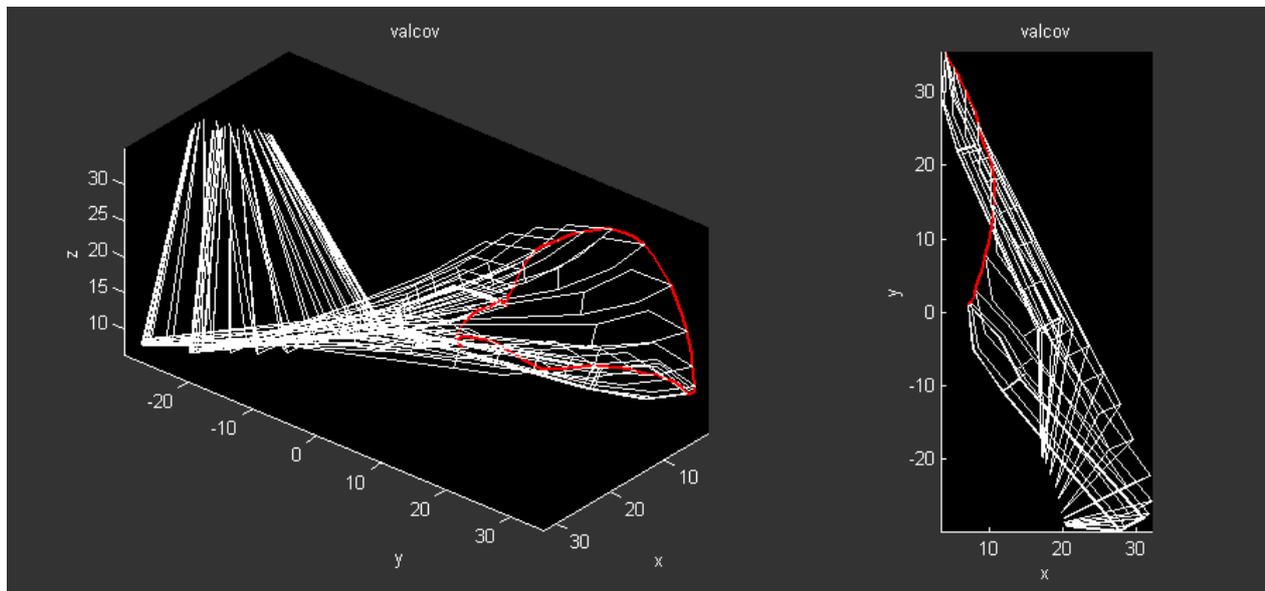
Pour saisir un objet posé devant eux, les sujets valides effectuent un mouvement coordonné de l'épaule et du coude qui aboutit à un déplacement fluide de la main vers la cible. Les patients sont capables de produire un geste de la main vers la cible, avec une direction initiale appropriée mais avec un profil de vitesse relativement lent et irrégulier. La

phase de saisie est également ralentie et perturbée. Ces caractéristiques sont probablement des conséquences directes de la diminution de la force et de phénomènes de spasticité. La Figure 1 montre un exemple chez un patient ayant bien récupéré et qui a retrouvé une coordination du bras proche de celle des sujets valides. Par contre, les patients plus gravement atteints, comme celui illustré Figure 2, font une trajectoire différente de la main (par exemple ils saisissent l'objet « par le haut » ce qui permet d'utiliser l'élasticité passive de la main pour palier la paralysie des muscles). Ces patients ont une mauvaise coordination entre l'épaule et le coude et des difficultés pour stabiliser le poignet. De plus, ils effectuent un mouvement de flexion du tronc plus ample que les sujets valides. Ce mouvement du tronc est une compensation qui leur permet d'assurer un mouvement correct de la main malgré la déficience de l'épaule et du coude.

En conclusion, l'analyse cinématique inspirée de Marey démontre qu'il n'existe pas de relation univoque entre la paralysie et le mouvement. Les patients se sont adaptés à leur paralysie par apprentissage en fonction de l'origine de leur déficience.

La principale question clinique est de savoir s'il faut respecter ou tenter de réduire les compensations. En effet, faut-il les respecter car elles ont un effet fonctionnel immédiat dans la vie quotidienne ? Mais ce niveau reste en général très insuffisant et les compensations risquent d'entraîner un « oubli » de la bonne coordination défavorable à long terme. Faut-il au contraire éviter les compensations et entraîner les patients hémiparétiques à exercer la coordination du bras ? La meilleure connaissance des mécanismes de la plasticité cérébrale ces dernières décennies, a conduit les chercheurs et les rééducateurs à proposer des méthodes de rééducation plus actives et prolongées, basées sur l'apprentissage sensorimoteur. Toutefois, il n'est pas encore établi que les patients hémiparétiques peuvent améliorer leur coordination épaule-coude par l'effet de l'exercice.

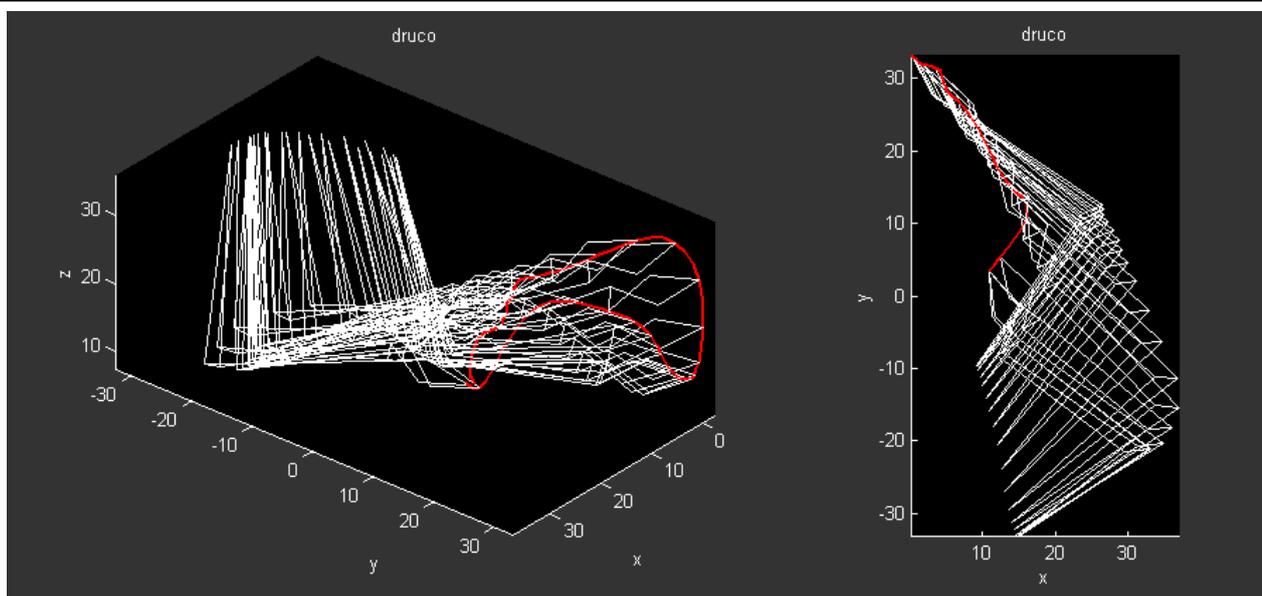
Nous disposons maintenant de nouvelles méthodes de rééducation enrichies et assistées par la technologie comme les jeux informatiques, la réalité virtuelle et la robotique. Ces méthodes permettent de pratiquer des exercices plus intensifs, sous la supervision d'un thérapeute. Toutefois, beaucoup de travaux sont encore nécessaires nous n'avons pas encore de preuve clinique sur l'efficacité de ces méthodes ni d'indication précise et quantifiée pour guider le choix des exercices. Les méthodes cinématiques héritées de Marey seront précieuses pour guider ces avancées et permettre de mieux focaliser l'entraînement en l'adaptant aux besoins de chaque personne.



**Figure 1:** Geste de préhension par un patient hémiparétique ayant bien récupéré.

Diagramme en bâton : le bras est représenté par un triangle (dont le sommet est le centre de l'articulation gléno-humérale), l'avant bras par un quadrilatère (les points s'appuyant sur les axes de flexion-extension du coude et du poignet). La main est représentée par un pentagone. Trait rouge épais : trajectoire de la main. Axes x vers la droite, y vers l'avant, z vers le haut. A gauche, vue 3D illustrant "l'aller et le retour", à droite projection horizontale du mouvement "aller".

On remarque la fluidité de la trajectoire de la main et l'utilisation de la flexion de l'épaule et de l'extension du coude.



**Figure 2:** Geste de préhension par patient hémiparétique ayant une atteinte majeure et utilisant des compensations. Même légende que la Figure 1.

On remarque que la trajectoire du mouvement de la main pour saisir l'objet "par en haut" est moins régulière que sur la Figure 1. Le tronc déplace le bras vers l'avant, sans flexion de l'épaule ni extension du coude.

Roby-Brami, A., (2003) Plasticité du comportement moteur chez les patients cérébro-lésés.  
Intellectica, 36-37 : 89-110.