

MAEVA LE GOIC, PP VIDAL

CESeM (Centre d'Etude de la Sensorimotricité)
Université Paris Descartes - CNRS - UMR 8194
45 Rue des Saints Pères
75270 PARIS CEDEX 06
France

Tel : 33 (0)1 42 86 33 97 (ligne directe)
Tel : 33 (0)1 42 86 33 98 (secrétariat)
Fax : 33 (0)1 42 86 33 99
E-mail : pierre-paul.vidal@parisdescartes.fr
homepage : <http://www.biomedicale.univ-paris5.fr/cesem/French/Accueil/index.html>

LES CINQ CENTS PREMIERES MILLISECONDES

Contexte scientifique

Les études du contrôle postural sont très nombreuses chez le sujet chuteur. Elles sont principalement épidémiologiques et cliniques. Par contre, la description phénoménologique détaillée de la chute de plain-pied reste à faire. C'est une étape importante si on veut définir une rééducation préventive efficace ou mettre au point des tests capables d'identifier les sujets à risque. Deux de nos études précédentes éclairent le contexte scientifique de l'étude que nous proposons sur la chute:

Une première étude (C. de Waele et Al 2001) concerne la cartographie des entrées vestibulaires corticales chez l'homme. Nous avons étudié les potentiels vestibulaires corticaux évoqués par la stimulation électrique du nerf vestibulaire au cours d'interventions programmées de neurotomie vestibulaire pour vertiges de Ménière invalidants ou neurinome de l'acoustique. Nous avons pu montrer l'existence de cinq aires corticales impliquées dans le traitement en parallèle des informations codées par les noyaux vestibulaires : deux aires d'activation préfrontales, une aire d'activation dans le cortex pariéto-temporal, pariétal postérieur et l'aire motrice supplémentaire. Les latences extrêmement courtes (6 ms) des potentiels évoqués indiquent l'existence de plusieurs voies vestibulo-corticales trisynaptiques. Nous avons donc proposé que le cortex joue un rôle clef dans le contrôle postural, contrôle qui serait basé sur des représentations mentales hybrides qui lieraient afférences sensorielles, informations sur le contexte et présupposés du sujet (Vidal et Droulez 2003).

Une seconde étude entreprise pour étayer ce point de vue (Vibert et Al 2001, Vibert et Al 2006) porte sur le contrôle postural du sujet assis soumis à une accélération linéaire (i.e. la physiopathologie du coup du lapin). Dans cette situation, les informations sensorielles sont disponibles avec un décours séquentiel. Les afférences proprioceptives codent en premier le déplacement du tronc. 90 ms après, les informations vestibulaires signalent le début du déplacement de la tête, puis un délai minimum de 40 ms est encore nécessaire pour que les informations visuelles puissent être prises en compte. Sachant qu'un sujet peut mettre en jeu la musculature du cou en 90 ms, une réponse volontaire peut donc intervenir en réponse aux afférences proprioceptives, au moment où les informations vestibulaire et visuelle deviennent disponibles. Il en résulte des stratégies motrices très différentes d'un sujet à l'autre pour stabiliser la tête, fortement biaisées par le sexe du sujet. On observe aussi, chez 30% des sujets, des synergies musculaires parfaitement inadéquates, qui mettraient en jeu le pronostic vital en cas d'accélération plus prononcées. Ces résultats démontrent donc la complexité de la stabilisation céphalique, son hétérogénéité et parfois son inefficacité, ce qui conforte notre hypothèse : le contrôle postural ne peut être assimilé à une chaîne de réflexes. Dans ce même ordre d'idée, des études récentes démontrent que le contrôle postural est modulé par l'attention du sujet. Un paradigme de double tâche pendant une perturbation de l'équilibre, affecte fortement sa correction (cf. revue de Woolacott et Shumway-Cook 2002). Enfin, l'étude que nous proposons s'appuie sur les résultats de plusieurs dizaines de recherches réalisées depuis 1977 (Nashner 1977), qui concernent le retour à l'équilibre après une perturbation posturale modérée induite par un mouvement de la base de sustentation. Des chutes surviennent parfois, abrégées bien entendu par un harnais. Elles sont considérées comme des artefacts expérimentaux, certes significatifs quant à leurs fréquences si elles surviennent chez les sujets âgés ou porteurs de déficits neurologiques (Lacour et Al 1997), mais elles ne font pas l'objet d'une description détaillée.

Hypothèse

Nous voulons donc explorer plus avant l'hypothèse qu'une perte de l'équilibre de plain pied, n'active pas une simple chaîne réflexe, mais entraîne une prise de décisions rapide et inconsciente sur le choix d'une stratégie de rattrapage efficace. Il s'agirait d'un pari, avec à la clef, soit le maintien de l'équilibre en cas de succès, soit la chute en cas d'erreur. Le sujet senior ferait donc face à un double problème : une représentation interne altérée de son mouvement au cours de la perte d'équilibre et une aptitude moindre à sélectionner rapidement les synergies motrices aptes à assurer son rattrapage. Il en résulterait une perte de confiance justifiée après quelques chutes, ce qui expliquerait sa perte d'autonomie. À la suite de nos études récentes (Vibert et al 2001, 2006, Vidal et Droulez 2003), nous proposons le scénario suivant. Le déséquilibre débute au temps t par un mouvement passif des jambes puis du tronc. Il est détecté en quelques millisecondes (ms) par les capteurs proprioceptifs des membres inférieurs et du tronc. L'évaluation du risque d'une chute éminente résulte du traitement parallèle de plusieurs aires corticales, traitement qui débute à $t+10$ ms : le sujet, sur la base des informations proprioceptives et de données rafraîchies en permanence sur le contexte (proximité d'une rampe, nature du sol etc.), sélectionne les premières synergies motrices qu'il pense appropriées. A $t+100$ ms trois événements se produisent. Premièrement, les muscles squelettiques du tronc des bras et des jambes se contractent et amorcent le rattrapage. La nature de ces synergies musculaires reste à définir : il convient en effet de différencier ces synergies complexes, inconscientes et dépendante du contexte, de la motricité volontaire. Deuxièmement, à cause de son inertie, la tête débute son déplacement passif et c'est donc seulement à ce moment que les capteurs vestibulaires peuvent rendre compte de la trajectoire du corps, puis 40 ms plus tard les capteurs visuels. Troisièmement, la motricité consciente peut intervenir au niveau du cou, plus tardivement au niveau des membres (200msec et plus). En admettant que ce scénario se vérifie, ce qui serait déjà intéressant, il soulève de multiples questions : que se passe-t-il si le contexte est différent, par exemple si un appui manuel est mis à portée du sujet. Qu'en est-il si le sujet porte une charge? Qu'advient-il si le scénario se modifie en cours de réalisation, par exemple si l'appui manuel sur lequel le sujet compte se dérobe ou se révèle hors d'atteinte. Peut-on changer de scénario ? En combien de temps ? etc.

Protocole expérimental

Le scénario qui vient d'être proposé est hypothétique. Il demande donc à être étudié expérimentalement. Notre protocole pour le tester est le suivant : le sujet se tient debout sur une plate forme, conçue pour le projet, qui peut translater plus ou moins rapidement. Ainsi, il peut être soumis à l'équivalent d'une glissade antero-postérieure ou postero-antérieure, latérale sans possibilité de prédiction de sa part. La translation de la plate forme peut être lente, ce qui provoque un simple rattrapage ou rapide, ce qui induit soit un rattrapage avec plusieurs pas ou une chute, selon les essais et les sujets. Le sujet est harnaché, ce qui pose problème mais il s'agit d'étudier le stade précoce de la chute et le rôle de l'apprentissage au cours de plusieurs perturbations posturales successives. Une analyse tridimensionnelle des mouvements du sujet (CODA) pendant les cinq cents premières millisecondes du rattrapage et/ou de la chute est effectuée parallèlement à des enregistrements électromyographiques. L'étude est complétée par une modélisation biomécanique effectuée grâce à une nouvelle méthode radiographique tridimensionnelle non invasive (EOS). Une première description quantitative de la chute a donc été ainsi obtenue chez des sujets jeunes. Une seconde série d'expériences sera entamée ultérieurement avec des perturbations posturales beaucoup plus modérées chez des sujets seniors dont on aura vérifié l'absence d'antécédent vestibulaire et cardiovasculaires. Finalement une troisième série d'expériences sera entamée chez des sujets chuteurs et porteurs de pathologie vestibulaire.

BIBLIOGRAPHIE

C de Waele, PM Baudonniere, JC Lepecq, P Tran Ba Huy, PP Vidal 2001 Vestibular projections in the human cortex. *Exp Brain Res.* 14 : 541-551

Lacour M, Barthélémy J, Borel L, Magnan J, Xerri C, Chays A, Ouaknine M (1997) Sensory strategies in human postural control before and after unilateral vestibular neurotomy. *Exp Brain Res* 115: 300-310

Vibert N, MacDougall HG, de Waele C, Gilchrist DPD, Burgess AM, Sidis A, Migliaccio A, Curthoys IS, Vidal PP (2001) Variability in the control of head movements in seated humans: a link with whiplash injuries? *J Physiol (Lond)* 532: 851-86

Vibert N, Hoang T, Gilchrist DP, MacDougall HG, Burgess AM, Roberts RD, Vidal PP, Curthoys IS. Psychophysiological correlates of the inter-individual variability of head movement control in seated humans. *Gait Posture*. 2006 Apr; 23(3):355-63.

Vidal PP, Droulez J 2003 Postures et chimères, ou la philosophie dans la salle de bain. *Intellectica* 36-37 : 161-180

Woollacott M, Shumway-Cook A. Attention and the control of posture and gait : a review of an emerging area of research. 2002 *Gait and Posture* 16 : 1-14