

Neurophysiologie de la locosynchronisation visuomotrice

Laurent Goffart & Clara Bourrelly

INT, UMR 7289 CNRS, Aix-Marseille Université, Marseille, France

Chez les primates, l'apparition d'un objet mobile dans le champ visuel déclenche une saccade oculaire d'interception qui amène l'image de la cible sur les deux zones de la rétine (appelées fovéas) à l'origine du champ visuel central. Cette fovéation est maintenue plus ou moins efficacement par des mouvements lents et des saccades de rattrapage. Parfois, la poursuite est précise et lisse, comme si le regard était accroché à la cible en mouvement. Un tel synchronisme local est spectaculaire quand on sait que les signaux visuels évoqués par la cible sont distribués spatialement et temporellement dans le cerveau, et qu'ils sont transmis aux muscles extra-oculaires au travers de plusieurs canaux parallèles connectant de multiples populations de neurones, selon des vitesses de conduction et des délais diversifiés. En raison du retard entre les changements d'activité rétinienne et les changements de tension musculaire, le maintien de l'image de la cible sur les fovéas ne peut pas être piloté par les signaux visuels contemporains puisqu'ils correspondent aux positions passées de la cible. ***Comment cette coïncidence spatio-temporelle entre la direction du regard et celle de la cible est-elle donc possible ?***

Quand la trajectoire de la saccade est perturbée expérimentalement, une saccade de correction, produite en ligne ou après un bref délai, ramène la direction du regard à proximité de l'endroit vers lequel des saccades non perturbées l'auraient dirigé au bout du même délai. Cette correction faite en l'absence de signaux visuels suggère un guidage du regard par une commande estimant la position courante (ici-et-maintenant) de la cible. La structure interne de cette représentation motrice est bien évidemment plus complexe que la "localité" (x,y,z,t) fournie par nos instruments de mesure. Quand on considère les multiples relais neuronaux et le "codage" distribué dans l'activité cérébrale, on comprend que cette commande dynamique est la fusion de multiples flux d'activité qui convergent sur les neurones moteurs extra-oculaires. Chaque flux inclut non seulement les flux reliant l'excitation rétinienne aux neurones moteurs (propagation verticale), mais aussi les flux secondaires provoqués par les diffusions locales au niveau des relais intermédiaires (propagation horizontale). Cette cascade d'activation permet que les saccades interceptent des lieux différents selon la position, la vitesse et les changements de vitesse de la cible. Quand la vitesse est constante, la population active dans le colliculus supérieur profond compose un continuum de neurones préférant des positions passées de la cible jusqu'à sa position présente. Aucune activité n'est trouvée témoignant de l'inclusion de commandes liées à quelque position future. L'ajustement de l'amplitude des saccades résulterait alors de la modulation par le cervelet de l'étendue (expansion ou contraction) des flux visuomoteurs. Au début, le mouvement lent des yeux ne parvient pas à maintenir la fovéation au terme de la saccade d'interception. Mais avec la pratique, le retard du regard est progressivement réduit jusqu'à ce que les directions du regard et de la cible bougent en synchronie, alignées. La locosynchronisation consisterait donc à accroître l'étendue horizontale des flux dans la mesure où ils facilitent la transmission des signaux. Un dysfonctionnement du cervelet médial entraîne des défauts non corrélés de précision et de vitesse oculaire, signant une altération du couplage entre les flux visuomoteurs responsables respectivement des composantes saccadiques et lentes de la capture fovéale.