
La force au bout des doigts

Dans la perception des formes par le toucher, les forces de résistance comptent plus que les déplacements de la main.

En explorant des objets avec la main, les yeux fermés, nous reconnaissons sans difficulté une balle, un bol ou une paille. Le toucher est si fin que les non-voyants déchiffrent les lettres en les effleurant seulement du bout des doigts, lisant ainsi le braille.

La perception des formes par le toucher repose sur les informations captées par les doigts et qui parviennent ensemble au cerveau. Par exemple, l'exploration d'une surface plane correspond à une force de résistance uniforme rencontrée par le doigt. La présence d'une bosse se traduit par un mouvement du doigt vers le haut, puis vers le bas. En première approximation, nous pourrions penser que ces mouvements sont responsables de la perception de cette bosse. Toutefois, ils coïncident avec une force de résistance au mouvement, qui varie de façon concomitante avec le mouvement : quand la pente augmente, la force de résistance croît, par exemple. Dans le monde des objets réels, la force de résistance et le mouvement obéissent aux lois de la méca-



Dans l'expérience, le sujet explore une surface par l'intermédiaire d'un poussoir. Son doigt suit ainsi la géométrie d'un objet réel, ici un trou (*en gris*) à l'aide du poussoir, mais ressent en même temps des forces de résistance « contradictoires » qui correspondent à une bosse virtuelle (*en pointillés orange*). Au final, il perçoit la bosse et non le trou. Dans la perception des formes par le toucher, les forces de résistance comptent plus que les mouvements des doigts.

nique, mais leurs rôles respectifs dans la perception des formes par le toucher sont mal connus.

Pour éclaircir ce point, nous avons mis au point un dispositif de réalité virtuelle, fondé sur un mécanisme à retour de force, lequel procure des sensations tactiles contrôlables. Ce dispositif, dit haptique, combine des objets virtuels et réels : le sujet suit avec le doigt la forme d'un objet réel, mais des objets virtuels sont représentés indépendamment de la géométrie de l'objet réel par l'intermédiaire d'un poussoir produisant des forces de résistance programmables.

Le sujet est assis derrière un rideau opaque qui l'empêche de voir sa main et il pose le doigt sur le dispositif, qu'il déplace au-dessus d'un objet réel, un creux, une bosse ou une surface plane. Son doigt monte et descend avec la géométrie de la surface.

Simultanément, le dispositif de simulation impose au doigt des forces de résistance sans rapport avec l'objet réel, mais qui simulent un autre objet. Ainsi, la force virtuelle peut imposer une sensation de résistance (comme dans une montée) alors que le doigt est, en fait, en train de descendre. Pour simuler les forces de résistance de tels objets, nous avons mesuré la composante verticale de la force appliquée par un sujet sur des objets réels, et nous avons programmé le dispositif haptique pour que la résultante totale des forces corresponde à celle de l'objet virtuel. Ce dispositif réalisé, nous demandons aux sujets quelle forme ils perçoivent pour chaque combinaison d'objets réels et virtuels proposée.

Dans la majorité des cas, les sujets perçoivent la forme de l'objet virtuel ! Ils sont donc plus sensibles aux forces de résistance qu'ils rencontrent, qu'à la géométrie des objets décrite par les mouvements de leur doigt. Nous ne connaissons pas encore bien les mécanismes perceptifs qui produisent cet effet, ni ses limites.

Toutefois, on peut d'ores et déjà envisager des applications, dans les simulateurs d'opérations chirurgicales, par exemple. Les chirurgiens se servent de tels dispositifs pour s'entraîner à des opérations délicates. Ces simulateurs cherchent à reproduire l'ensemble des sensations perçues lors d'une intervention. Désormais, les concepteurs de ces simulateurs seront plus attentifs aux forces de résistance rencontrées lorsqu'on explore un objet qu'à sa géométrie réelle.

G. ROBLES-DE-LA-TORRE et V. HAYWARD,
Centre des machines intelligentes,
Université McGill, Montréal