

moins intégré à la scène. Rapidement après l'avènement des techniques de réalité virtuelle, on a tenté de mesurer le degré d'immersion par la notion de «présence». À l'origine, la présence a été définie comme l'expérience subjective d'être dans un environnement alors que l'on est physiquement dans un autre. Dans le cadre de la réalité virtuelle, une définition plus appropriée est celle du sentiment d'être dans l'environnement engendré par l'ordinateur plutôt que dans l'environnement physique local actuel.

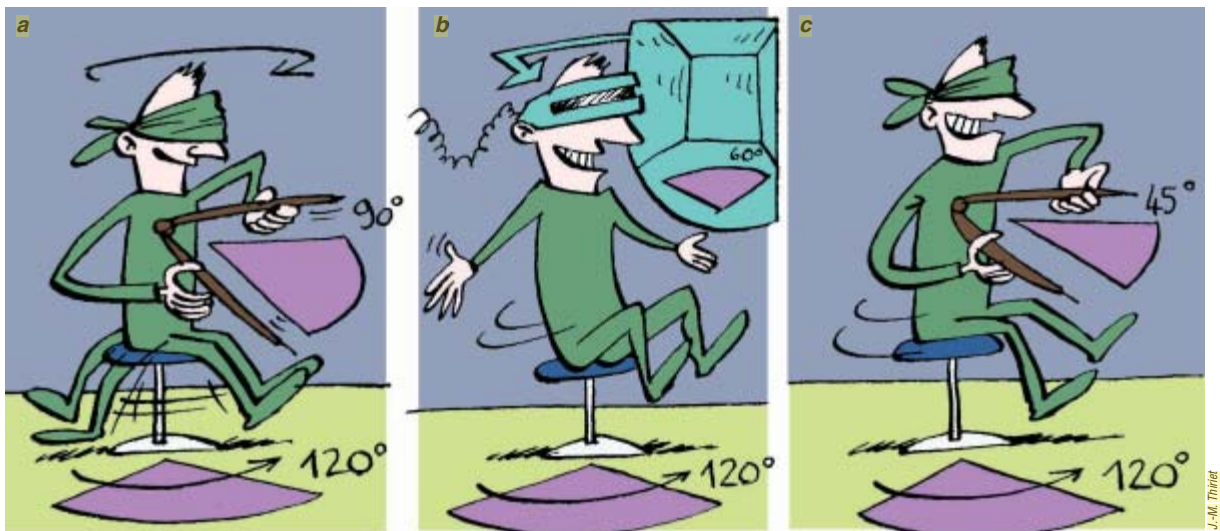
Un rappel au réel incontournable

Même lorsque la présence dans l'environnement virtuel est optimale, il n'empêche que nos appareils sensoriels nous rappellent de façon inéluctable les réalités physiques de notre environnement. En faisant participer des sujets à des expériences de réalité virtuelle, puis en les interrogeant sur le degré de présence ressenti, Bob Witmer et Michael Singer, de l'Institut de recherche de l'armée américaine pour les sciences sociales et comportementales, ont montré que le sentiment de présence est inversement lié à l'apparition de cinétose : plus le sujet a le sentiment d'appartenir au monde virtuel, moins il est malade. La cinétose est le mal des transports, dont les symptômes sont notamment la nausée, la somnolence, le mal de tête. Elle apparaît lorsque des informations différentes, voire contradictoires, parviennent aux sens. Par exemple, en voiture, où notre système d'équilibre (le système vestibulaire) détecte les légers mouvements du véhicule, que nos yeux ne perçoivent pas. Dans ce cas, les yeux et le système vestibulaire informent de façon contradictoire le cerveau, lequel perd ses repères et engendre une sensation de mal-être. D'autres effets secondaires surviennent pendant ou après l'exposition aux environnements virtuels, tels des troubles de l'équilibre ou des troubles oculaires. Ces symptômes dépendent souvent des techniques utilisées (qualité du rendu visuel, rapidité du couplage entre le mouvement et l'image), des

tâches que le sujet effectue lors de l'immersion dans le monde virtuel (mouvement de la tête par exemple), mais également de caractéristiques individuelles comme le sexe, l'âge et l'expérience. Quoi qu'il en soit, ce résultat – plus on se sent immergé dans l'univers virtuel, moins on est malade – montre qu'on ne s'immerge vraiment dans un monde virtuel qu'à condition de dépasser le rappel à la réalité exercé par le monde physique.

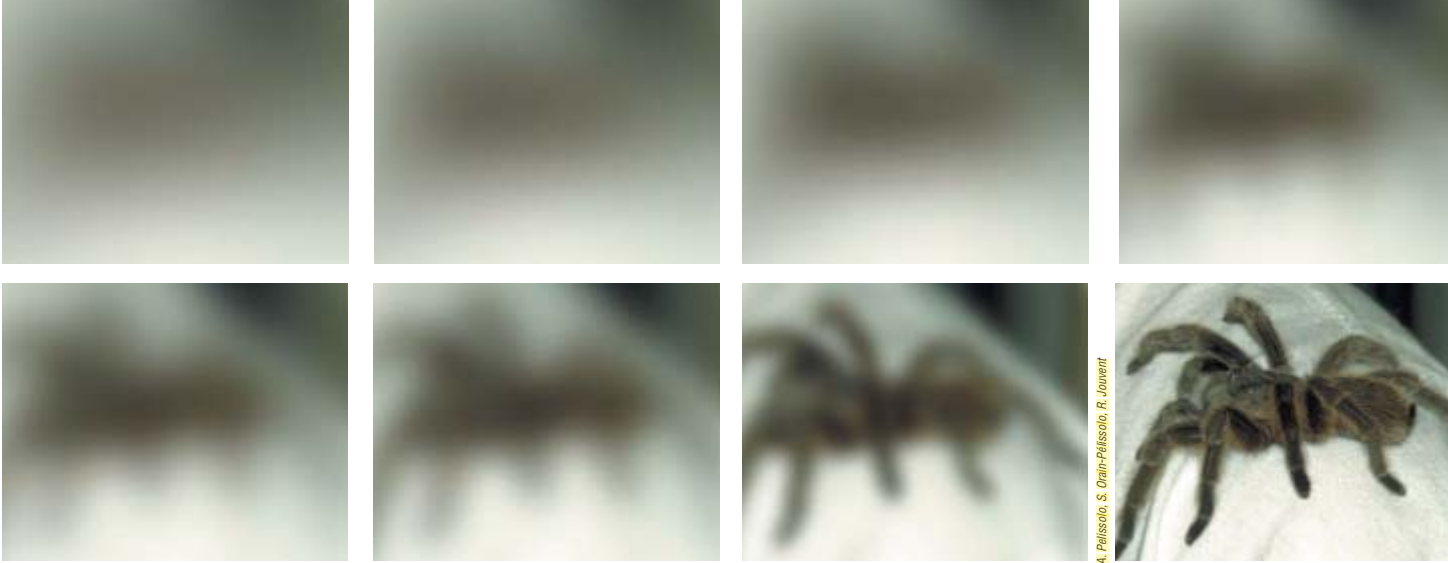
Ce nécessaire détachement de la réalité, qui ouvre les portes du virtuel, ne signifie pas que le cerveau oublie complètement les informations fournies par la présence physique dans le monde réel. Au contraire, de nombreuses expériences ont montré que le cerveau ne coupe jamais les ponts avec les différents sens. Max Ernst et Martin Banks, du Département de psychophysique cognitive et computationnelle de l'Institut Max Planck à Tübingen, ont mis en évidence cet effet sur le système visuo-haptique : ils ont projeté à des sujets l'image d'un objet d'une certaine taille, en leur faisant toucher un objet semblable, mais de taille différente, sans les informer de cette différence. Aucun sujet ne s'est aperçu de l'écart de taille entre l'objet visuel et l'objet tactile : ils avaient la sensation d'avoir en main l'objet qu'ils voyaient. M. Ernst et M. Banks ont ensuite reproduit la même expérience en faisant varier la taille des objets. Ils ont conclu que la taille estimée par les sujets lors d'informations contradictoires est intermédiaire entre celles que fournissent les yeux et celles que fournissent les mains. Le cerveau pondère les deux sources d'informations.

Cette prise en compte générale des sens est modifiée par les pratiques des individus. La cinétose qui se manifeste parfois la première fois que l'on voyage dans un train à grande vitesse, par exemple, disparaît au bout de quelques voyages. Des expériences réalisées dans le Laboratoire de physiologie de la perception et de l'action (CNRS UMR 9950) au Collège de France sous la direction d'Alain Berthoz, ont permis d'étudier l'adaptation visuo-vestibulaire lors de l'immersion



2. UN CONFLIT VISUO-VESTIBULAIRE peut être étudié en plaçant un personnage dans l'obscurité (en lui bandant les yeux) et en le faisant tourner sur lui-même (a). Après l'avoir fait tourner de 120 degrés, on lui demande d'estimer avec un curseur l'amplitude de la rotation. Les sujets donnent des valeurs assez proches du bon angle. Dans un deuxième temps, les sujets, toujours assis sur le siège, sont immergés dans une pièce virtuelle au moyen d'un casque de réalité virtuelle. Ils reçoivent cette fois-ci une information visuelle

trompeuse sur l'amplitude de leur rotation : leur chaise tourne réellement de 120 degrés, mais l'image virtuelle leur fait croire que la rotation n'a été que de 60 degrés (b). Après 45 minutes passées dans cette situation de conflit visuo-vestibulaire, les sujets sont testés à nouveau dans l'obscurité (c). On constate que leur système vestibulaire a été «recalibré» : les estimations des angles dont ils tournent réellement sont deux fois plus faibles qu'avant l'habituation en réalité virtuelle.



A. Pelissolo, S. Ouhalla-Pelissolo, R. Jouvent

3. LE TRAITEMENT DE CERTAINES PHOBIES repose sur une exposition graduelle à l'objet déclenchant la peur. Par exemple, on soigne l'arachnophobie en montrant au malade lors de séances successives des images dont le contraste s'améliore : au départ l'araignée est tellement floue qu'on ne peut la percevoir, puis elle

devient de plus en plus nette. La réalité virtuelle permet d'appliquer ce mode de thérapie dans un environnement tridimensionnel. Le malade voit apparaître graduellement une araignée sur l'épaule de l'avatar qui le personifie dans l'univers virtuel. Ce traitement est souvent efficace.

en réalité virtuelle. Les chercheurs ont fait tourner des sujets sur eux-mêmes les yeux bandés, et leur ont demandé d'évaluer la rotation subie (voir la figure 2). Puis ils ont reproduit l'expérience, en faisant porter aux sujets un casque de réalité virtuelle qui les projetait dans une salle de façon telle qu'ils avaient l'impression de tourner d'un angle A quand, en réalité, ils tournaient d'un angle double. Enfin, dans la dernière partie de l'expérience, on reproduisait la première partie : on leur bandait les yeux en leur demandant d'estimer l'angle dont ils avaient tourné. Les estimations étaient toutes revues à la baisse, quasiment de moitié : un angle estimé à 90 degrés avant l'entraînement en réalité virtuelle pouvait maintenant être estimé à 50 degrés. Le passage en réalité virtuelle avait modifié l'intégration des informations de la vue et du système vestibulaire. Notons par ailleurs que les sujets, lorsqu'ils portaient le casque, n'avaient pas conscience de l'incohérence des informations reçues, malgré la différence notable (du simple au double) entre les informations visuelles et les informations vestibulaires.

Ces observations montrent que le cerveau peut surmonter les contradictions entre des informations sensorielles de sources différentes. Même si l'incohérence des stimulus provoque au départ la cinétose, les sujets peuvent néanmoins finir par adhérer à la situation virtuelle. Par la suite, l'organisme s'adapte et recalibre ses systèmes perceptifs, sans en avertir la conscience. Cette fonction d'adaptation est-elle localisée en un endroit spécifique du cerveau ? Probablement non, les découvertes récentes des neurosciences cognitives laissent penser que l'adhésion d'un sujet à une tâche virtuelle ne relève pas d'un mécanisme unique. Différents modules de traitement des informations y participeraient : la perception, l'intégration globale des informations sensorielles, la mémoire, puis les niveaux cognitifs supérieurs.

Ainsi, l'immersion d'un sujet dans une scène virtuelle le conduit à fabriquer un nouveau cadre de référence perceptif distinct du monde réel. Cette reconstruction des sens soulève la question des repères dans le monde réel : dans quelle mesure un sujet exposé à la réalité virtuelle est-il capable de dissocier ces deux cadres de référence ? Les comportements suscités lors de l'immersion ne persistent-ils pas lors de la réintroduction dans le monde réel ? N'y a-t-il pas un risque

que le sujet perde ses repères une fois revenu dans la réalité ? Les expériences d'adaptation citées sont un début de preuve que, revenu dans la réalité, un sujet conserve des stigmates de son expérience virtuelle. Le succès de l'utilisation de la réalité virtuelle en thérapie prouve l'influence des univers virtuels sur la perception de la réalité.

La réalité virtuelle, outil thérapeutique

Les thérapies comportementales sont utilisées pour traiter les phobies ; elles incluent souvent des expositions graduelles du patient aux stimulus phobogènes, qui visent à le « désensibiliser ». À un patient souffrant d'arachnophobie, on montrera une série de photos où une araignée, au départ totalement floue, apparaît de plus en plus nette (voir la figure 3). L'exposition à des environnements virtuels permet au patient de pratiquer sa thérapie dans un cadre privé, tout en étant exposé à des situations redoutées. En outre, elle permet d'exposer le patient à l'objet phobique sans aucun danger, et facilite la mise en œuvre de la thérapie (on peut imaginer que le patient pratique sa thérapie à domicile grâce aux techniques de télé-médecine). Cependant, l'atout majeur des thérapies virtuelles réside dans le fait que le phobique peut à chaque instant réfuter l'objet phobogène virtuel et se dire qu'il s'agit d'une illusion. Cette « porte de sortie » à son angoisse, actionnable à tout moment, rassure le patient et l'aide à se placer en situation phobique. En fait, le sujet décide de lui-même s'il veut croire ou non à la réalité de l'objet figuré dans le casque. Il est mis en confiance, sachant qu'il peut décider, via un rappel aux références du réel, que l'araignée qu'il perçoit n'existe pas.

Grâce à la réalité virtuelle, on traite des phobies spécifiques, telles la peur de prendre l'avion, l'acrophobie (le vertige), la peur d'un animal (arachnophobie par exemple), la peur de parler en public ou d'autres situations spécifiquement phobogènes pour un individu donné. Par ailleurs, on utilise également la réalité virtuelle dans le traitement des troubles de l'image corporelle et de l'autisme. Les thérapies par les mondes virtuels sont, dans l'ensemble, une réussite. Citons un seul exemple : le traitement de l'acrophobie. Paul Emmelkamp et ses collègues de l'Université d'Amsterdam