

---

---

**Ergonomie de l'interaction homme-  
système —**

Partie 910:  
**Cadre pour les interactions tactiles  
et haptiques**

**iTeh STANDARD PREVIEW** —  
*Ergonomics of human-system interaction —*  
*Part 910: Framework for tactile and haptic interaction*  
**(standards.iteh.ai)**

ISO 9241-910:2011

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/00f7eafd-fbc5-491d-99ed-63fa4658fdde/iso-9241-910-2011>



**iTeh STANDARD PREVIEW**  
**(standards.iteh.ai)**

ISO 9241-910:2011  
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/00f7eafd-fbc5-491d-99ed-63fa4658fdde/iso-9241-910-2011>



**DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT**

© ISO 2011

Droits de reproduction réservés. Sauf prescription différente, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'ISO à l'adresse ci-après ou du comité membre de l'ISO dans le pays du demandeur.

ISO copyright office  
Case postale 56 • CH-1211 Geneva 20  
Tel. + 41 22 749 01 11  
Fax + 41 22 749 09 47  
E-mail [copyright@iso.org](mailto:copyright@iso.org)  
Web [www.iso.org](http://www.iso.org)

Publié en Suisse

## Sommaire

Page

Avant-propos .....	v
Introduction.....	vii
<b>1</b> <b>Domaine d'application .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b> <b>Termes et définitions .....</b>	<b>1</b>
<b>3</b> <b>Présentation de l'haptique.....</b>	<b>4</b>
<b>4</b> <b>Exploration haptique humaine.....</b>	<b>4</b>
4.1    Importance du sens haptique .....	4
4.2    Haptique et vision.....	5
4.3    Exploration manuelle des objets .....	6
4.4    Entraînement aux procédures exploratoires .....	6
4.5    Difficulté d'obtenir une représentation globale d'une scène avec l'haptique.....	6
4.6    Stimulation physique minimale: seuils absolus .....	7
4.7    Différences minimales requises pour la perception.....	7
4.8    Perception des propriétés géométriques des objets .....	7
4.9    Perception du poids .....	7
4.10   Perception des propriétés matérielles.....	7
4.11   Nombre et dimensions des surfaces de contact dans les dispositifs tactiles/haptiques .....	8
4.12   Résumé.....	8
<b>5</b> <b>Quand utiliser des interactions tactiles/haptiques .....</b>	<b>9</b>
5.1    Généralités .....	9
5.2    Accessibilité.....	9
5.3    Interactions pour ordinateurs de bureau .....	10
5.4    Interactions pour dispositifs mobiles .....	10
5.5    Robotique .....	11
5.6    Médecine .....	11
5.7    Jeux.....	12
5.8    Art et créativité .....	12
5.9    Applications et simulateurs multimodaux .....	13
<b>6</b> <b>Conception des interactions tactiles/haptiques.....</b>	<b>14</b>
6.1    Lignes directrices pour la conception d'une interaction tactile/haptique.....	14
6.2    Conception d'un espace tactile/haptique .....	14
6.3    Capacité d'adressage et résolution dans l'interaction tactile/haptique.....	15
<b>7</b> <b>Tâches élémentaires interactives lancées par l'utilisateur .....</b>	<b>18</b>
7.1    Généralités .....	18
7.2    Recherche .....	18
7.3    Représentation globale.....	18
7.4    Navigation .....	18
7.5    Ciblage.....	19
7.6    Sélection.....	19
7.7    Manipulation .....	20
<b>8</b> <b>Éléments d'interaction tactile/haptique.....</b>	<b>21</b>
8.1    Généralités .....	21
8.2    Effets tactiles/haptiques fonctionnels.....	21
8.3    Propriétés tactiles/haptiques des objets .....	23
8.4    Éléments de commande .....	24
8.5    Utilisation d'interfaces à points de contact multiples .....	25
8.6    Combiner des éléments et des effets .....	25
8.7    Distinguabilité.....	25

<b>9</b>	<b>Gamme des dispositifs d'interface tactile/haptique</b> .....	<b>25</b>
<b>9.1</b>	<b>Généralités</b> .....	<b>25</b>
<b>9.2</b>	<b>Critères de sélection</b> .....	<b>25</b>
<b>Annexe A</b>	<b>(informative) Dispositifs tactiles</b> .....	<b>37</b>
<b>Annexe B</b>	<b>(informative) Dispositifs tactiles/haptiques qui assurent un retour de force</b> .....	<b>41</b>
<b>Annexe C</b>	<b>(informative) Physiologie de l'haptique</b> .....	<b>46</b>
<b>Bibliographie</b>	.....	<b>52</b>

**iTeh STANDARD PREVIEW**  
**(standards.iteh.ai)**

[ISO 9241-910:2011](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/00f7eafd-fbc5-491d-99ed-63fa4658fdde/iso-9241-910-2011)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/00f7eafd-fbc5-491d-99ed-63fa4658fdde/iso-9241-910-2011>

## Avant-propos

L'ISO (Organisation internationale de normalisation) est une fédération mondiale d'organismes nationaux de normalisation (comités membres de l'ISO). L'élaboration des Normes internationales est en général confiée aux comités techniques de l'ISO. Chaque comité membre intéressé par une étude a le droit de faire partie du comité technique créé à cet effet. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'ISO participent également aux travaux. L'ISO collabore étroitement avec la Commission électrotechnique internationale (CEI) en ce qui concerne la normalisation électrotechnique.

Les Normes internationales sont rédigées conformément aux règles données dans les Directives ISO/CEI, Partie 2.

La tâche principale des comités techniques est d'élaborer les Normes internationales. Les projets de Normes internationales adoptés par les comités techniques sont soumis aux comités membres pour vote. Leur publication comme Normes internationales requiert l'approbation de 75 % au moins des comités membres votants.

L'attention est appelée sur le fait que certains des éléments du présent document peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. L'ISO ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et averti de leur existence.

L'ISO 9241-910 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 159, *Ergonomie*, sous-comité SC 4, *Ergonomie de l'interaction homme-système*.

L'ISO 9241 comprend les parties suivantes, présentées sous le titre général *Exigences ergonomiques pour travail de bureau avec terminaux à écrans de visualisation (TEV)*:

- *Partie 1: Introduction générale*
- *Partie 2: Guide général concernant les exigences des tâches*
- *Partie 4: Exigences relatives aux claviers*
- *Partie 5: Aménagement du poste de travail et exigences relatives aux postures*
- *Partie 6: Guide général relatif à l'environnement de travail*
- *Partie 9: Exigences relatives aux dispositifs d'entrée autres que les claviers*
- *Partie 11: Lignes directrices relatives à l'utilisabilité*
- *Partie 12: Présentation de l'information*
- *Partie 13: Guidage de l'utilisateur*
- *Partie 14: Dialogues de type menu*
- *Partie 15: Dialogues de type langage de commande*
- *Partie 16: Dialogues de type manipulation directe*
- *Partie 17: Dialogues de type remplissage de formulaires*

## ISO 9241-910:2011(F)

L'ISO 9241 comprend également les parties suivantes, présentées sous le titre général *Ergonomie de l'interaction homme-système*:

- *Partie 20: Lignes directrices sur l'accessibilité de l'équipement et des services des technologies de l'information et de la communication (TIC)*
- *Partie 100: Introduction aux normes relatives à l'ergonomie des logiciels* [Rapport technique]
- *Partie 110: Principes de dialogue*
- *Partie 129: Directives relatives à l'individualisation des logiciels*
- *Partie 143: Formulaires*
- *Partie 151: Lignes directrices relatives aux interfaces utilisateurs Web*
- *Partie 171: Lignes directrices relatives à l'accessibilité aux logiciels*
- *Partie 210: Conception centrée sur l'opérateur humain pour les systèmes interactifs*
- *Partie 300: Introduction aux exigences relatives aux écrans de visualisation électroniques*
- *Partie 302: Terminologie relative aux écrans de visualisation électroniques*
- *Partie 303: Exigences relatives aux écrans de visualisation électroniques*
- *Partie 304: Méthodes d'essai de la performance de l'utilisateur pour écrans de visualisation électroniques*
- *Partie 305: Méthodes d'essai de laboratoire optique pour écrans de visualisation électroniques*
- *Partie 306: Méthodes d'appréciation sur le terrain des écrans de visualisation électroniques*
- *Partie 307: Méthodes d'essais d'analyse et de conformité pour écrans de visualisation électroniques*
- *Partie 308: Écrans à émission d'électrons par conduction de surface (SED)* [Rapport technique]
- *Partie 309: Écrans à diodes électroluminescentes organiques (OLED)* [Rapport technique]
- *Partie 310: Visibilité, esthétique et ergonomie des défauts des pixels* [Rapport technique]
- *Partie 400: Principes et exigences pour les dispositifs d'entrée physiques*
- *Partie 410: Critères de conception des dispositifs d'entrée physiques*
- *Partie 411: Méthodes d'évaluation de la conception des dispositifs d'entrée physiques* [Spécification technique]
- *Partie 420: Procédures de sélection des dispositifs d'entrée physiques*
- *Partie 910: Cadre pour les interactions tactiles et haptiques*
- *Partie 920: Lignes directrices relatives aux interactions tactiles et haptiques*

Les parties suivantes sont en cours de préparation:

- *Partie 154: Applications de réponse vocale interactive (RVI)*

La conception centrée sur l'opérateur humain et les méthodes d'évaluation, les caractéristiques optiques des écrans autostéréoscopiques, et les exigences, analyses et méthodes d'essai de conformité pour la réduction des saisies photosensibles feront l'objet de futures parties 230, 331 et 391.

## Introduction

Les interactions haptiques et tactiles deviennent de plus en plus importantes en tant que modalités d'interaction possibles dans les systèmes informatiques tels que les environnements informatiques spécifiques (par exemple, la simulation) et les technologies d'aide.

Malgré toutes les recherches existantes, elles impliquent une grande diversité de termes, de significations de termes, de points de vue, d'objets logiciels et matériels, d'attributs et interactions. Cette diversité peut être à l'origine de sérieuses difficultés ergonomiques pour les développeurs et les utilisateurs d'interactions tactiles/haptiques.

La présente partie de l'ISO 9241 fournit un ensemble commun de termes, de définitions et de descriptions des différents concepts de base pour la conception et l'utilisation d'interactions tactiles/haptiques. Elle contient les lignes directrices fondamentales (y compris des références aux normes pertinentes) pour la conception d'interactions tactiles/haptiques. Elle donne également un aperçu de la gamme des applications, des objets, des attributs et interactions tactiles/haptiques.

## iTeh STANDARD PREVIEW (standards.iteh.ai)

[ISO 9241-910:2011](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/00f7eafd-fbc5-491d-99ed-63fa4658fdde/iso-9241-910-2011)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/00f7eafd-fbc5-491d-99ed-63fa4658fdde/iso-9241-910-2011>

**iTeh STANDARD PREVIEW**  
**(standards.iteh.ai)**

[ISO 9241-910:2011](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/00f7eafd-fbc5-491d-99ed-63fa4658fdde/iso-9241-910-2011)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/00f7eafd-fbc5-491d-99ed-63fa4658fdde/iso-9241-910-2011>



# Ergonomie de l'interaction homme-système —

## Partie 910:

# Cadre pour les interactions tactiles et haptiques

## 1 Domaine d'application

La présente partie de l'ISO 9241 fournit un cadre permettant de comprendre et d'échanger sur différents aspects de l'interaction tactile/haptique. Elle définit des termes, décrit des structures et des modèles, et donne des explications en rapport avec les autres parties de la série de normes «900» de l'ISO 9241. Elle donne également des lignes directrices sur la façon dont les différentes formes d'interaction peuvent être appliquées aux diverses tâches de l'utilisateur.

Elle est applicable à tous les types de systèmes interactifs utilisant des dispositifs et interactions tactiles/haptiques.

La présente partie de l'ISO 9241 ne traite pas des interactions purement kinesthésiques, tels que les gestes, bien qu'elle puisse être utile pour de telles interactions.

## 2 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions suivants s'appliquent.

### 2.1

**haptique**, nom

activité sensorielle et/ou motrice basée dans la peau, les muscles, les articulations et les tendons

NOTE L'haptique comprend deux parties: le toucher et la kinesthésie.

### 2.2

**haptique**, adj.

se rapportant à l'haptique

NOTE Bien que la plupart des dictionnaires ne fassent pas de distinction entre *haptique* et *tactile*, dans le domaine de l'haptique, les chercheurs et les développeurs utilisent le terme *haptique* pour désigner toutes les sensations haptiques alors que le terme *tactile* est limité à la stimulation mécanique de la peau. Dans l'ISO 9241, le terme *haptique* couvre toutes les sensations de toucher et le terme *tactile* est utilisé de manière plus spécifique. De ce fait, les deux termes sont utilisés ensemble pour faciliter les recherches.

### 2.3

**toucher**

sens basé sur des récepteurs dans la peau

NOTE Les récepteurs cutanés sont utilisés pour la perception du toucher.

### 2.4

**cutané**

appartenant à la peau

NOTE Les récepteurs cutanés répondent à la stimulation mécanique et aux variations de température.

**2.5  
tactile**

se rapportant au toucher

**2.6  
vibrotactile**

stimulation cutanée basée sur les vibrations

EXEMPLE Un téléphone cellulaire utilise une stimulation vibrotactile pour alerter l'utilisateur.

**2.7  
kinesthésie**

activité sensorielle et motrice basée dans les muscles, les articulations et les tendons

NOTE 1 La kinesthésie inclut l'entrée et la sortie.

NOTE 2 Des récepteurs situés dans les muscles, les articulations et les tendons sont utilisés pour la perception kinesthésique.

NOTE 3 Les muscles, les tendons et les articulations sont utilisés pour l'activité motrice.

**2.8  
kinesthésique**

se rapportant à la kinesthésie

NOTE 1 Les types de sensation kinesthésique sont issus de la force, du mouvement, de la position, du déplacement et de l'angle articulaire.

NOTE 2 Les types d'actions kinesthésiques comprennent le mouvement, l'exercice d'une force et d'un couple ainsi que l'atteinte d'une position, le déplacement et l'angle articulaire.

NOTE 3 La *proprioception* se rapporte à la perception de la position et du mouvement de son propre corps. Ce terme est souvent utilisé de manière interchangeable avec kinesthésie, bien que ce dernier concerne davantage le mouvement. Par exemple, le sens de l'équilibre peut davantage relever de la proprioception que de la kinesthésie.

**2.9  
retour d'effort**

force présentée à et détectée par un utilisateur

NOTE Bien que la rétroaction (retour) ne soit pas nécessairement impliquée, le terme *retour d'effort* est couramment utilisé dans ce contexte.

**2.10  
illusion perceptive**

perception qui ne correspond pas au mesurage physique de la source du stimulus

**2.11  
adaptation sensorielle**

modification dans le temps de la capacité de réponse du système sensoriel à une stimulation constante

**2.12  
masquage spatial (tactile/haptique)**

effet survenant lorsqu'un stimulus de distraction, près du stimulus cible, altère la perception de la cible

**2.13  
masquage temporel (tactile/haptique)**

effet survenant lorsqu'un stimulus de distraction, présenté juste avant ou après un stimulus cible, altère la perception de la cible

**2.14****objet tactile/haptique**

composant d'un système interactif avec lequel l'utilisateur peut interagir de manière haptique

**2.15****élément d'interface utilisateur (tactile/haptique)**

entité d'une interface utilisateur présentée sous une forme tactile/haptique

**2.16****tâche élémentaire (tactile/haptique)**

action fondamentale d'un utilisateur pour effectuer les tâches pour lesquelles le dispositif est conçu

**2.17****étiquette tactile**

étiquette d'un élément d'interface utilisateur présentée dans la modalité tactile/haptique

**2.18****carte tactile**

carte présentée dans la modalité tactile/haptique avec des fonctions d'entrée

NOTE 1 Les fonctions d'entrée comprennent l'application, le retrait ou le déplacement du doigt sur la carte pour produire un signal d'entrée de position et de sélection.

NOTE 2 Les cartes tactiles sont souvent utilisées pour aider les personnes non voyantes à naviguer.

**2.19****rigidité****dureté****élasticité**

réponse haptique aux interactions impliquant une force perpendiculaire à la surface d'un objet virtuel

[ISO 9241-910:2011](http://standards.iteh.ai/iso-9241-910-2011)

NOTE 1 La «rigidité» est souvent associée à la notion de «dureté» lorsqu'elle s'applique à un matériau rigide.

NOTE 2 La «rigidité» est souvent associée à la notion d'«élasticité» lorsqu'elle s'applique à un matériau mou.

NOTE 3 La *rigidité maximale*, pour une surface virtuelle, est la constante la plus élevée du ressort équivalent pouvant être fournie par le dispositif sans instabilité.

**2.20****surgissement (burst)**

stimulation tactile/haptique volontairement courte

NOTE Un surgissement dure généralement de 10 ms à 1 s.

**2.21****sonde**

objet dans un espace virtuel qui est sous le contrôle d'un dispositif tactile/haptique

**2.22****résolution spatiale**

degré selon lequel l'action physique réalisée par un utilisateur peut être utilisée par le dispositif

**2.23****capacité d'adressage**

capacité d'adresser un point ou ensemble de points spécifique dans un espace de travail

### 3 Présentation de l'haptique

La science de l'haptique et la création de dispositifs tactiles/haptiques sont liées à la connaissance du corps humain, notamment de sa capacité à détecter le contact avec la peau et l'activité kinesthésique dans les membres et les articulations.

La Figure 1 montre la relation entre les éléments qui composent le domaine de l'haptique. Le domaine est divisé entre l'étude du toucher et l'étude de la kinesthésie.

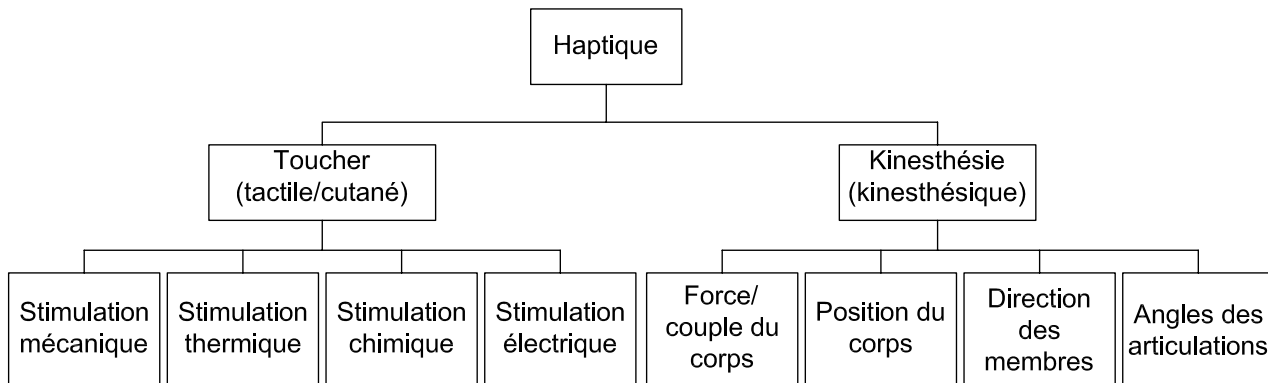


Figure 1 — Éléments composant l'haptique

**iTeh STANDARD PREVIEW**

Le «toucher» englobe divers stimuli, tels qu'une stimulation mécanique, thermique, chimique ou électrique de la peau. Des nerfs et organes sensoriels spécifiques situés dans la peau répondent à ces stimuli selon différentes résolutions spatiales et temporelles.

Le sens *kinesthésique* peut être associé à l'activité kinesthésique par laquelle un utilisateur exerce une force ou un couple sur un objet extérieur à la partie active du corps. En combinant le sens kinesthésique et l'activité kinesthésique, l'utilisateur peut détecter la force et le couple avec lesquels le corps résiste à la force et au couple d'un dispositif tactile/haptique. De la même manière, en imposant une force et un couple mesurés à un objet, l'utilisateur peut déterminer des macro-propriétés, telles que son inertie.

La kinesthésie est de ce fait bidirectionnelle, détectant l'environnement et le manipulant activement dans un échange bidirectionnel d'information et d'action.

NOTE 1 Le toucher actif implique la kinesthésie, contrairement au toucher passif. Les touchers actif et passif sont souvent des concepts très utiles permettant de distinguer les interactions. Dans les interactions, il n'est pas toujours possible d'identifier les deux concepts avec des dispositifs particuliers. Selon la tâche, une forme de toucher peut être supérieure à l'autre.

NOTE 2 L'interaction avec des dispositifs tactiles/haptiques peut utiliser différentes combinaisons de ces composants haptiques au niveau de multiples points de contact.

NOTE 3 Voir l'Annexe C pour de plus amples informations sur la physiologie de l'haptique humaine.

### 4 Exploration haptique humaine

#### 4.1 Importance du sens haptique

L'haptique est de la plus haute importance pour la vie humaine, beaucoup plus que ce qui est généralement admis. Par exemple, lorsque vous cherchez un objet dans votre poche ou votre sac sans l'aide de la vision, l'haptique entre en jeu. Lorsque vous identifiez l'objet souhaité, le saisissez avec une force adaptée et le sortez, vos actions sont basées sur l'haptique. Ce sens peut identifier des objets courants assez efficacement, avec une discrimination presque parfaite en quelques secondes, en particulier lorsque l'observateur possède une certaine anticipation en ce qui concerne les options.

En palpant la surface d'un corps, un médecin peut obtenir des informations sur l'état des organes situés sous la peau et les couches de graisse, état qui ne peut pas être perçu visuellement.

Le sens haptique permet également un toucher à distance, comme lorsqu'un objet distant est sondé à l'aide d'un outil. Par exemple, une personne malvoyante peut utiliser une canne pour percevoir les propriétés du sol au bout de la canne.

Les mains, en particulier, ont eu une importance considérable dans le développement biologique et culturel des être humains dans leur contact avec l'environnement. Elles sont simultanément utiles pour la perception et l'action dans le cadre d'une interaction continue avec l'environnement. Une main a une impressionnante capacité d'adaptation à de nombreux types de tâches de manipulation différents, allant de tâches très minutieuses nécessitant une grande précision à des tâches rudes nécessitant de grands efforts. Les actions sont toujours guidées par la rétroaction haptique.

Néanmoins, dans les applications informatiques, l'haptique est récente par rapport aux interactions visuelles et sonores et elle est encore relativement limitée. Les dispositifs tactiles/haptiques actuels nécessitent encore un développement important avant de pouvoir exploiter pleinement les capacités du sens haptique.

Le toucher est aussi souvent utilisé pour confirmer les informations obtenues sur la réalité du monde.

## 4.2 Haptique et vision

### 4.2.1 Similitudes et différences entre haptique et vision

L'haptique a de nombreuses propriétés communes avec la vision. Elle peut situer les objets par rapport à l'observateur dans l'espace proche (mais seulement dans les limites de la portée du bras, à moins qu'un outil ne soit utilisé), trouver les arêtes séparant des surfaces et percevoir les dimensions et la forme des objets (qui ne sont pas trop volumineux pour être explorés par une personne). En ce qui concerne la perception de la texture, l'haptique égale la vision et, dans bien des cas, la surpasse.

Pour certaines tâches, l'haptique est largement distancée par la vision ou ne peut pas du tout effectuer la tâche. Par exemple, elle est incapable de donner une vue d'ensemble d'une scène, de percevoir l'espace tridimensionnel au-delà de la portée du bras, de percevoir les couleurs ou de percevoir les arêtes dans une vue bidimensionnelle sans relief.

Pour d'autres tâches, l'haptique est supérieure à la vision. Grâce à l'haptique, il est possible d'évaluer directement le poids des objets ainsi que leur dureté et leur température. La vision peut, dans une certaine mesure, percevoir de telles propriétés de l'objet, mais seulement par l'observation des actions d'autres personnes.

### 4.2.2 Emplacement commun de l'espace visuel et haptique

Dans le monde réel, les objets sont généralement perçus visuellement et tactilement comme occupant le même emplacement, mais, dans les mondes virtuels, ce n'est pas obligatoirement le cas. L'objet visuel peut être situé sur un écran, alors que l'objet haptique a un autre emplacement, par exemple représenté sur un dispositif tactile/haptique à côté du clavier. Les avantages de l'emplacement commun ont été démontrés pour le ciblage d'objets et pour la perception d'une forme. On a également constaté que la réalisation de tâches telles que trouver des boutons et rétablir le contact avec des objets virtuels perdus était facilitée dans des conditions d'emplacement commun.

La combinaison des modalités visuelle et haptique peut enrichir la perception qu'un utilisateur a d'une scène. Dans un premier temps, le sens de la vue peut dominer, permettant d'avoir rapidement une représentation globale d'une scène et d'identifier les objets contenus dans la scène. Mais un affichage tactile peut permettre une évaluation plus rapide de la texture d'un objet. Les distances relatives des objets peuvent être perçues haptiquement dans l'espace personnel, renforçant ainsi l'évaluation visuelle des distances. Les propriétés des objets, telles que la masse et la déformabilité, ne peuvent ensuite être confirmées que par le sens haptique.

**EXEMPLE** Lorsqu'un pianiste lit une partition, il s'appuie sur l'haptique pour localiser la position des notes sur le clavier, mais, lorsqu'il joue de mémoire, les modalités visuelle et haptique sont utilisées simultanément, rendant l'exécution plus détendue et améliorant ainsi l'interprétation.

### 4.2.3 Implications pour les affichages haptiques

Les différences entre la vision et l'haptique font qu'il est dangereux de restituer simplement des copies des objets visuels pour les présenter haptiquement. Une telle reproduction peut être fructueuse dans des cas simples, mais l'occurrence des problèmes sera plus grande dans des cas plus complexes. Il est important que la création de scènes haptiques efficaces tienne compte de leurs propriétés d'un point de vue haptique. Un rendu visuel efficace d'une scène n'est pas la garantie que la même scène puisse être restituée avec succès dans un sens haptique.

Il est possible de tirer profit de l'aptitude du corps à coordonner rapidement les cartographies transmodales de son environnement. Les sens visuel et tactile peuvent s'associer pour permettre une localisation plus rapide d'un stimulus qu'avec une seule de ces modalités.

Des expériences ont montré que les informations tactiles dynamiques peuvent être utilisées pour réorienter l'attention visuelle et que les informations visuelles dynamiques peuvent être utilisées pour réorienter précisément les informations tactiles.

### 4.3 Exploration manuelle des objets

Les mouvements d'un observateur lorsqu'il explore de manière haptique un environnement ne sont généralement pas aléatoires, mais sont spécifiquement dirigés pour acquérir les informations souhaitées. Ces patterns (enchaînements types) de mouvements, appelés procédures exploratoires, sont constitués d'un certain nombre de procédures de base telles que:

- a) mouvement latéral pour percevoir la texture,
- b) pression pour percevoir la dureté,
- c) maintien sans appui pour percevoir le poids,
- d) enveloppement (enfermer un objet dans une main ou les deux mains) pour percevoir la forme globale et le volume,
- e) suivi des contours pour percevoir la forme globale et la forme exacte.

Les dispositifs tactiles/haptiques peuvent limiter les procédures exploratoires mises à la disposition d'un utilisateur, réduisant ainsi de manière significative les performances exploratoires. Un entraînement spécial aux mouvements utiles pour des affichages spécifiques peut combler partiellement cette lacune.

### 4.4 Entraînement aux procédures exploratoires

Pour la perception des objets, la texture est moins problématique que la forme. Cela peut être dû au fait que la procédure exploratoire relative à la texture est beaucoup plus simple que celle relative à la forme. Lors de l'exploration de la texture, l'utilisateur peut effectuer des mouvements arbitraires sur la surface de l'objet, alors que l'exploration de la forme exige des mouvements assez spécifiques. Toutefois, un entraînement aux procédures exploratoires appropriées pour une forme donnée peut améliorer nettement les performances. Il est important d'en tenir compte lors de l'évaluation des affichages haptiques, car il existe un risque de sous-estimation de l'utilité d'un dispositif si les utilisateurs ne disposent pas d'une expérience suffisante avec ce dispositif.

### 4.5 Difficulté d'obtenir une représentation globale d'une scène avec l'haptique

Dans de nombreux contextes pratiques, l'un des problèmes les plus difficiles avec l'haptique est d'obtenir une représentation globale d'une scène. Avec la vision, cette représentation globale est obtenue presque instantanément. Dans certaines situations, un «aperçu haptique» (contact rapide avec l'objet) peut donner un résultat de même qualité que la vision, en particulier lorsque l'observateur a des hypothèses sur l'objet attendu. Toutefois, dans des conditions plus complexes, il est généralement laborieux et long d'identifier des objets en utilisant seulement l'haptique. Il est souvent utile de renforcer l'haptique par des informations sonores ou visuelles. Par exemple, il est possible de donner des informations verbales ou textuelles sur les objets ou des instructions sur la façon d'explorer la scène.

#### 4.6 Stimulation physique minimale: seuils absolus

La perception haptique est basée sur plusieurs types de capteurs situés dans la peau ainsi que dans les muscles, les tendons et les articulations. Une stimulation physique minimale, appelée *seuil absolu*, est nécessaire pour que les capteurs réagissent et envoient des messages produisant un effet perceptible pour un observateur. De nombreux événements physiques peuvent stimuler la peau, d'un léger coup de pinceau jusqu'à la pression exercée par des pointes, des arêtes, des coins et des courbes. Ils peuvent provoquer un mouvement, un étirement ou des vibrations de la peau et nécessitent différentes quantités d'énergie pour être perçus. L'acuité spatiale de la peau s'est avérée être de l'ordre de 1 mm. En général, la main ne permet pas une discrimination spatiale aussi bonne que l'œil, mais néanmoins meilleure que l'oreille. En ce qui concerne la discrimination temporelle, la main est supérieure à l'œil, mais inférieure à l'oreille.

La peau est un organe sensoriel important dont les différentes parties présentent une sensibilité variable. L'extrémité des doigts est l'une des parties les plus sensibles et s'avère être la mieux adaptée pour explorer l'environnement. Les lèvres et la bouche sont également très sensibles. Cette sensibilité particulière a récemment été utilisée dans la mise au point d'un dispositif tactile/haptique devant être placé dans la bouche. Les parties moins sensibles du corps, telles que l'abdomen et le dos, ont également servi d'emplacements pour des dispositifs tactiles/haptiques, mais la résolution spatiale à ces endroits est beaucoup plus faible que pour les mains et la bouche.

Il est important de tenir compte de l'âge des utilisateurs potentiels des dispositifs tactiles/haptiques, car la sensibilité haptique diminue considérablement avec l'âge.

#### 4.7 Différences minimales requises pour la perception

Une différence physique minimale entre deux stimulations est nécessaire pour qu'un observateur constate la différence. Elle est appelée seuil différentiel ou seuil relatif de perception (ou JND, pour «just noticeable difference»).

EXEMPLE 1 Pour discerner la différence de direction de deux forces, cette différence doit être d'au moins 33° pour pouvoir être détectée.

ISO 9241-910:2011

EXEMPLE 2 Lorsque des objets sont comparés en les serrant, la force de résistance de l'un des objets doit être supérieure d'environ 7 % à celle de l'autre objet pour pouvoir détecter la différence.

#### 4.8 Perception des propriétés géométriques des objets

Les propriétés des objets peuvent être divisées en propriétés géométriques et propriétés matérielles. Les dimensions et la forme sont des propriétés géométriques couramment utilisées pour l'identification des objets. Dans le monde réel, les procédures exploratoires d'enveloppement et de suivi des contours sont utilisées pour obtenir ces informations. Ces procédures ne sont pas toujours possibles avec les affichages haptiques actuels. La perception de la forme est possible avec de tels affichages, mais elle est moins efficace et plus longue que dans le monde réel. L'une des principales raisons est que la plupart des dispositifs tactiles/haptiques offrent un seul point de contact.

#### 4.9 Perception du poids

La perception haptique du poids est étudiée depuis le dix-neuvième siècle. Ces études ont récemment pris une nouvelle orientation en tenant compte de la manière dont les personnes évaluent le poids en maniant l'objet considéré. Dans ce cas, la stimulation est la résistance au couple de rotation captée par le système haptique. Des propriétés telles que la longueur d'une tige et la forme d'un objet peuvent être évaluées en maniant les objets. La quantité de liquide contenu dans un récipient opaque peut être évaluée par l'haptique seule lorsque le récipient est secoué.

#### 4.10 Perception des propriétés matérielles

La surface d'un objet peut avoir de nombreuses propriétés matérielles. Elle peut varier de dure à molle, et de lisse à rugueuse. Cette dernière propriété est appelée *texture* et dépend de la microstructure de la surface (écarts réguliers ou irréguliers par rapport à une régularité parfaite). La microstructure peut être opposée à la macrostructure qui donne la forme. Les propriétés mou/dur et lisse/rugueux sont les deux principales