

Les interfaces haptiques



Vincent Levesque
vincent.levesque@etsmtl.ca

MGL 835 - Interaction humain-machine
13 février 2018

Je me présente ...



Vincent Levesque

**Professeur en LOG-TI
depuis septembre 2017**

bureau A4479

web <http://vlevesque.com>

courriel vincent.levesque@etsmtl.ca

twitter [@vlevesque](https://twitter.com/vlevesque)

Mon expérience académique ...



McGill

Bacc. en génie informatique (2000), maîtrise (2003) et Ph.D. (2009) en génie électrique



THE
UNIVERSITY OF
BRITISH
COLUMBIA

Postdoc en informatique dans un labo d'IHM haptique (2009-2011)

Mon expérience industrielle ...



Stagiaire en industrie



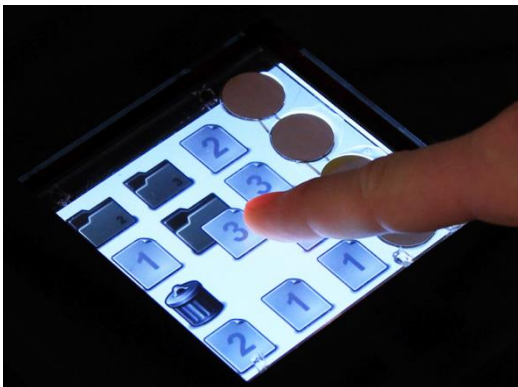
Co-fondateur d'un organisme à but non-lucratif



Chercheur dans une entreprise spécialisée en technologies haptiques

Ma recherche ...

L'utilisation de technologies haptiques pour améliorer l'expérience utilisateur dans divers contextes



[YouTube \(1:04\)](#)



Tour de table

Connaissez-vous le mot ***haptique***?

Dans quel contexte l'avez-vous entendu?

Utilisez-vous des appareils à retour haptique?

Qu'est-ce que ce mot évoque pour vous?

L'haptique et le grand public

Le mot ***haptique*** était peu connu jusqu'à récemment. Il est de plus en plus utilisé en relation avec

- les **téléphones** portables,
- les **contrôleurs** de jeux vidéos,
- les **écrans tactiles** qui, paradoxalement, n'offrent aucun retour haptique, et
- La **réalité virtuelle ou augmentée**, pour laquelle le manque de retour haptique est le plus criant.

Terminologie

Tactile

Qui concerne le toucher perçu par les récepteurs cutanés.
(Généralement bien compris du grand public.)

Kinesthésique

Qui concerne la perception de la position ou des mouvements du corps.

Haptique = tactile + kinesthésique

Qui concerne l'information sensorielle perçu par les récepteurs tactiles et kinesthésiques.

Terminologie

Haptique **passive**

Les propriétés haptiques d'un objet physique, tel que la forme, la texture, ou la rigidité.

Haptique **active**

Les sensations haptique sont produites par un dispositif haptique en utilisant des actionneurs contrôlés par logiciel.

Survol du cours

Introduction à l'haptique

importance du toucher, interactions physiques, historique de l'haptique

Les sens haptiques

neurophysiologie, psychologie, illusions haptiques

Les interfaces vibrotactiles

actionneurs, propriétés et exemples

Les interfaces à retour de force

dispositifs, propriétés et exemples

Les interfaces émergentes

exemples de dispositifs en développement

Introduction à l'haptique



Quel est le sens le plus important?

la vision?



l'ouïe?



le toucher?



La plupart des gens diront la vision, suivie de l'ouïe.
Néglige-t-on l'importance du toucher?

Quelles tâches ne pourriez-vous accomplir **sans le toucher**?

Pensez à des situations où votre toucher est limité...

port de gants
froid
anesthésie



Pourriez-vous...

me serrer la main?





Pourriez-vous... écrire?

Pourriez-vous... trinquer?



Le toucher est essentiel pour plusieurs **tâches sensori-motrices**

serrer une main
écrire avec un crayon
trinquer
toucher un tissu
tenir un œuf sans le briser
etc.



Pourquoi néglige-t-on le toucher?

C'est en partie parce qu'il est **très rare de perdre ce sens** complètement.

Le toucher peut être perdu **temporairement** dû au port de gants, à une anesthésie, ou au froid.

Certaines **conditions médicales** peuvent aussi affecter le toucher, tel que le diabète ou des blessures aux nerfs.


- Les conséquences peuvent être très sérieuses et entraîner des difficultés à se déplacer et des risques de blessures.

Le sens du toucher est-il
nécessaire pour jouer
d'un **instrument de
musique?**



Le sens du toucher est-il nécessaire dans un cockpit?





Le sens du
toucher est-il
nécessaire
pour **manipuler**
des outils?



L'interaction physique était jusqu'à récemment courante et offrait un **retour haptique très riche**.

Les **ordinateurs personnels** tirent-ils le maximum du toucher?





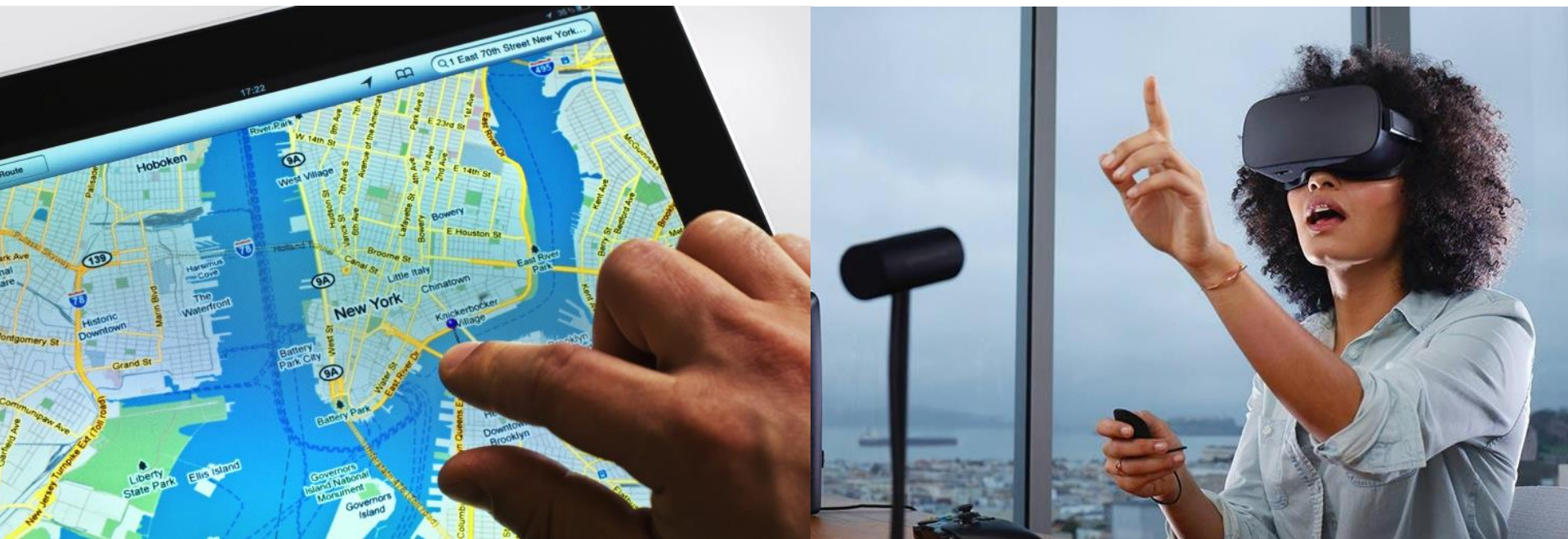
Les **interfaces tactiles** tirent-elles le maximum du toucher?



Les **interfaces gestuelles** tirent-elles le maximum du toucher?

Les interfaces de **réalité virtuelle** tirent-elles le maximum du toucher?





La tendance actuelle est vers une interaction physique appauvrie, avec **peu de retour haptique**.

La recherche en IHM haptique tente de **restaurer l'interaction physique** avec le monde numérique.

Multidisciplinarité

Les interfaces haptiques nécessitent une expertise dans différents domaines...

1. Développement technologique

robotique et réalité virtuelle

informatique

génie mécanique et électrique



Multidisciplinarité

Les interfaces haptiques nécessitent une expertise dans différents domaines...

2. Étude de l'humain

physiologie

neuroscience

psychologie



Multidisciplinarité

Les interfaces haptiques nécessitent une expertise dans différents domaines...

3. Humain et technologie

design

expérience utilisateur

interaction humain-ordinateur



Historique

Bien que moins étudié que la vision ou l'ouïe, le sens du toucher a tout de même intéressé les **physiologistes, neuroscientifiques et psychologues** depuis plus d'un siècle.



Filippo Pacini
1812-1883



Georg Meissner
1829-1905



Angelo Ruffini
1864-1929

Historique

Diverses technologies haptiques ont aussi été développées au cours du siècle dernier, initialement dans le contexte de la **télérobotique**.



Historique



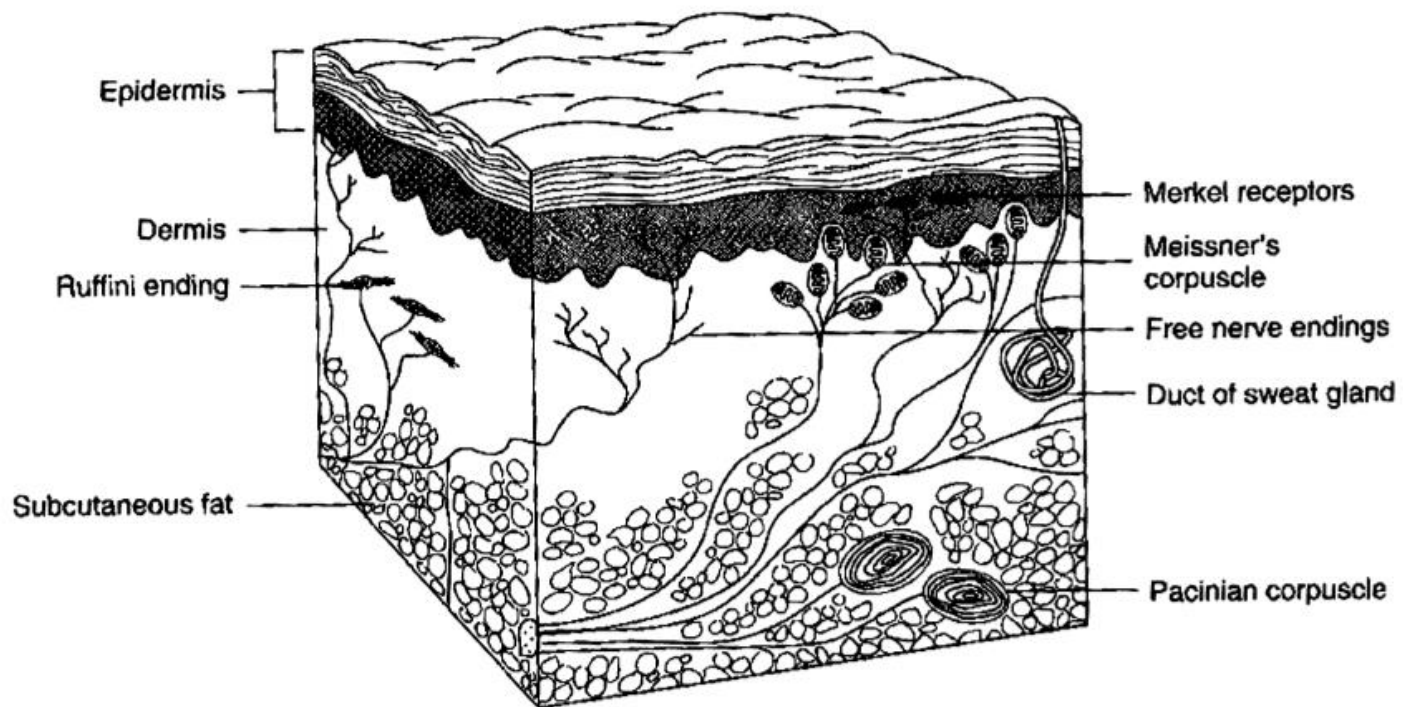
La recherche en haptique tel qu'on la connaît aujourd'hui a débutée dans les **années 90** avec la réalité virtuelle et a depuis connue un essor important.

Marché commercial

Le marché de l'haptique est principalement dans les **écrans tactiles** et les **contrôleurs** de jeux vidéos, et plus récemment dans la **réalité virtuelle**.

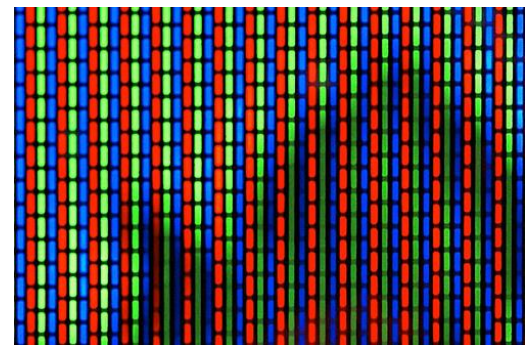
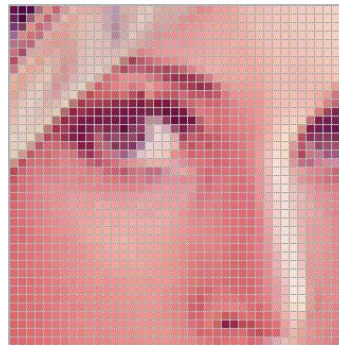


Les sens haptiques



Un **téléviseur** reproduit-il la réalité avec parfaite fidélité?

Quelles connaissances de la vision et de la **perception visuelle** ont permises le développement de la télévision et du cinéma?



- De la même façon, bien comprendre le sens du toucher permet de créer des interfaces haptiques plus efficaces.

La modalité haptique est composée de deux fonctions sensorielles:

le toucher

sensations liées à la stimulation de la peau

la kinesthésie et la proprioception

sensations liées à la position du corps et aux forces et déplacements à l'intérieur des tendons, muscles et articulations



Quelle de ces fonctions sensorielles est sollicitée en **cognant du marteau**?

principalement la kinesthésie

Quelle de ces fonctions
sensorielles est sollicitée en
touchant un tissu?

principalement le toucher

Les récepteurs tactiles

La modalité tactile est perçue par l'intermédiaire d'organes sensoriels distribués dans la peau:

Mécanorécepteurs

pression, vibration, glissement

Thermorécepteurs

changements de température

Nocicepteurs

douleur

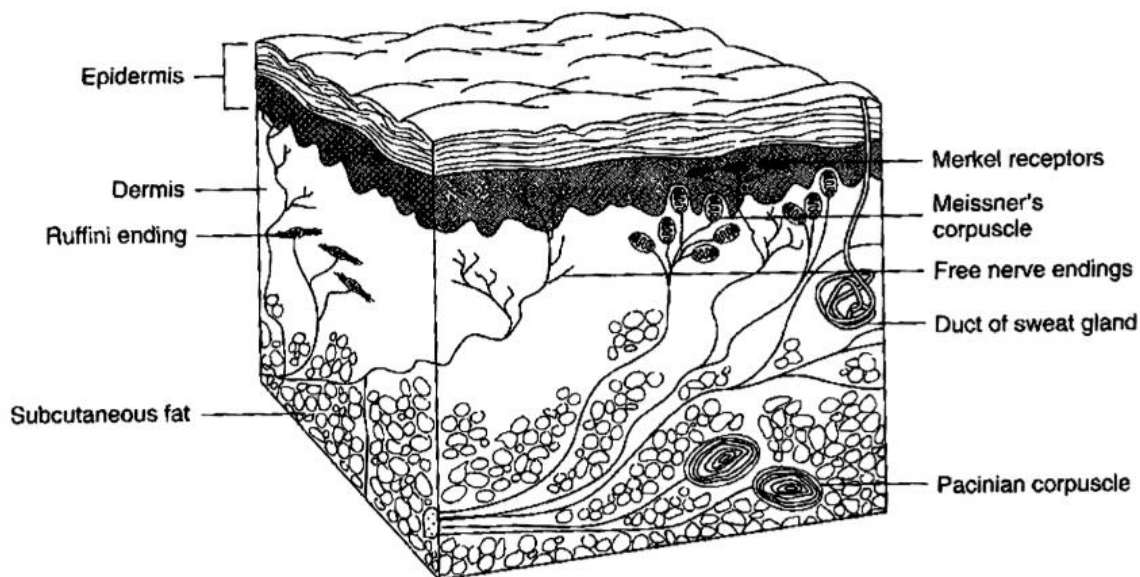
Les mécanorécepteurs

Disque de Merkel
adaptation lente
pression (0-10 Hz)

Corpuscule de Meissner
adaptation rapide
tapement (3-50 Hz)

Corpuscule de Ruffini
adaptation lente
étirement (0-10 Hz)

Corpuscule de Pacini
adaptation rapide
vibration (100-500 Hz)



Goldstein (1999)

Quelle est l'importance de la variété des mécanorécepteurs et de leurs fonctions pour la conception d'interfaces haptiques?

- Une interface haptique devrait idéalement stimuler tous les mécanorécepteurs, ou du moins ceux nécessaires à la sensation visée.

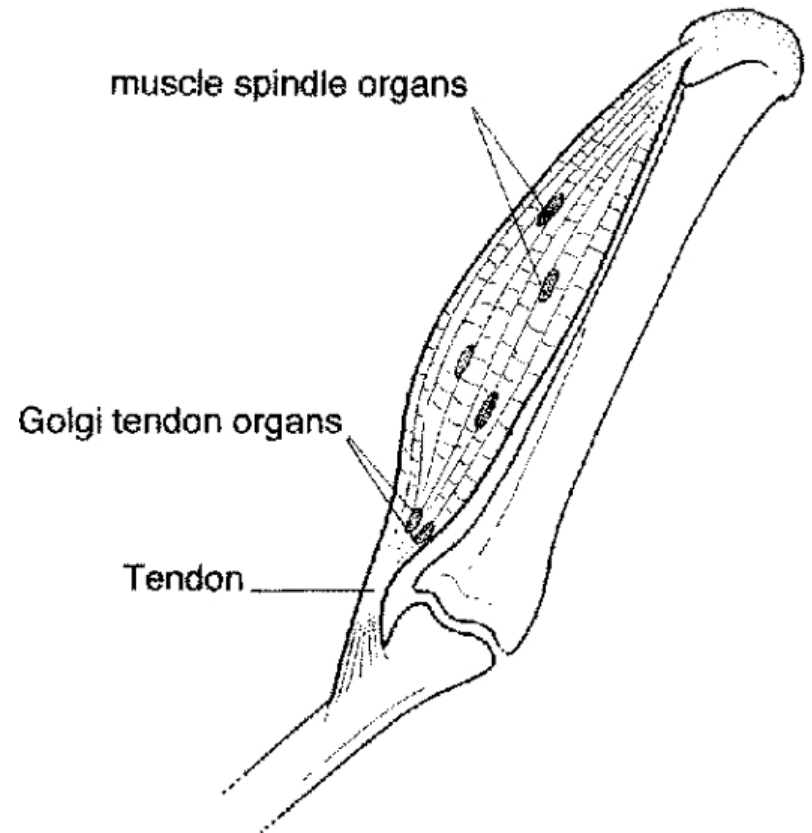
Les récepteurs kinesthésiques

Organes tendineux de Golgi

mesure de la force
entre muscle et tendons

Fuseaux neuromusculaires

mesure de la position
parallèles aux fibres musculaires



Acuité et sensibilité tactile

Le toucher est-il perçu de la même façon sur tout le corps?

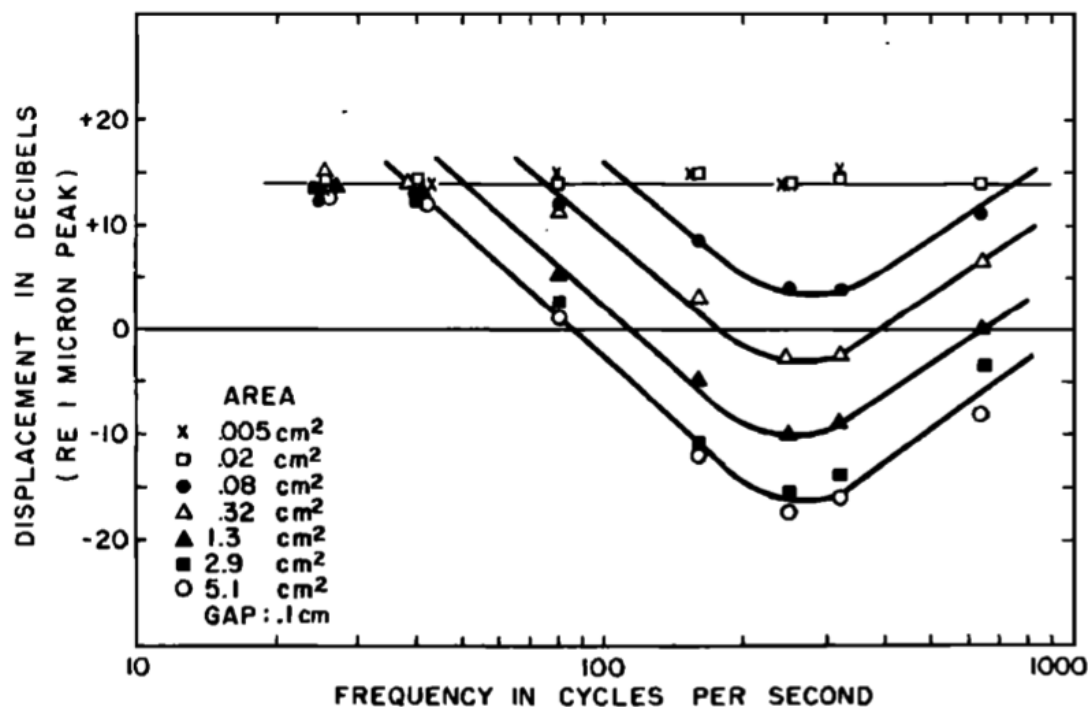
L'acuité tactile, c'est à dire la résolution du toucher, varie en fonction de l'emplacement sur le corps due à la densité variable des récepteurs tactiles.

La sensibilité tactile, c'est à dire le stimulus minimal pouvant être détecté, varie en fonction de l'emplacement sur le corps et des caractéristiques du stimulus.



Sensibilité en fréquence

Le seuil de détection d'une stimulation vibrotactile est minimal à environ **250 Hz**. Plusieurs appareils visent donc cette fréquence pour maximiser la perceptibilité.



Verrillo (1985)

Variations interindividuelles

Le toucher est-il identique d'une personne à l'autre?

- Le sens du toucher varie beaucoup d'une personne à l'autre en fonction de l'**âge**, de la **taille** du doigt, de l'**usure** de la peau, des **habiletés** sensori-motrices et d'autres caractéristiques.
- Un retraité ayant fait un travail manuel aura, par exemple, une perception tactile différente de celle d'un jeune étudiant en IHM...
- L'expérimentateur ne peut se fier à ses propres sens. Il est essentiel de faire des pré-tests et des expérimentations afin de confirmer ses impressions.

Les procédures exploratoires

Mouvements stéréotypés des mains lors de l'acquisition d'information par exploration haptique.

(Lederman & Klatzky, 1987)

mouvement latéral → **texture**

pression → **dureté**

contact statique → **température**

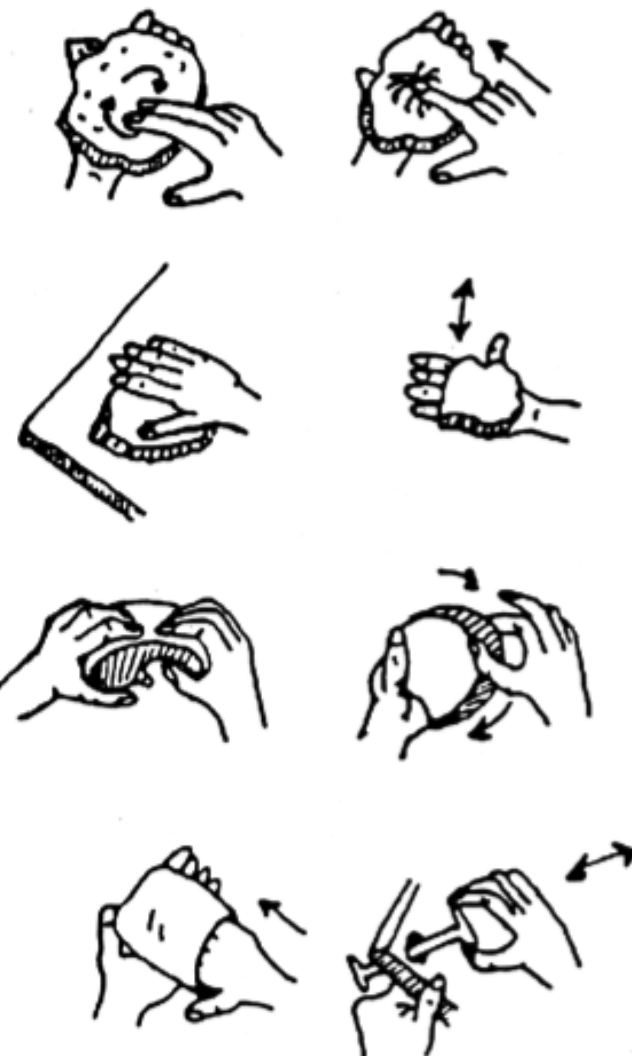
support libre → **poids**

englobement → **forme globale, volume**

suivie du contour → **forme exacte, volume**

test de mouvement → **mouvement d'une pièce**

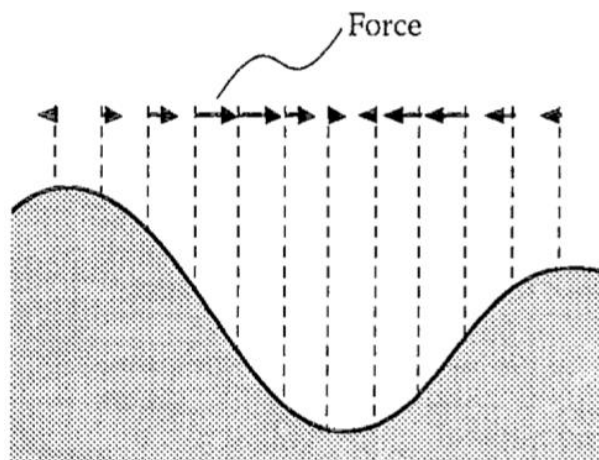
test de fonction → **fonction spécifique**



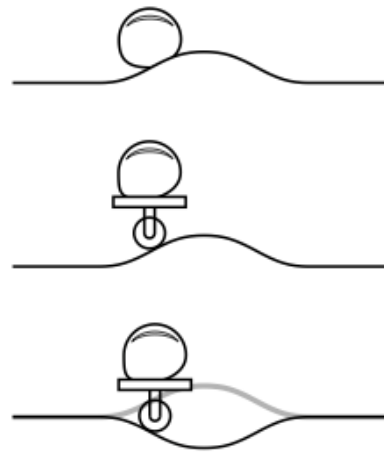
Les illusions haptiques

Un stimulus haptique est interprété de façon surprenante par le système perceptuel.

exemple: **illusion de bosses et creux par forces latérales**



Minsky (1990)



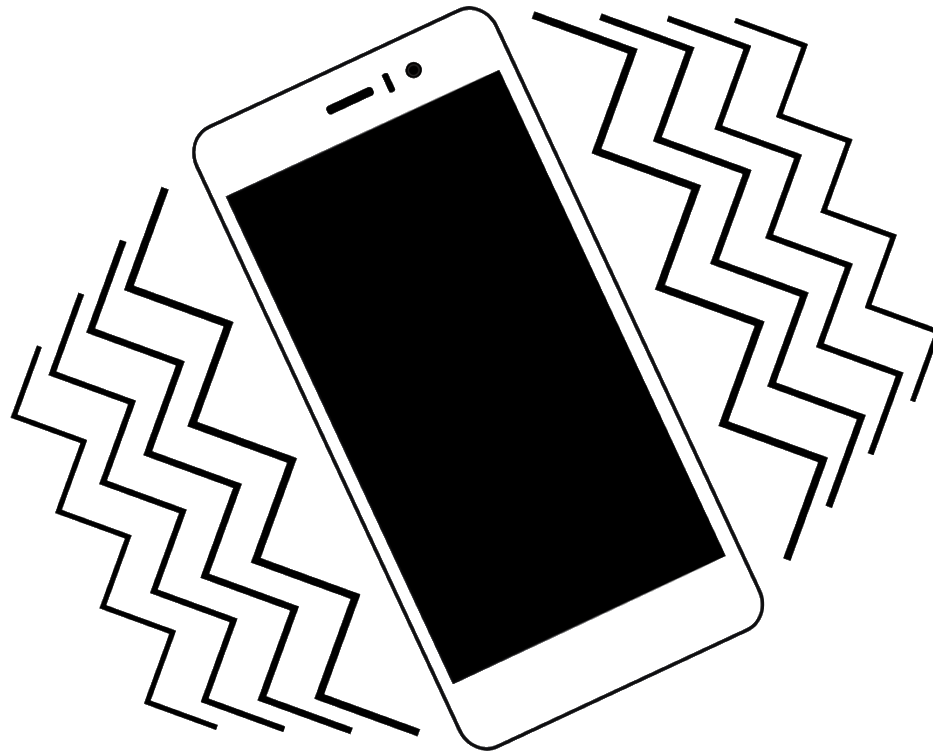
Robles-De-La-Torre and Hayward (2001)

Quelle utilité peuvent avoir ces illusions haptiques pour la conception d'appareils et de leurs applications?

Conclusion

- Soyez conscient des **capacités et limites humaines**, et concevez vos interfaces en conséquence.
- Prenez avantage des **connaissances existantes** et investiguez ce qui n'est pas connu.
- Exploitez les **illusions haptiques** pour tirer le maximum de votre matériel.

Les interfaces vibrotactiles



Les interfaces vibrotactiles sont utilisées couramment dans les **téléphones portables**, les **contrôleurs** de jeu vidéo et autres **appareils électroniques** grand public.

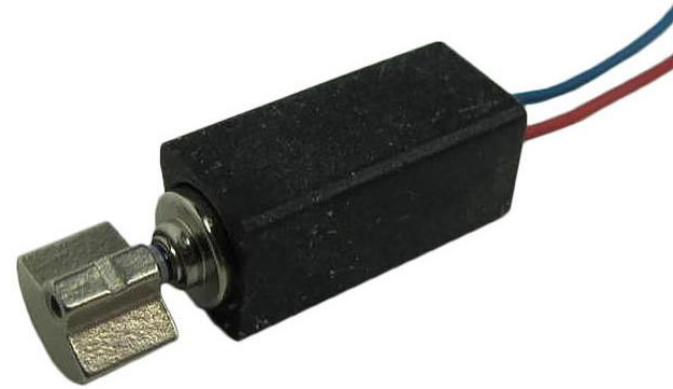
Quelles fonctions ces interfaces vibrotactiles occupent-elles?



Actionneurs vibrotactiles courants

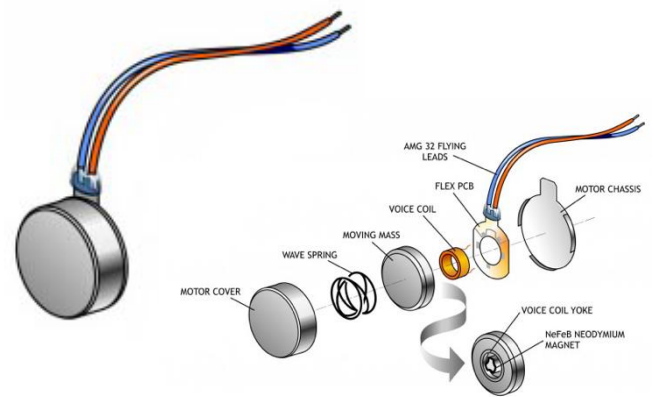
Eccentric Rotating Mass (ERM)

Un moteur fait tourner une masse excentrique.



Linear Resonant Actuator (LRA)

Déplacement d'une masse sur ressort à l'aide d'un actionneur électromagnétique.



Avantages

disponibles commercialement

peu coûteux

compacts

facilement perceptibles



Avantages

Performance et coûts
appropriés pour électronique
grand public



Avantages



Les vibrations peuvent être **très puissantes...**

Avantages

à retenir!

Peuvent être utilisées en
grand nombre

source: Phillips Research

Inconvénients

Expressivité limitée

marche/arrêt, fréquence unique, délais, fidélité

Sensations artificielles

intenses, non naturelles, abstraites, désagréables

Application non triviale

utilisation abusive ou incohérente

e.g. échec de la souris Logitech iFeel

Actionneurs vibrotactiles avancés

Tacteur (voice coil)

Un mécanisme électromagnétique semblable à un haut-parleur frappe une plaquette contre la peau.



C2
EAI

Moteur inertiel

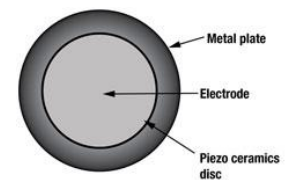
Un mécanisme électromagnétique déplace une masse dans un boîtier.



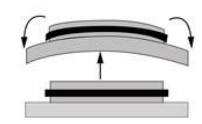
Haptuator
Tactile Labs

Actionneur piézo-électrique

Vibrations produites par déformation d'un matériel piézo-électrique.



ti.com



Avantages

haute fidélité

peu de délais, contrôle précis

contrôle de paramètres multiples

fréquence, forme d'onde, enveloppe, durée, amplitude, nombre de répétitions

sensations riches et naturelles

textures, tapement, etc.

Désavantages

prix

environ 200\$ pour un Haptuator

taille

beaucoup plus gros qu'un ERM ou LRA

Des vibrations peuvent être appliquées à l'aide...

d'un boîtier



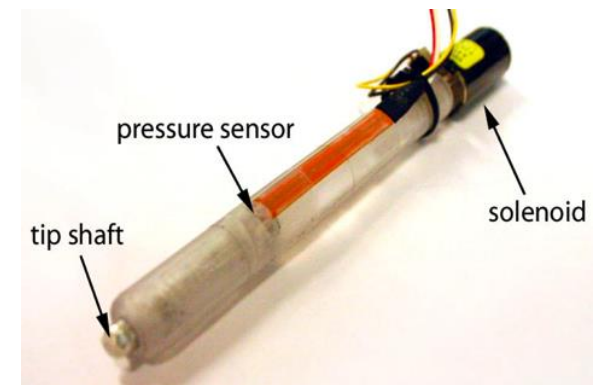
iFixit.com

d'un écran tactile



Poupyrev et al. (2002)

d'un crayon



Lee et al. (2004)

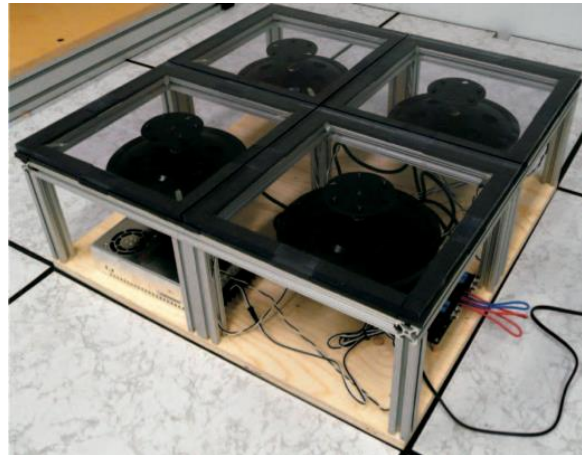
Des vibrations peuvent être appliquées à l'aide...

de chaussures



Nordahl et al. (2010)

du sol



Visell, Law and Cooperstock
(2009)

d'un banc



Magic Bench,
Disney Research

[YouTube](#)

Des vibrations peuvent être appliquées à l'aide...

de gants



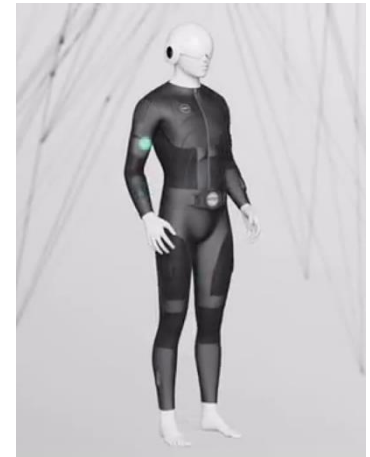
Petr Sovis et MCAE

d'un sac à dos



Subpac

d'un habit



Teslasuit

Magic Trackpad



Magic Trackpad

**Qu'est-ce qui
a changé?**



Magic Trackpad 2

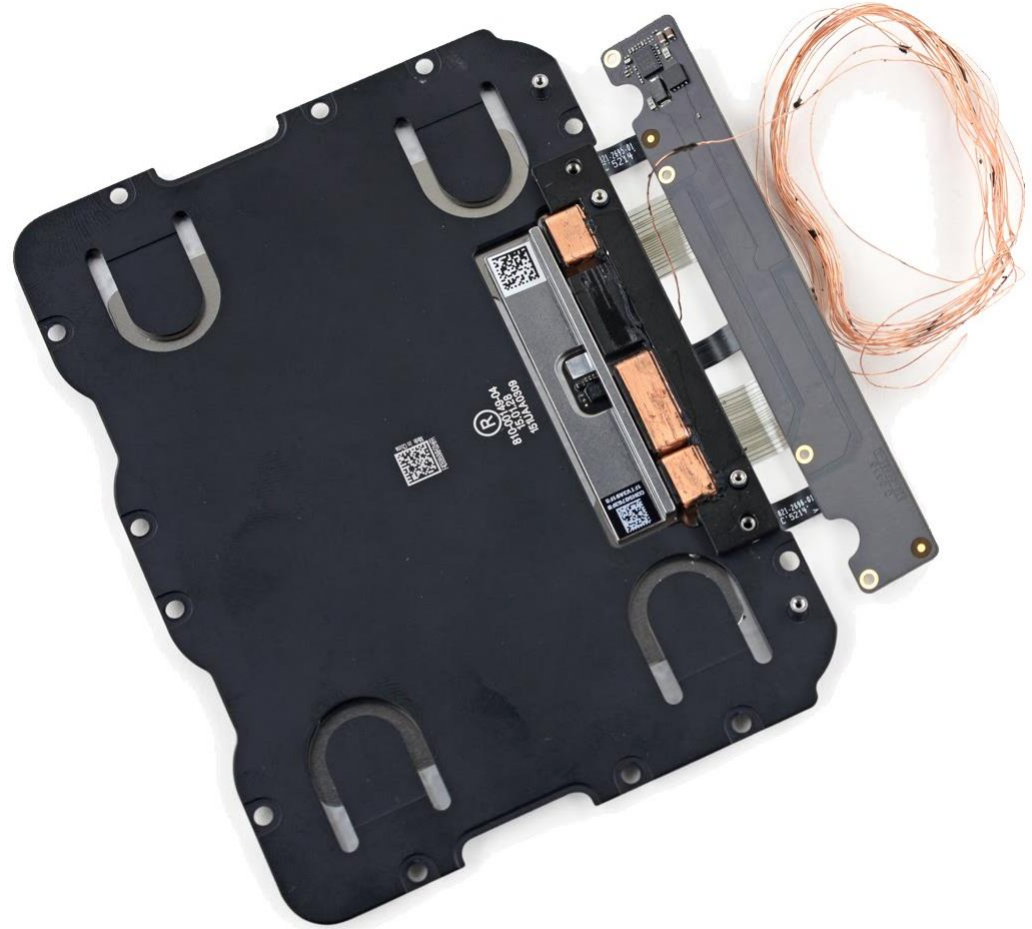
Magic Trackpad 2

Le clic mécanique a été remplacé par un **actionneur vibrotactile** et un **capteur de pression**
Pourquoi?



Avantages techniques

mouvement
taille
contraintes physiques
durabilité
étanchéité
etc.



Avantages UX



Clics programmables
deux niveaux de force
clik normal
force touch

Avantages UX

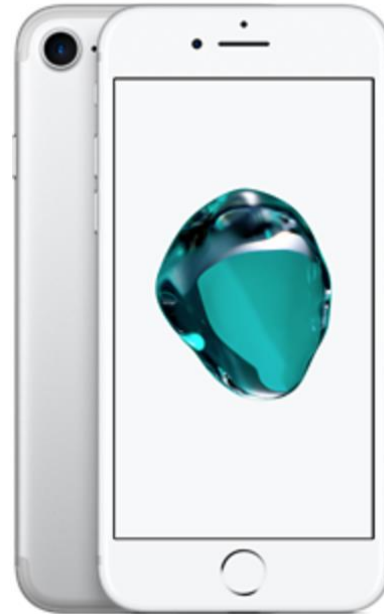


Clics programmables
vitesse de défilement variable
un clic par niveau – 2x, 5x, 10x, 30x, 60x

Le même principe est maintenant utilisé dans la plupart des produits de Apple.



Force Touch Trackpad

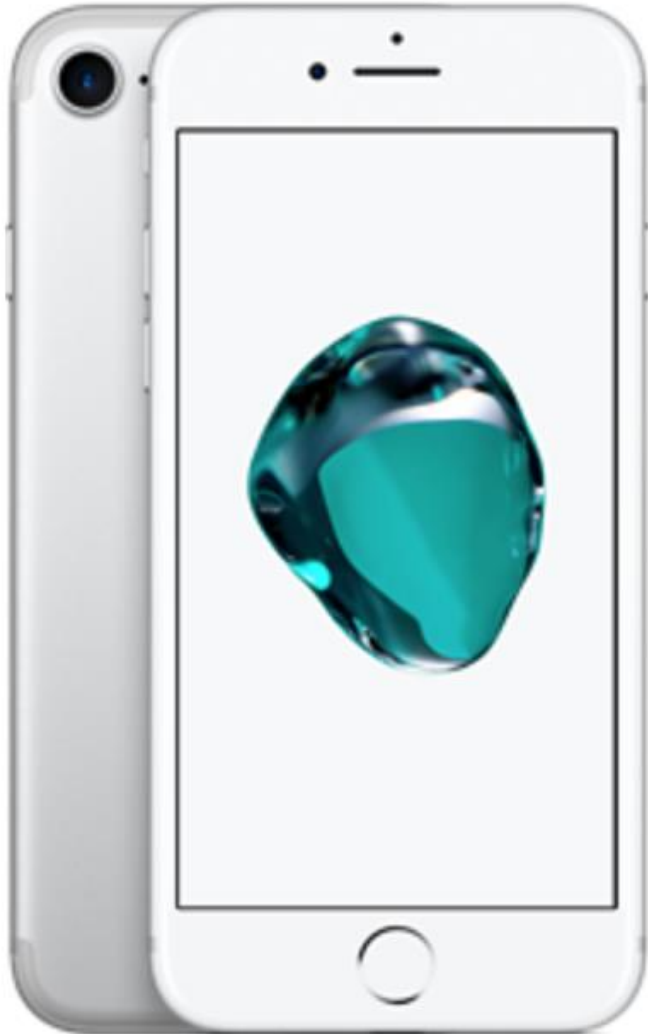


iPhone 7



Apple Watch

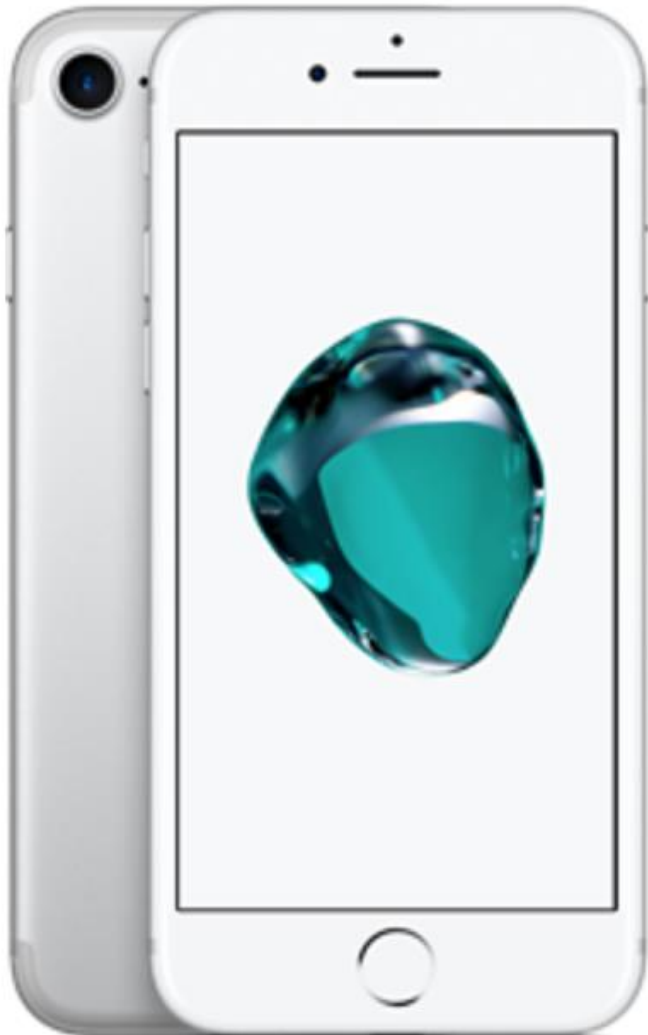
Bouton fixe du iPhone 7



Est-ce que le clic programmable du “home button” fonctionne aussi bien?

La vibration n'est pas perçue seulement sur le bouton, ce qui réduit l'efficacité de l'illusion.

Bouton fixe du iPhone 7



[...] with iPhone 7 you get a **broader, deeper, more sophisticated range of responses.**

Some of them are **delightfully subtle**: Spin through a date or time picker and you can feel a slight "tock" for each number. Thumb across alternate characters on the keyboard and you can feel a little "tick" for each accent.

Others **reaffirm the interface**. Try to zoom too close or swipe too far, and a small "knock" will inform your finger that you've reached a limit. It's not the "right" feeling and not an exact match to the perfectly visualized rubber banding effect iOS has had since launch, but, in context, you barely notice. The sensory input is in sync, and hence amplified, and you know exactly, unmistakably, what it means.

So, too, iMessage effects. If you've run the iOS 10 beta on a previous iPhone, you've seen the fireworks or lasers. But with iPhone 7, **you feel them**. The bursts or waves of light sizzle and rumble in your hand.

- Rene Ritchie, iMore

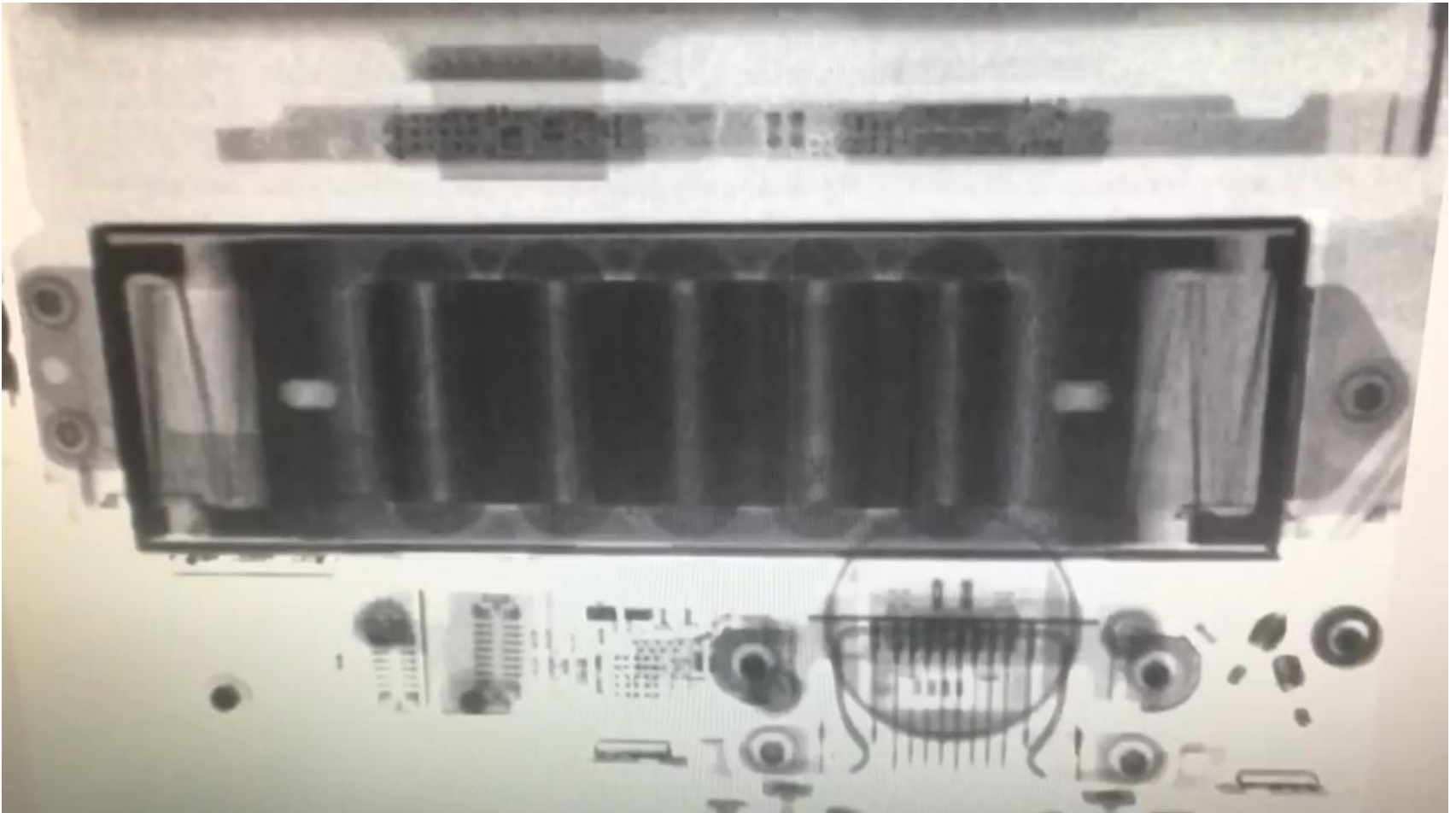
Espace alloué



iPhone 7

Taptic Engine (Apple)

[YouTube \(0:10\)](#)



Actionneur de qualité
Capable de basses fréquences
Rapide et précis

Oculus Touch

[YouTube \(0:41\)](#)



Feel Sleeve

[YouTube \(0:31\)](#)



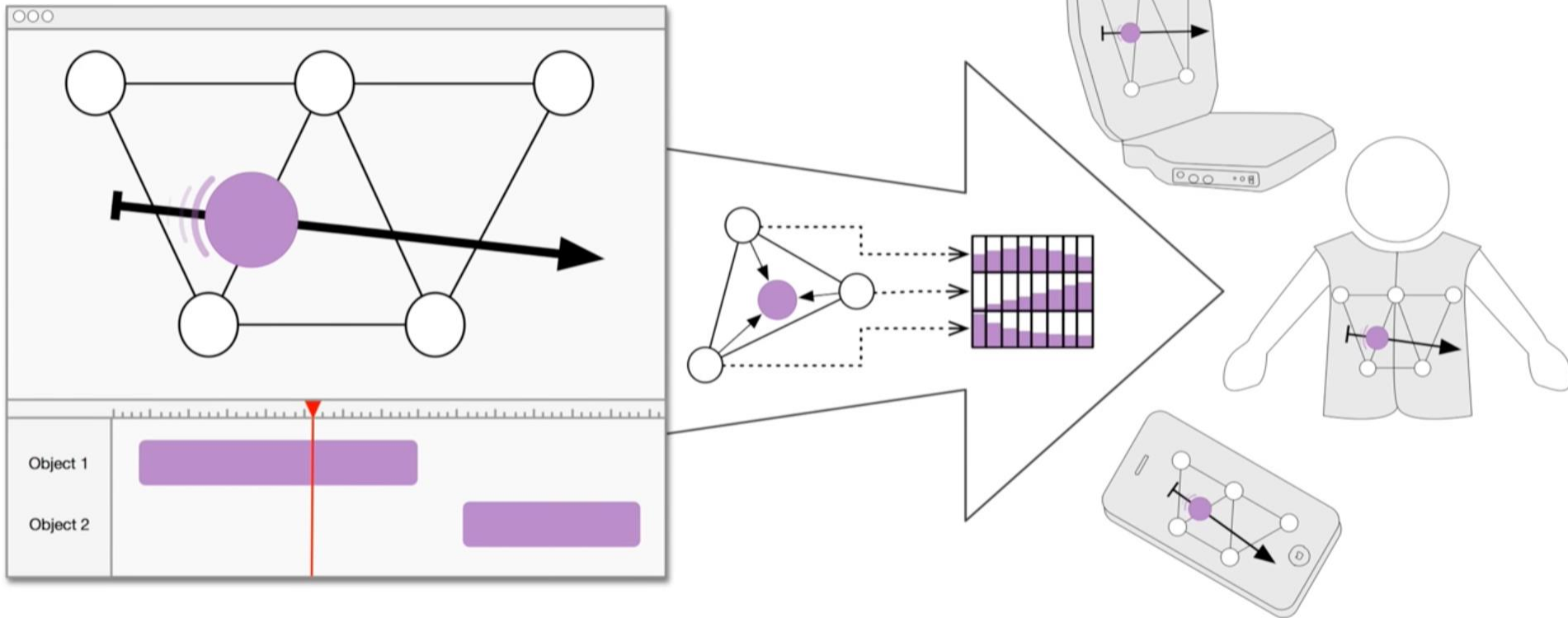
Surround Haptics

[YouTube \(3:03\)](#)



Animation Tactile

© Disney

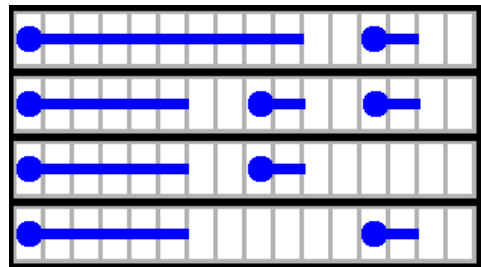
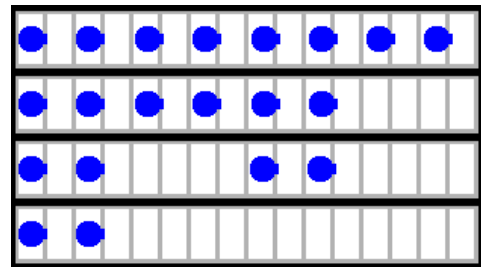
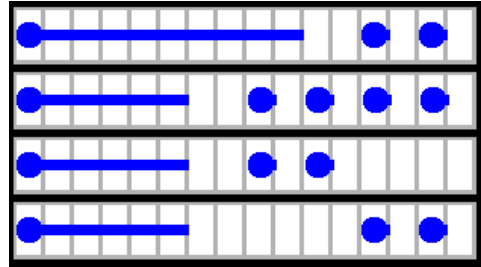
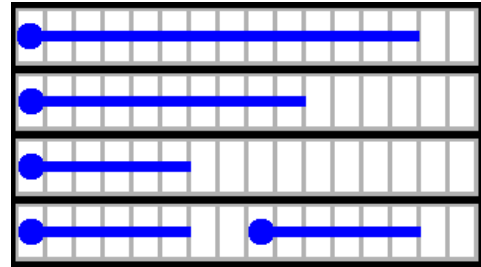
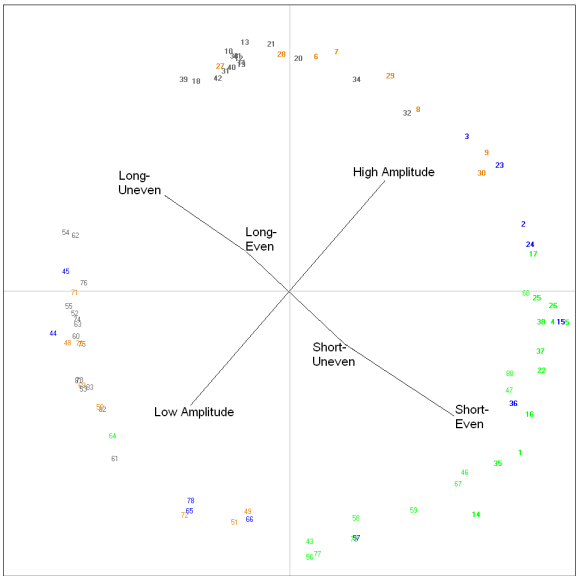


[YouTube](#)

Icônes Tactiles

Une **icône tactile**, tout comme une icône visuelle, est un stimulus tactile facilement identifiable et distinguable.

Il a été démontré que plus de **84 icônes tactiles** différenciables peuvent être créés par vibration en variant le **rythme**, l'**amplitude**, et la **fréquence**.



Icônes Tactiles sur Apple Watch

9 icônes tactiles différentes sont accessibles aux développeurs sur la Apple Watch. ([WKHapticType](#))



case `notification`

Alerts the user to an arrived notification when the Watch app is not running in the foreground.

case `directionUp`

Indicates an increase in a specific value or when a value has gone above a certain threshold. For example, you could use this feedback when adjusting the value of a thermostat.

case `directionDown`

Indicates a decrease in a specific value or when a value has gone below a certain threshold. For example, you could use this feedback when adjusting the value of a thermostat.

case `success`

Indicates the successful completion of a task or the answering of a question.

case `failure`

Indicates the failed completion of a task or answering of a question.

case `retry`

Indicates that the user should retry a task that temporarily failed.

case `start`

Indicates the beginning of an action. For example, a stopwatch app uses this haptic when the user starts the stopwatch.

case `stop`

Indicates the end of an action. For example, a stopwatch app uses this haptic when the user stops the stopwatch.

case `click`

Indicates a simple click type of feedback. Use this haptic to mark fixed points along a path. Space out the intervals at which you play the haptic rather than playing it several times in quick succession.

Les interfaces à retour de force



Les interfaces à retour d'effort tiennent leurs origines de la **téléopération**. Elles sont maintenant utilisées principalement dans le contexte de la **réalité virtuelle**.



Appareils commerciaux

Plusieurs interfaces haptiques à retour d'effort sont disponibles commercialement. Leur **prix** varie de dizaines de milliers de dollars à quelques centaines de dollars. Leur **fidélité** varie tout autant.



Geomagic
Phantom Premium



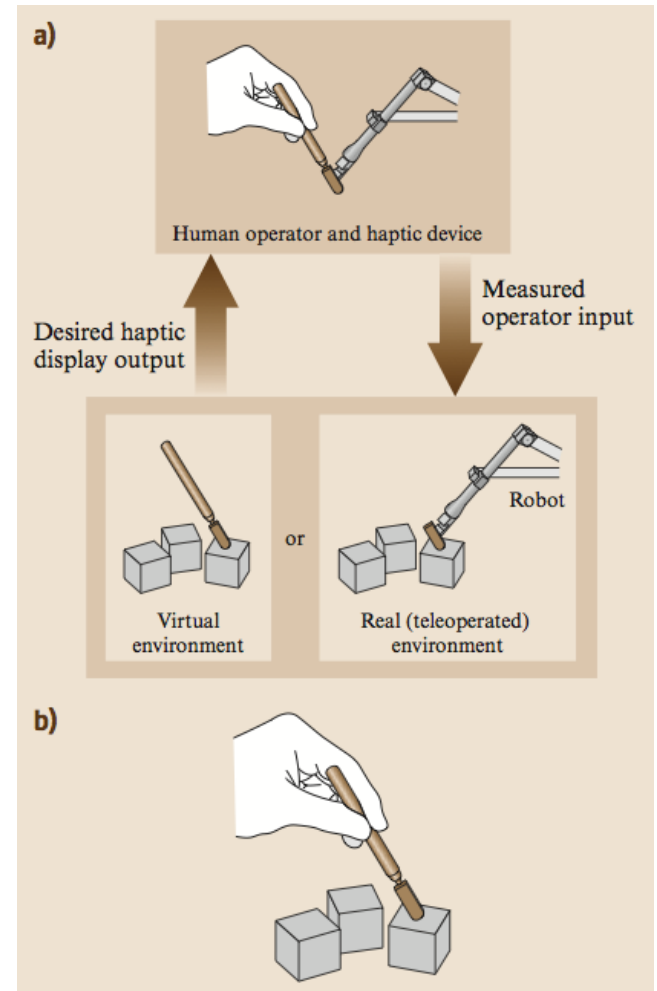
Geomagic Touch
[YouTube](#)



Novint Falcon

Le rendu haptique

La boucle haptique mesure les **déplacements** d'un objet manipulé par l'utilisateur et applique sur ces derniers des **forces** calculées selon l'interaction avec un **environnement** réel (téléopération) ou simulé (réalité virtuelle).



Hannaford & Okamura (2008)

Simulation physique

le contact

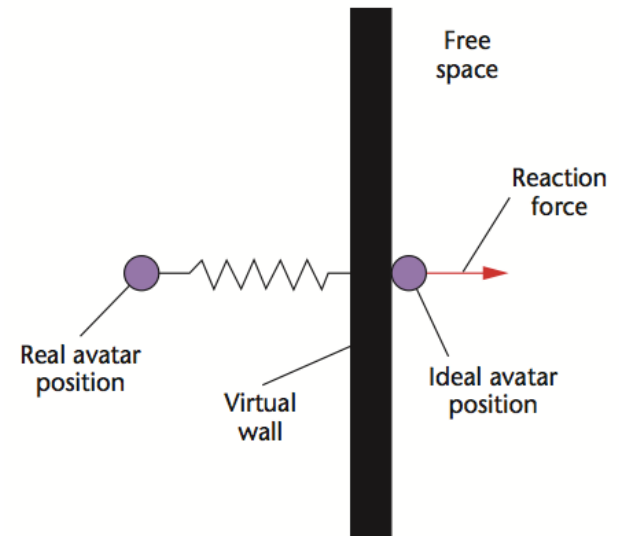
rigidité

simulé par un ressort

le frottement

texture, friction, adhérence

simulés selon des enregistrements ou principes physiques



Salisbury et al. (2004)

Qualités recherchées

Une interface à retour d'effort doit idéalement:
réagir à de **faibles déplacements** avec **grande force**
être **invisible** lorsque déplacée au repos
être **stable** (ne pas osciller ou perdre contrôle)
offrir un **grand espace** de travail

Plusieurs contraintes empêchent l'atteinte de ces objectifs: masse, rigidité des liens, résolution des senseurs, délais, etc.

- Les appareils existants ne sont donc **pas assez performant** pour simuler avec réalisme la plupart des phénomènes physiques!

Solutions partielles

Rafraichir les forces à **1 kHz** ou plus pour améliorer la stabilité.

Simuler des objets **déformables** pour éviter les problèmes de rigidité.

Utiliser la **vibration** pour simuler le contact avec un objet rigide.

Utiliser le renforcement **multimodal** pour ajouter au réalisme.

Degrés de liberté (DOF)

1 DOF



Haptic Knob
(UBC)

3 DOF



Delta
(Force Dimension)

5+ DOF



Dexmo
(Dexta Robotics)

Appareils spécialisés

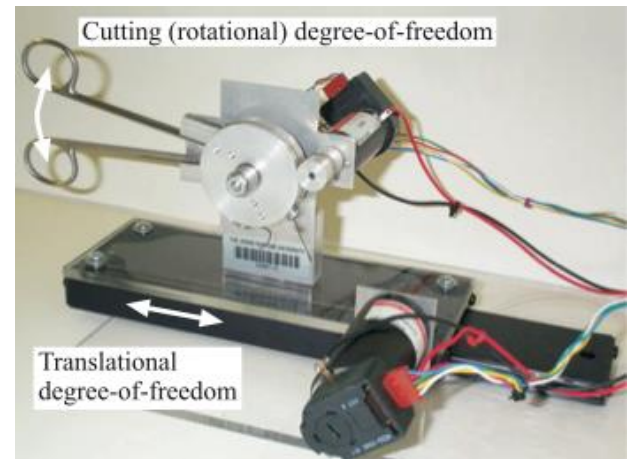
Des efforts sont toujours en cours pour **améliorer** les appareils à retour d'effort et pour les **adapter** à des applications spécifiques.



lévitation magnétique
Butterfly Haptics



simulation de mastication
Iwata et al. (2004)



ciseaux haptiques
Mahvash et al. (2008)

Appareils spécialisés

Des efforts sont toujours en cours pour **améliorer** les appareils à retour d'effort et pour les **adapter** à des applications spécifiques.

[YouTube \(4:00\)](#)



mouvement du centre de masse
Shifty, VR 2017

[YouTube \(1:01\)](#)



prise en main
Wolverine, IROS 2016

Applications

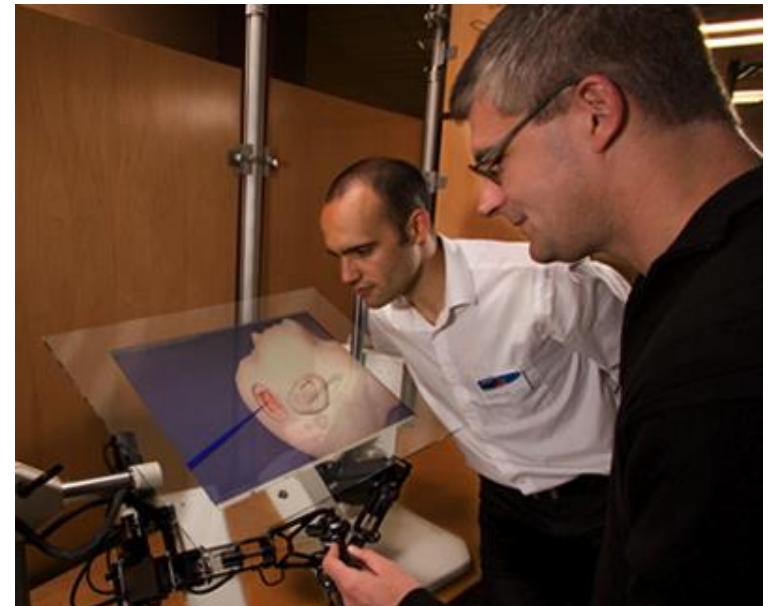
Les interfaces à retour d'effort peuvent être utilisées pour **simuler** des procédures chirurgicales et ainsi permettre aux chirurgiens de **s'entraîner** sans risque pour le patient ou de **répéter** une opération avec des données spécifiques au patient.



procédures endovasculaires
(CAE Santé)



laparoscopie
(CAE Santé)



chirurgie au cerveau
(Institut des matériaux industriels du CNRC)

Applications

Les interfaces à retour d'effort sont aussi utilisées pour les **jeux vidéos...**



Novint Falcon

Applications

Les interfaces à retour d'effort sont aussi utilisées pour la **modélisation 3D** et le **prototypage virtuel...**



Applications

Les interfaces à retour haptique sont parfois **très spécialisées**, par exemple pour le prototypage virtuel d'un réfrigérateur...

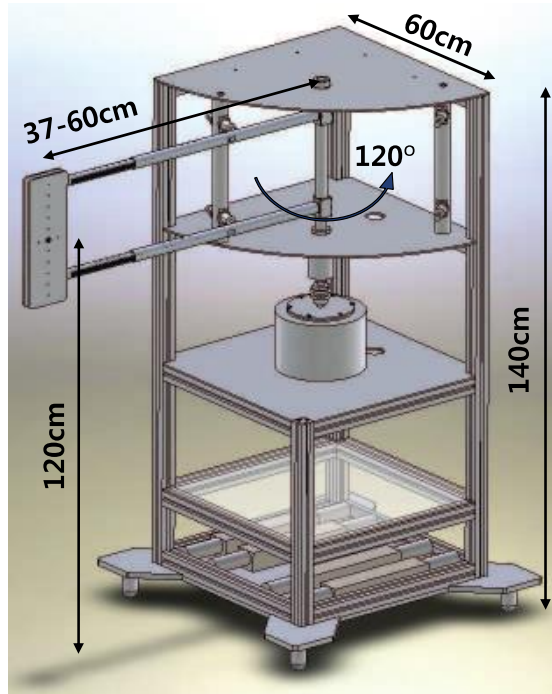


Figure 3: CAD model of our 1-DoF haptic interface.

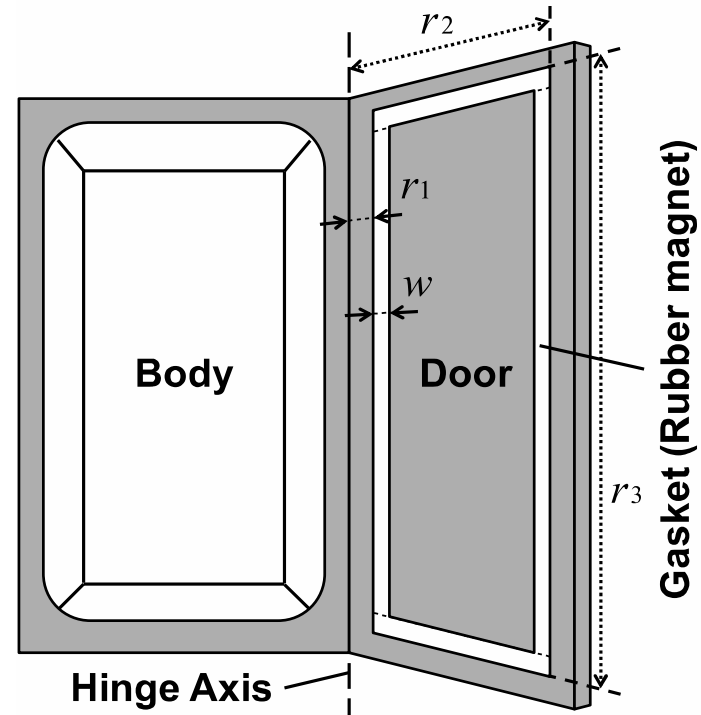


Figure 6: Structure of the refrigerator

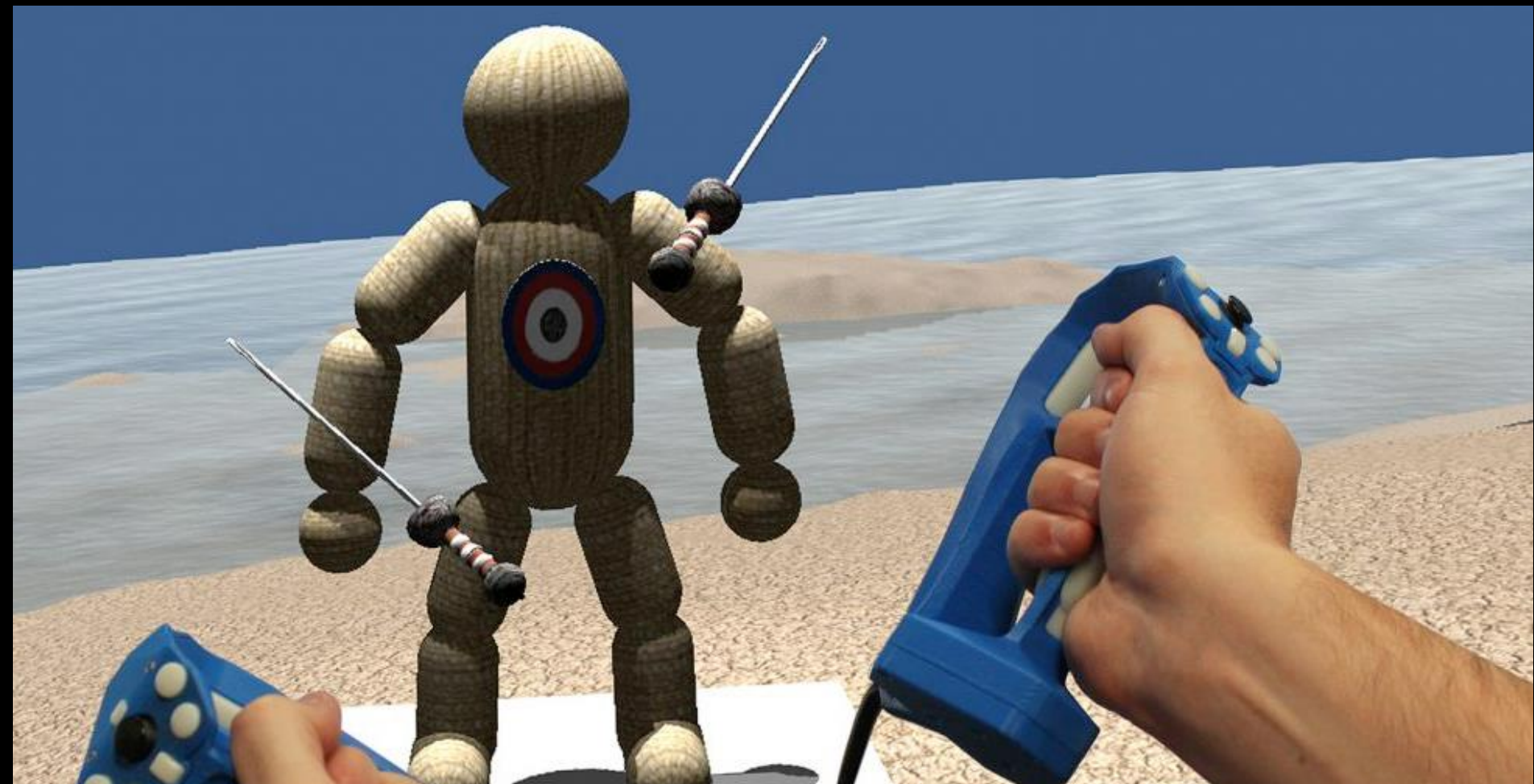
(Shin et al., HAPTICS'12)

Applications

A photograph of a cinema auditorium showing rows of red seats. The seats are arranged in a tiered fashion, and each seat has a black headrest with the text 'RESERVED DBOX' printed on it. The seats have armrests with cup holders. The background shows the dark walls and ceiling of the theater.

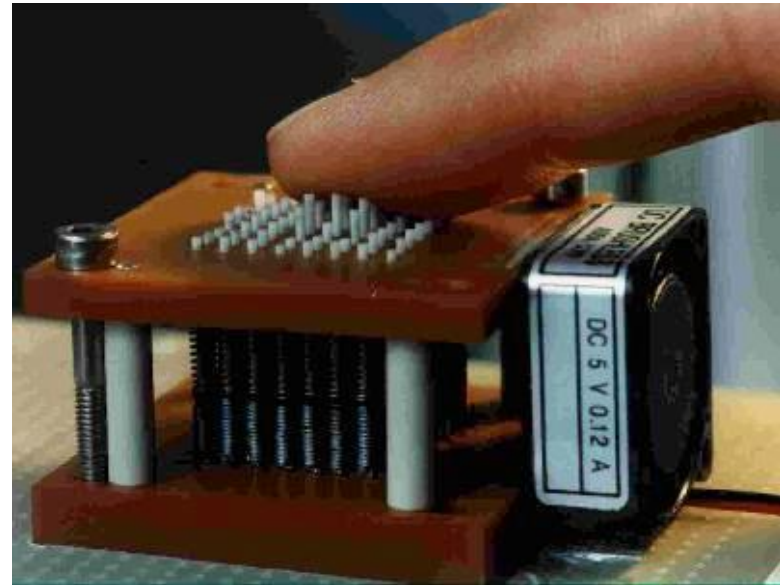
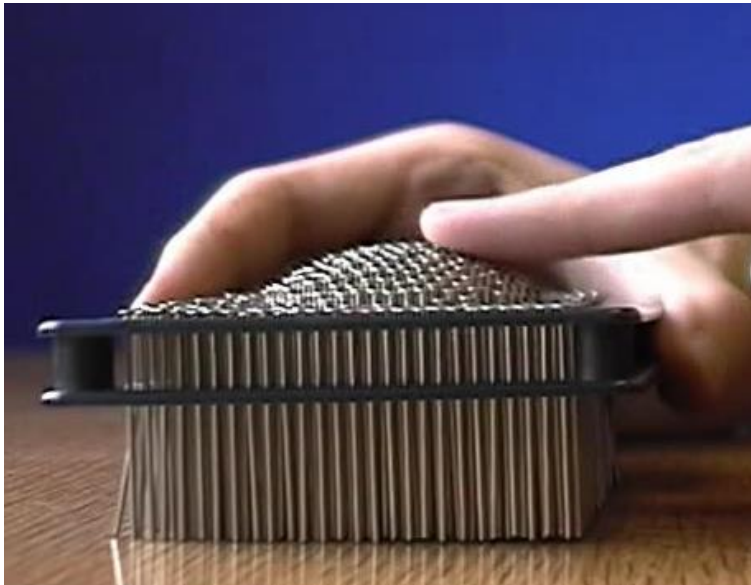
**Sièges actuels
pour cinéma**

Les interfaces émergentes



Les afficheurs tactiles

Les afficheurs tactiles distribués tentent généralement d'**approximer une surface** à l'aide d'une **matrice de points**.



Les afficheurs de Braille

L'**afficheur braille rafraîchissable** est le seul afficheur tactile ayant connu un succès commercial. Plusieurs appareils tactiles utilisent une technologie similaire.

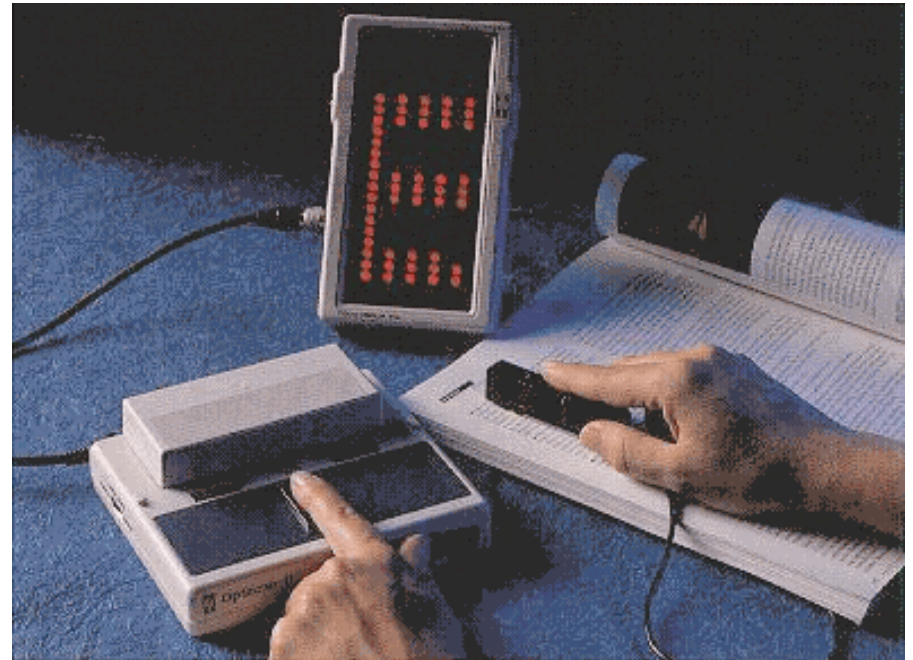


L'Optacon

L'Optacon est un afficheur tactile qui reproduit l'image capturée par une **camera** à l'aide d'une matrice de **24 x 6 points vibrant à 250 Hz**.

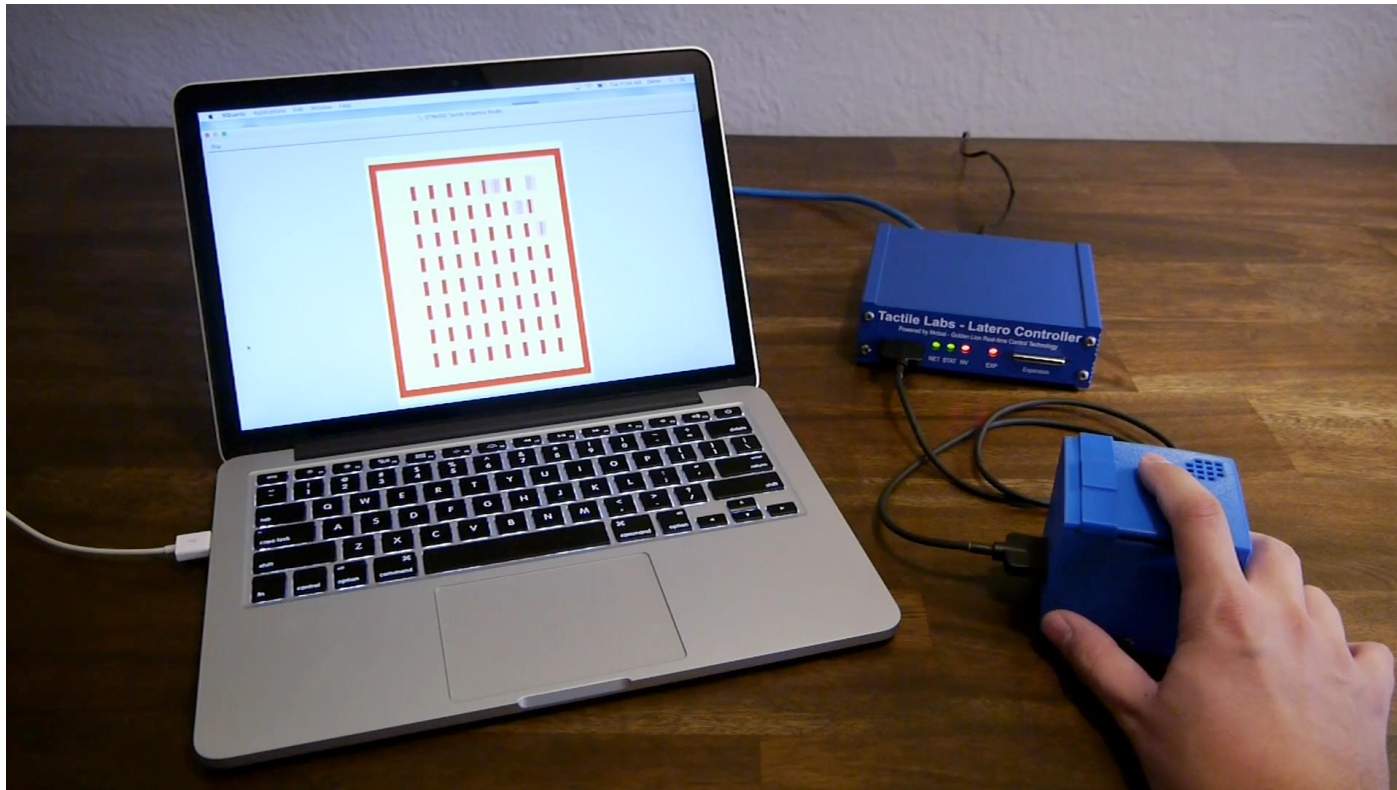
Il a été **commercialisé** de 1970 à 1996 comme aide à la **lecture** pour personnes non-voyantes.

L'Optacon est un exemple de **substitution sensorielle**.



Les afficheurs laterotactiles

Le **Latero** est un afficheur tactile qui utilise une matrice de **8 x 8 points** se déplaçant latéralement. Il stimule donc le toucher par **étirement latéral de la peau**.



Les afficheurs électrotactiles



Les afficheurs électrotactiles stimulent les récepteurs tactiles en appliquant un **courant électrique** sur la peau.

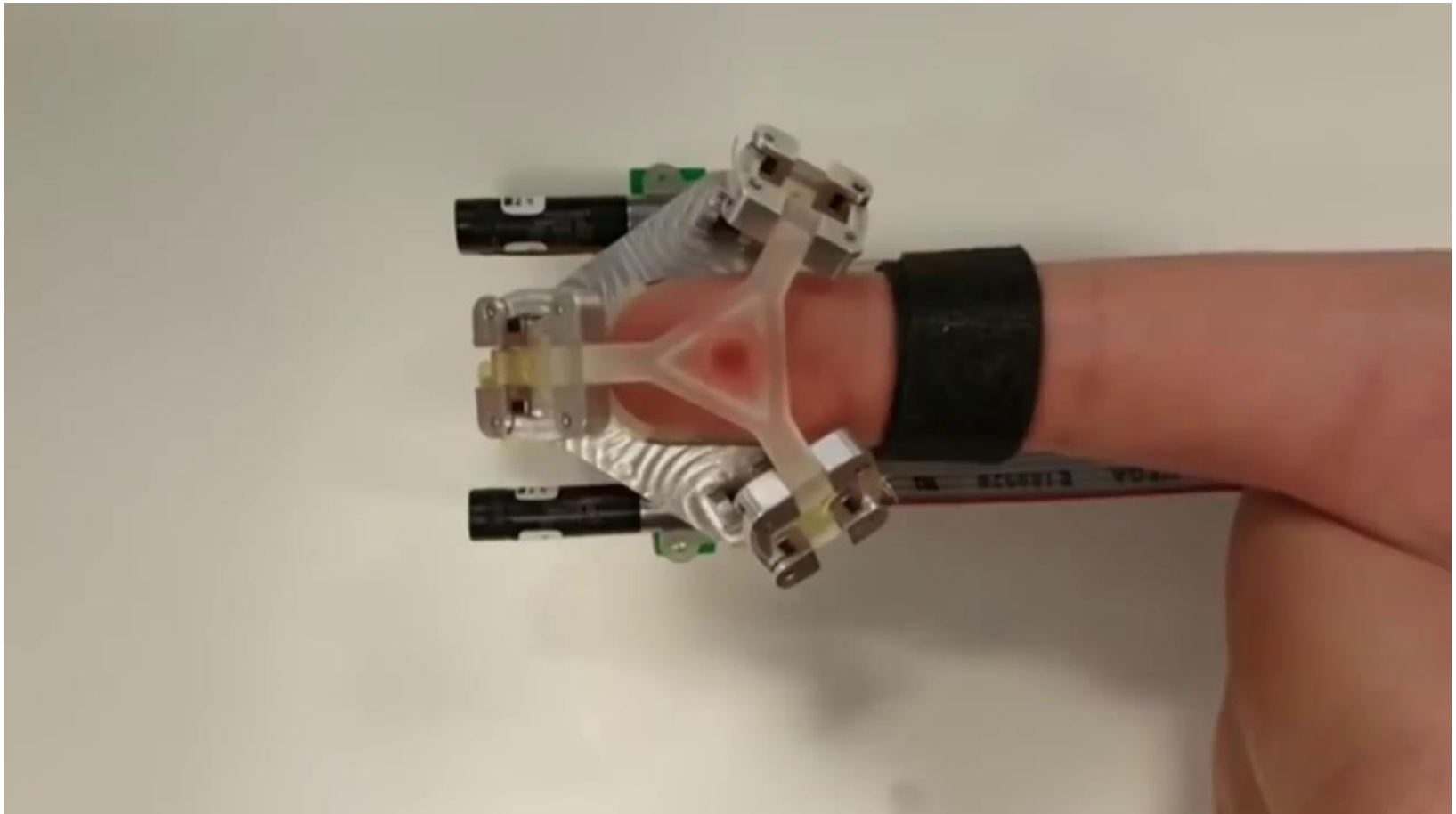
NormalTouch et TextureTouch

[YouTube \(3:34\)](#)



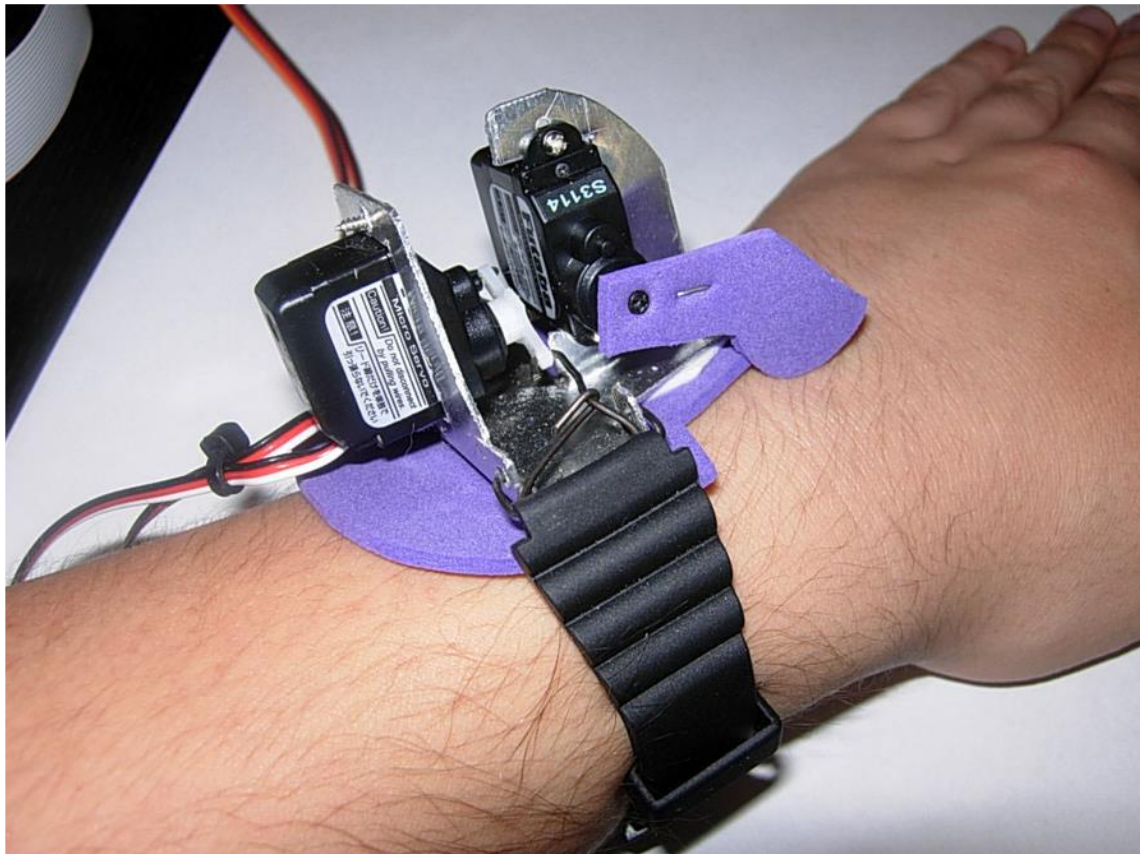
Point de contact

Il existe plusieurs autres types d'interface haptiques, pour la plupart au stade expérimental. Par exemple... [YouTube \(0:30\)](#)



Toucher humain

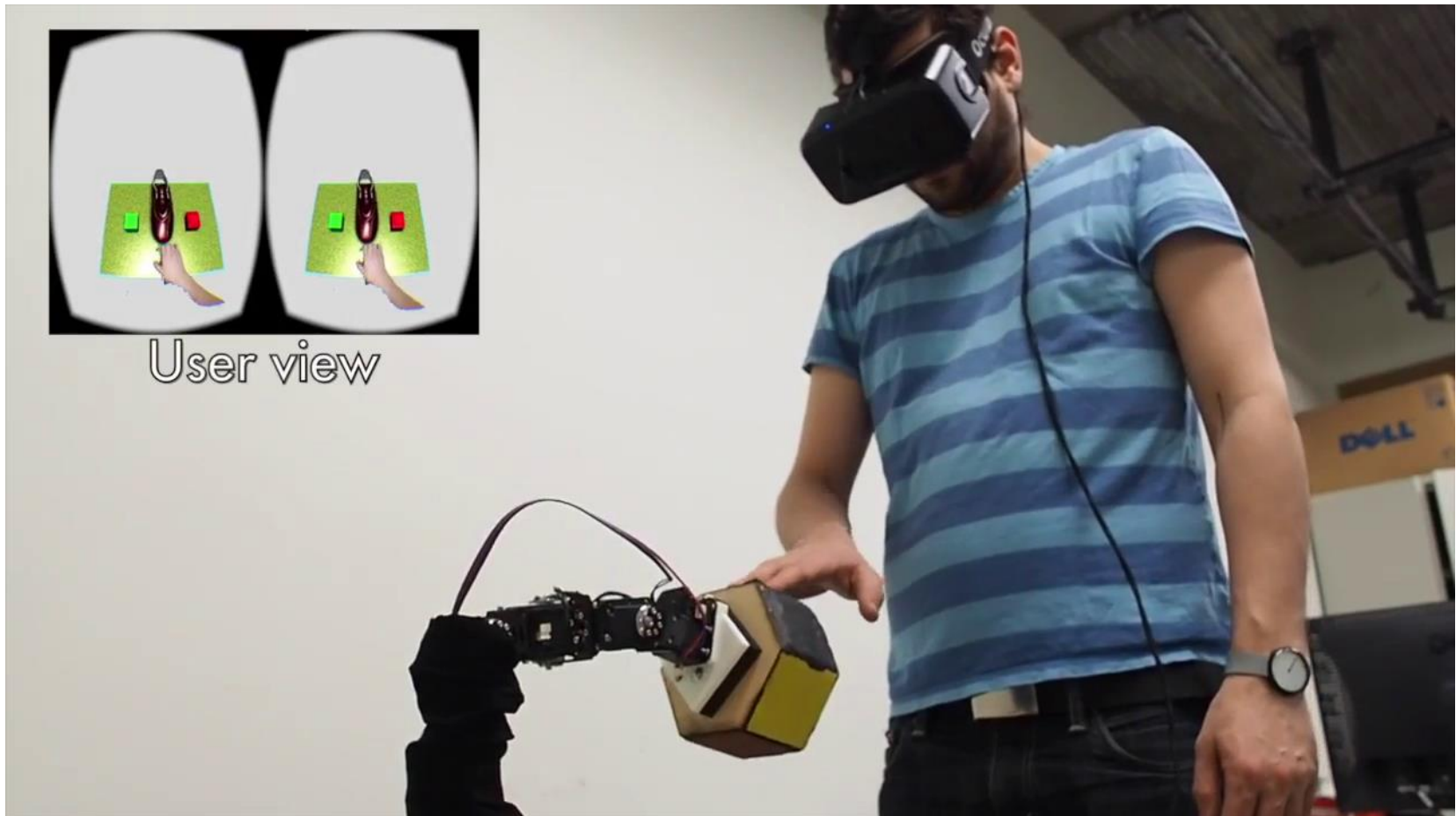
ServoSqueeze et ServoTap répliquent les communications humaines par le toucher: serrer le bras ou taper contre lui.



Positionnement

Certaines interfaces placent un objet devant le doigt, par exemple une surface ou un bouton.

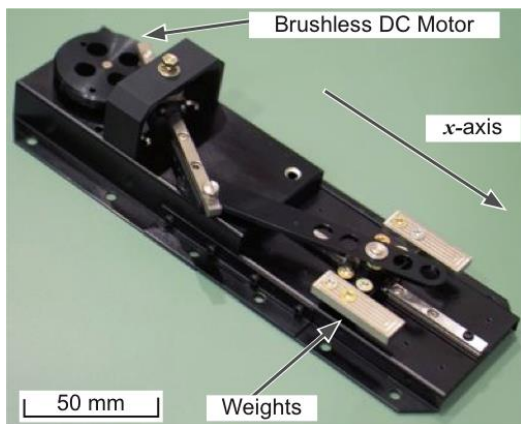
[YouTube \(2:53\)](#)



Forces sans ancrage

Le Buru-Navi applique des forces sans ancrage en utilisant un **mouvement asymétrique**.

[YouTube](#)



Étirement de la peau

La peau peut être étirée dans une direction...

[YouTube](#)



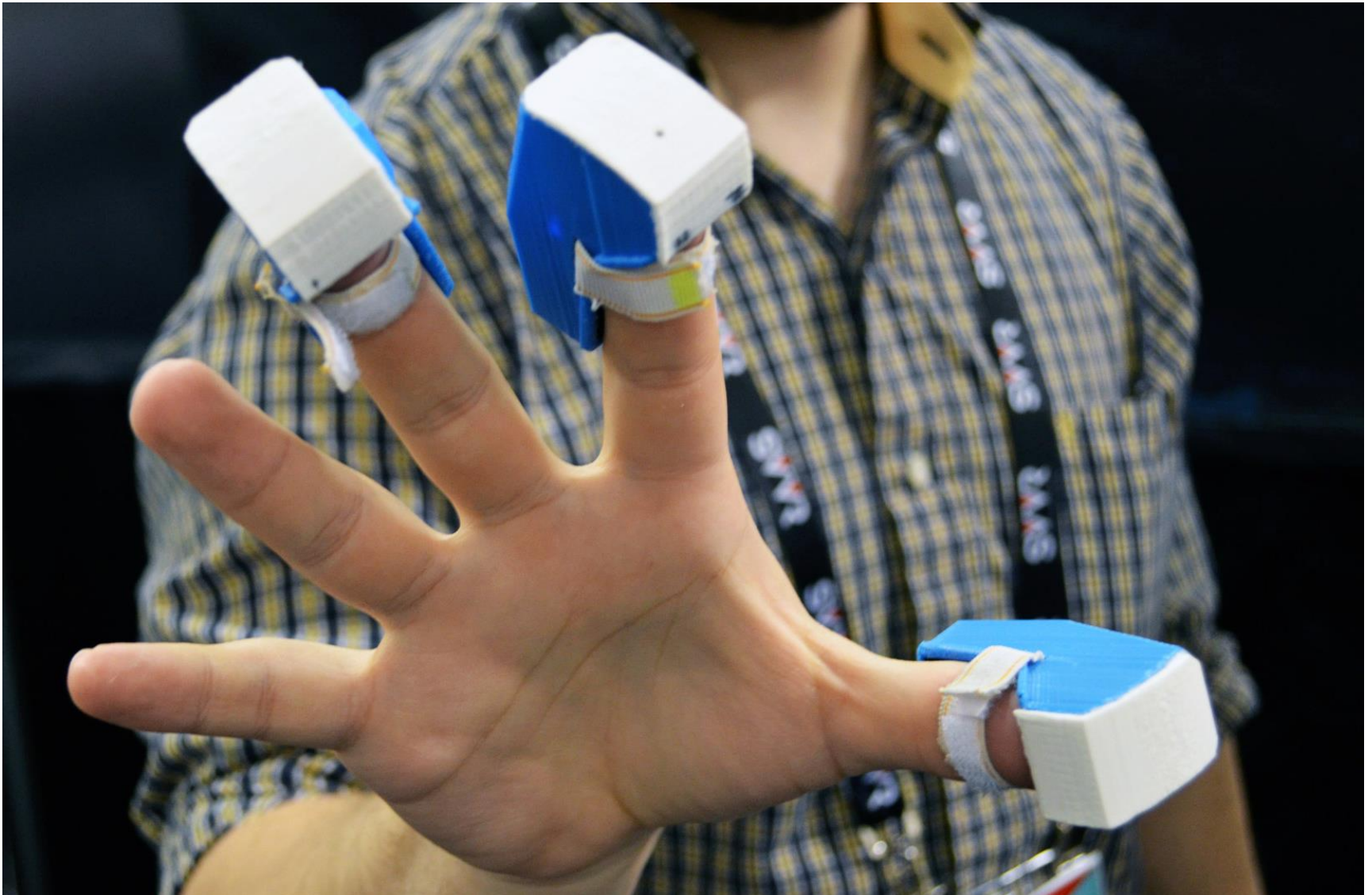
Haptics & Embedded Mechatronics Lab,
University of Utah



Tactical Haptics

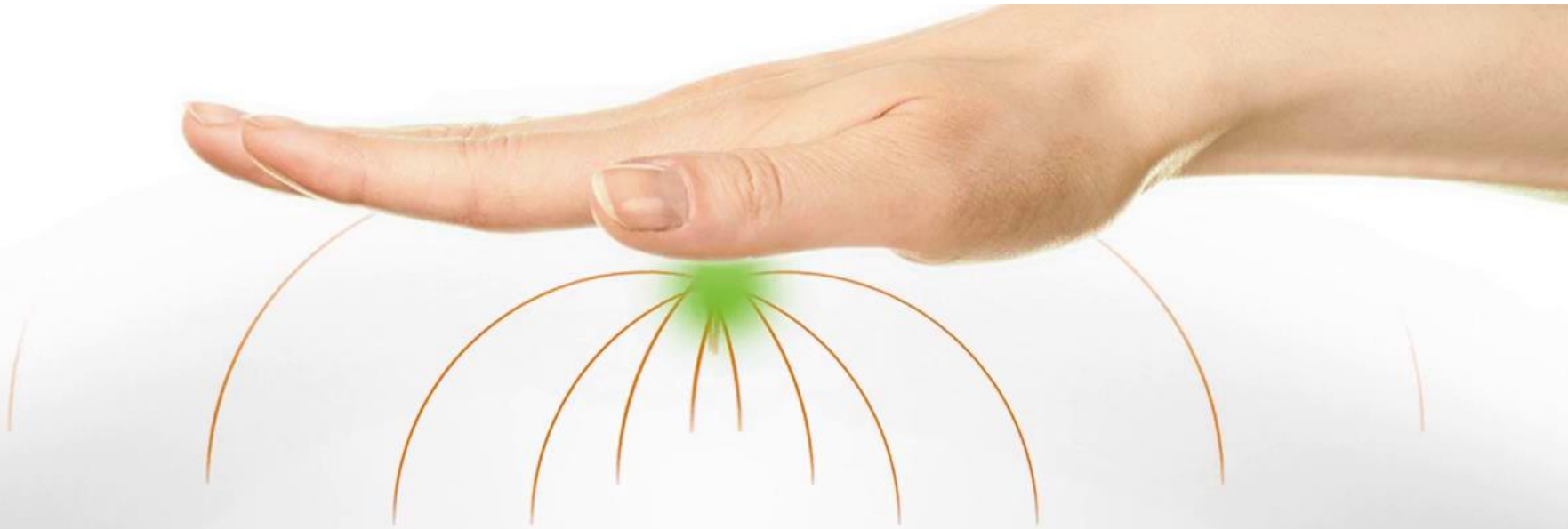
Contact avec le doigt

[YouTube \(0:30\)](#)



Haptique sans contact

Des forces peuvent aussi être appliquées par **ultrason**...



Haptique sans contact

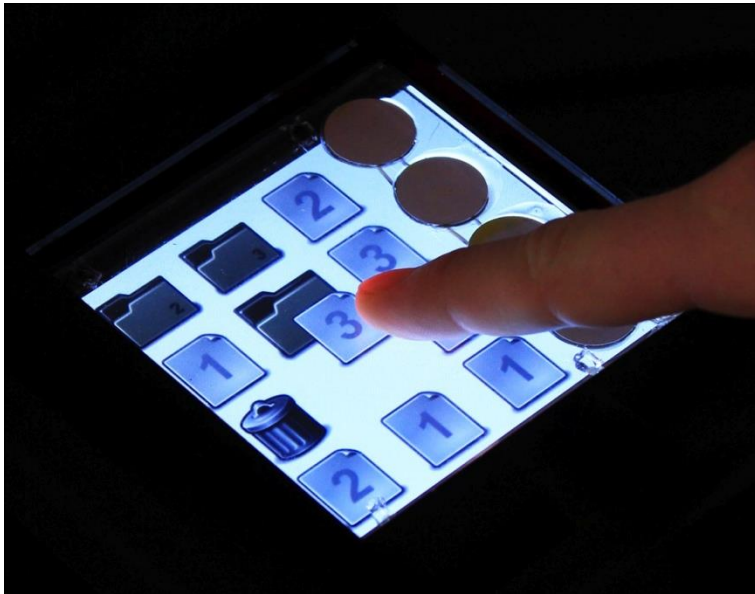
... ou par **jets d'air**.

[YouTube \(4:02\)](#)

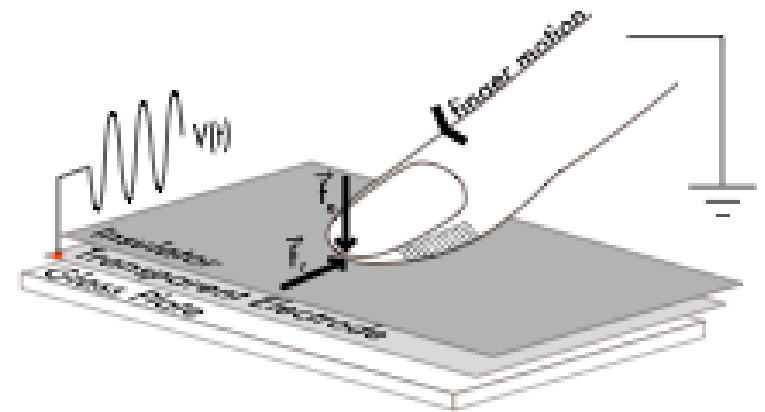


L'haptique de surface

Des sensations tactiles peuvent aussi être produites sur des **écrans tactiles** en utilisant différents principes.



friction programmable
Levesque et al. (2011)



electrovibration (TeslaTouch)
Bau et al. (2010)

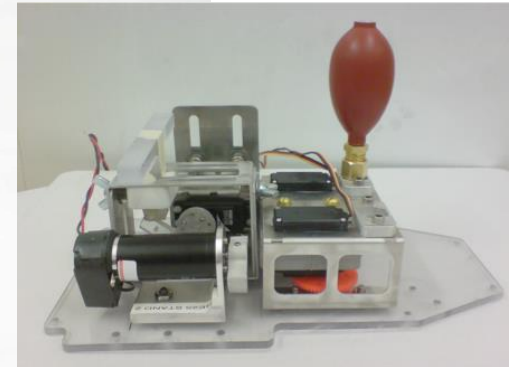
Réalité augmentée haptique

[YouTube \(3:51\)](#)



Haptique affective

La « créature haptique » permet d'expérimenter avec les propriétés affectives de l'haptique.



Objet réel

Dans certains cas, on peut utiliser un objet comme interface...



[YouTube \(0:28\)](#)



Annexing Reality, CHI'16

Actuation Humaine

[YouTube \(3:00\)](#)



Actuation Humaine

[YouTube \(5:58\)](#)



Haptic Turk
a motion platform based on people

Stimulation Musculaire

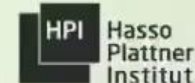
[YouTube \(0:30\)](#)

Impacto

Simulating Physical Impact by Combining
Tactile with Electrical Muscle Stimulation



Pedro Lopes, Alexandra Ion, and Patrick Baudisch



Stimulation Musculaire

[YouTube \(0:30\)](#)
[YouTube \(2:19\)](#)

providing haptics to walls
and other heavy objects
in virtual reality using
electrical muscle stimulation



HPI

Pedro Lopes, Sijing You, Lung-Pan Cheng,
Sebastian Marwecki and Patrick Baudisch

Stimulation Musculaire

[YouTube \(2:12\)](#)

ad infinitum
a parasitical being that lives off human energy

