

Master 2 IVI

NIHM

Haptique

L'Haptique



ἅπτεσθαι : toucher, manipuler

ἅπτικός : sens du toucher

Applications grand public



Téléphone portable

- Discrétion
- Accessibilité

Applications grand public



Jeux

- Immersion
- Fun
- Réalisme



Applications spécialisées



Téléopérations

- Précision
- Spacialisation

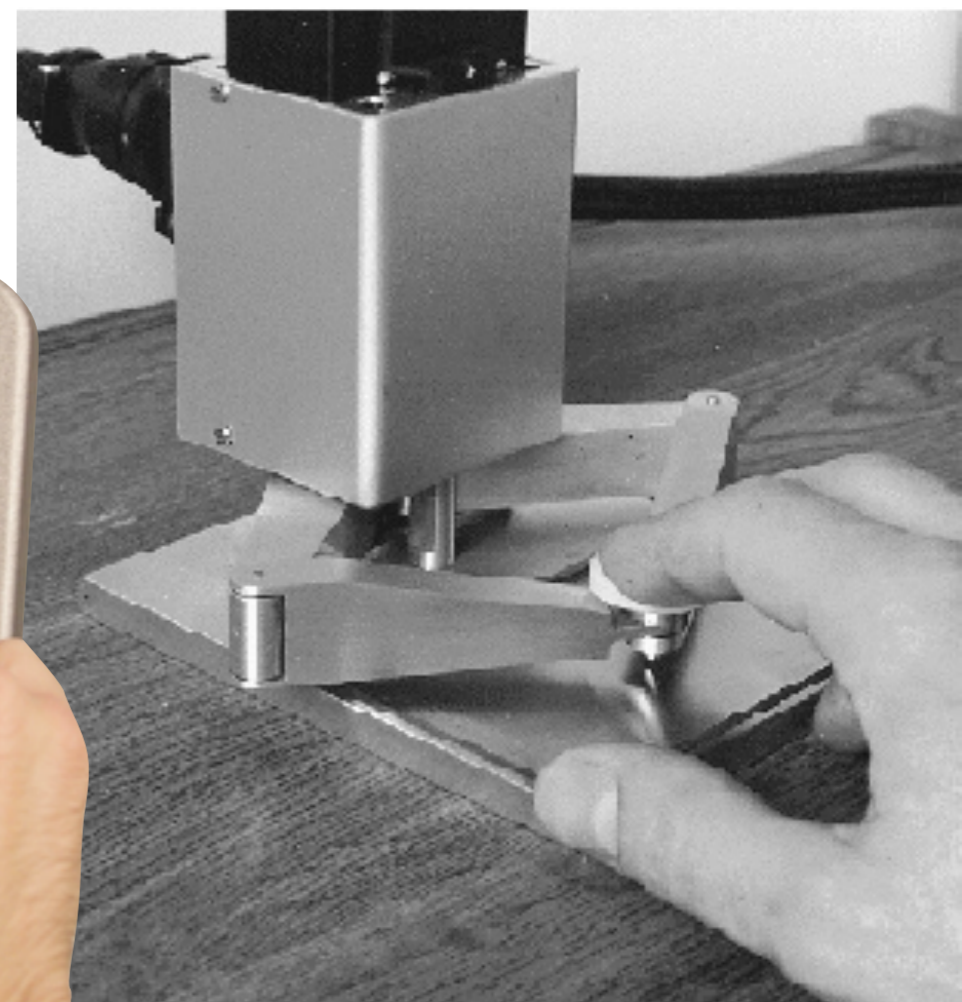
Applications spécialisées



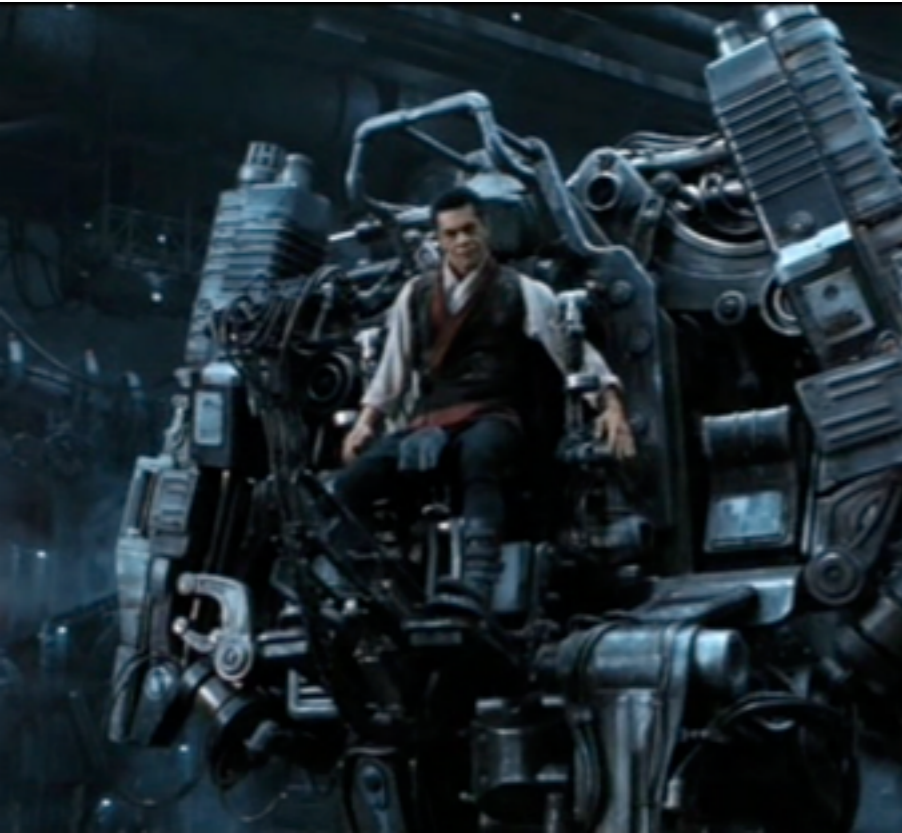
Simulations

- Entraînement
- Prototypage

Recherche



Science Fiction



Avantages

- ➡ Parallèle aux autres sorties (vue, audition, ...)
- ➡ Parallèle aux autres actions (parole, écoute, ...)
- ➡ Sens sous-utilisé pour le moment

Définitions

Haptique

Relatif au sens du toucher

Ian Oakley, Marilyn Rose McGee, Stephen A. Brewster, Philip D. Gray
Putting the feel in 'look and feel'. CHI 2000: 415-422

Définitions

Proprioceptif

Relatif aux sensations sensorielles sur l'état du corps

- Cutanées,
- Kinesthésiques
- Vestibulaires

Ian Oakley, Marilyn Rose McGee, Stephen A. Brewster, Philip D. Gray
Putting the feel in 'look and feel'. CHI 2000: 415-422

Définitions

Cutané

Afférent à la peau elle-même ou à la peau en tant qu'organe sensoriel. Ceci inclut les sensations de pression, de température et de douleur.

Définitions

Tactile

Afférent au sens cutané, mais plus spécifiquement à la sensation de pression que de température ou de douleur.

Définitions



Kinesthésique

Sensation du mouvement. Relatif aux sensations issues des muscles, des tendons et des articulations

Ian Oakley, Marilyn Rose McGee, Stephen A. Brewster, Philip D. Gray
Putting the feel in 'look and feel'. CHI 2000: 415-422

Définitions

Retour de force (ou d'effort)

Relatif à la production mécanique d'information ressentie par le système kinesthésique humain.

Définitions

Vestibulaire

Afférent à la perception de la position, l'accélération et la décélération de la tête.

Définitions

Haptique passive

Propriétés haptiques des objets physiques.

⇒ *Interaction tangible*

Haptique active

Propriétés haptiques générées par un périphérique haptique à partir d'actuateurs et de logiciel.

⇒ *Interaction haptique*

Définitions

Modalité ou technique d'interaction

Couple $\langle p, L \rangle$

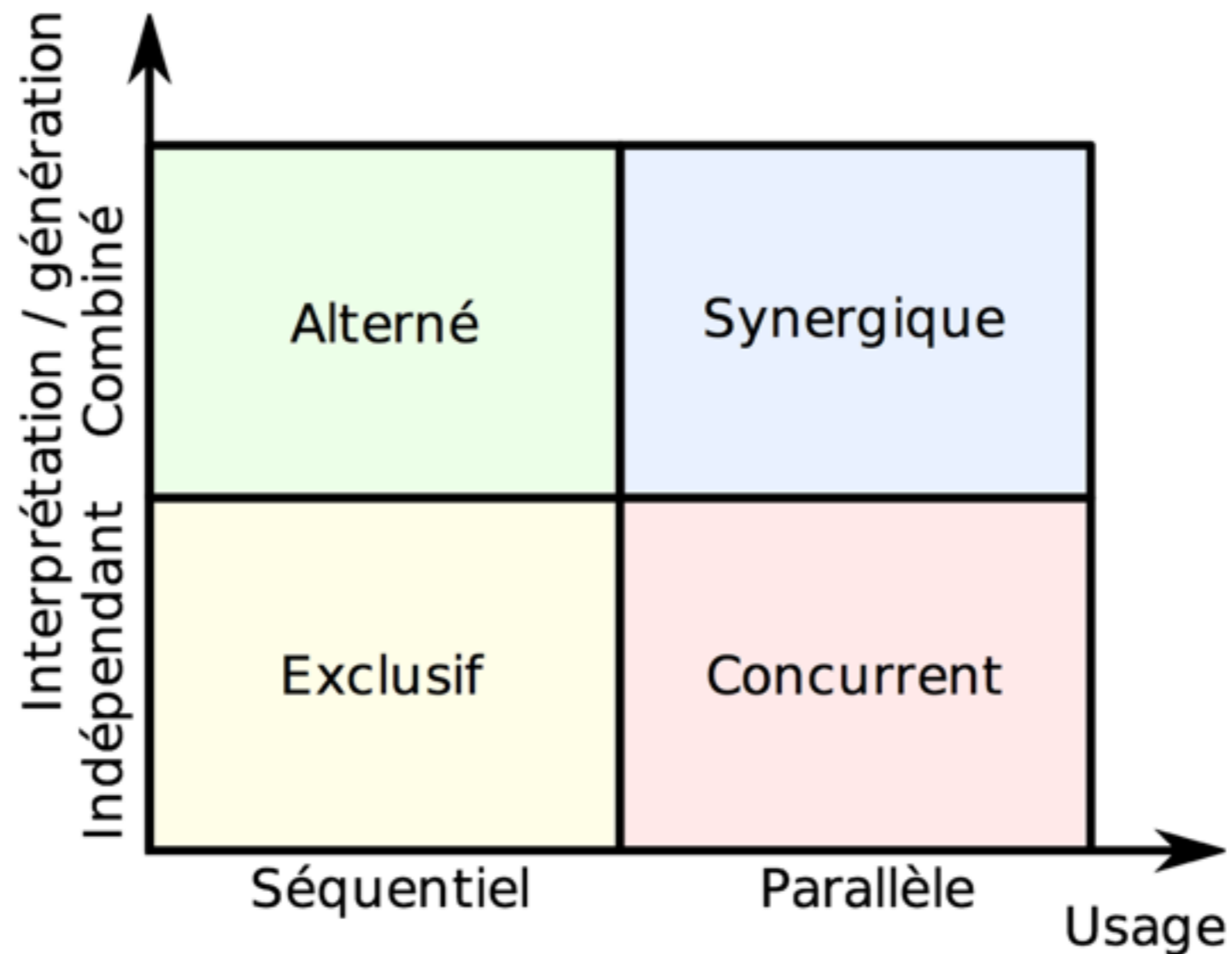
- Périphérique p
- Langage d'interaction L

Laurence Nigay et Joëlle Coutaz

A Generic Platform for Addressing the Multimodal Challenge, CHI '95, 98–105

Multimodalité

Modèle CASE



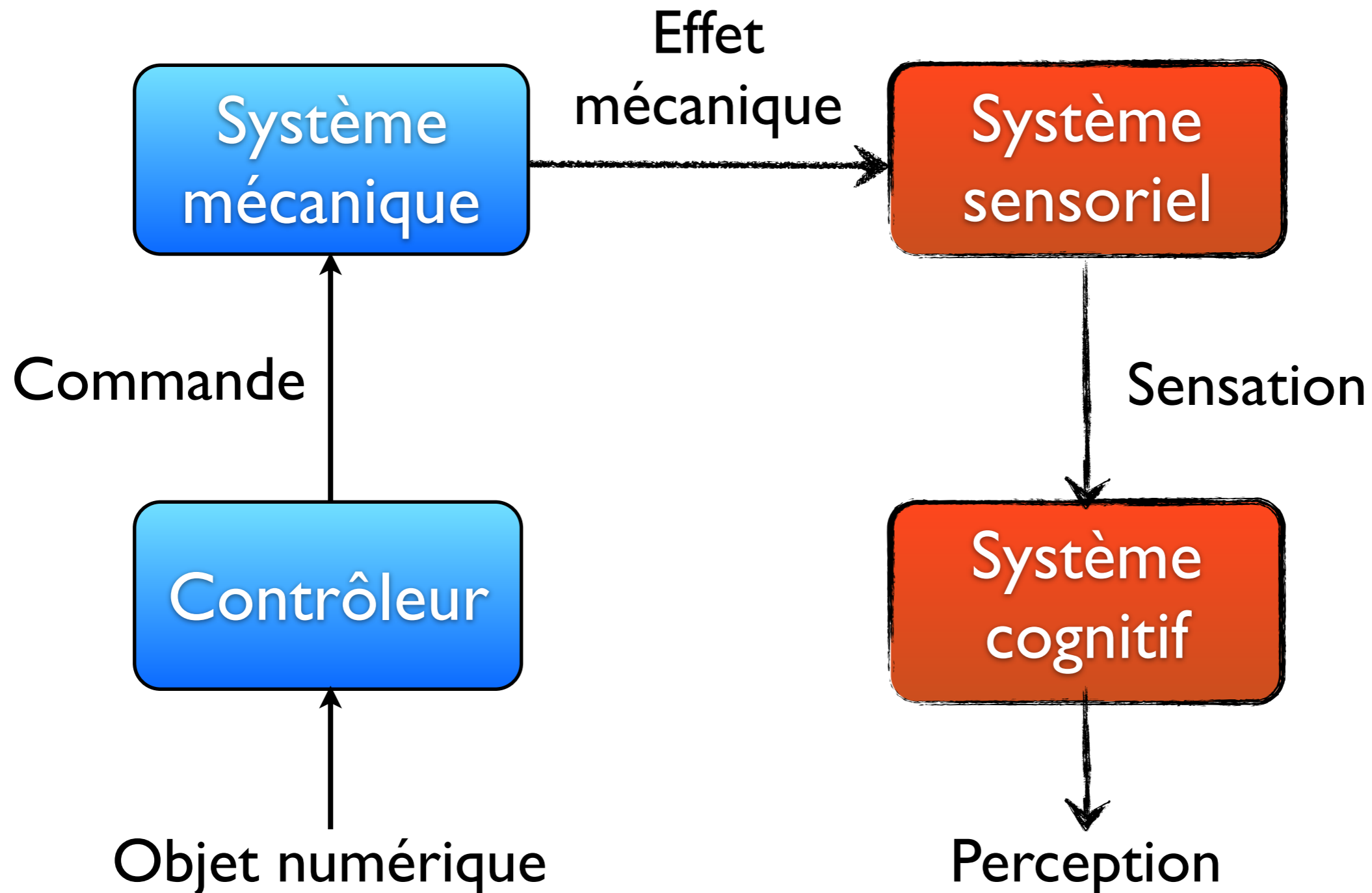
Jean CAELEN

10 ans de recherche... en multimodalités.

Colloque sur les Interfaces Multimodales, IRIT, Toulouse, France, 2000.

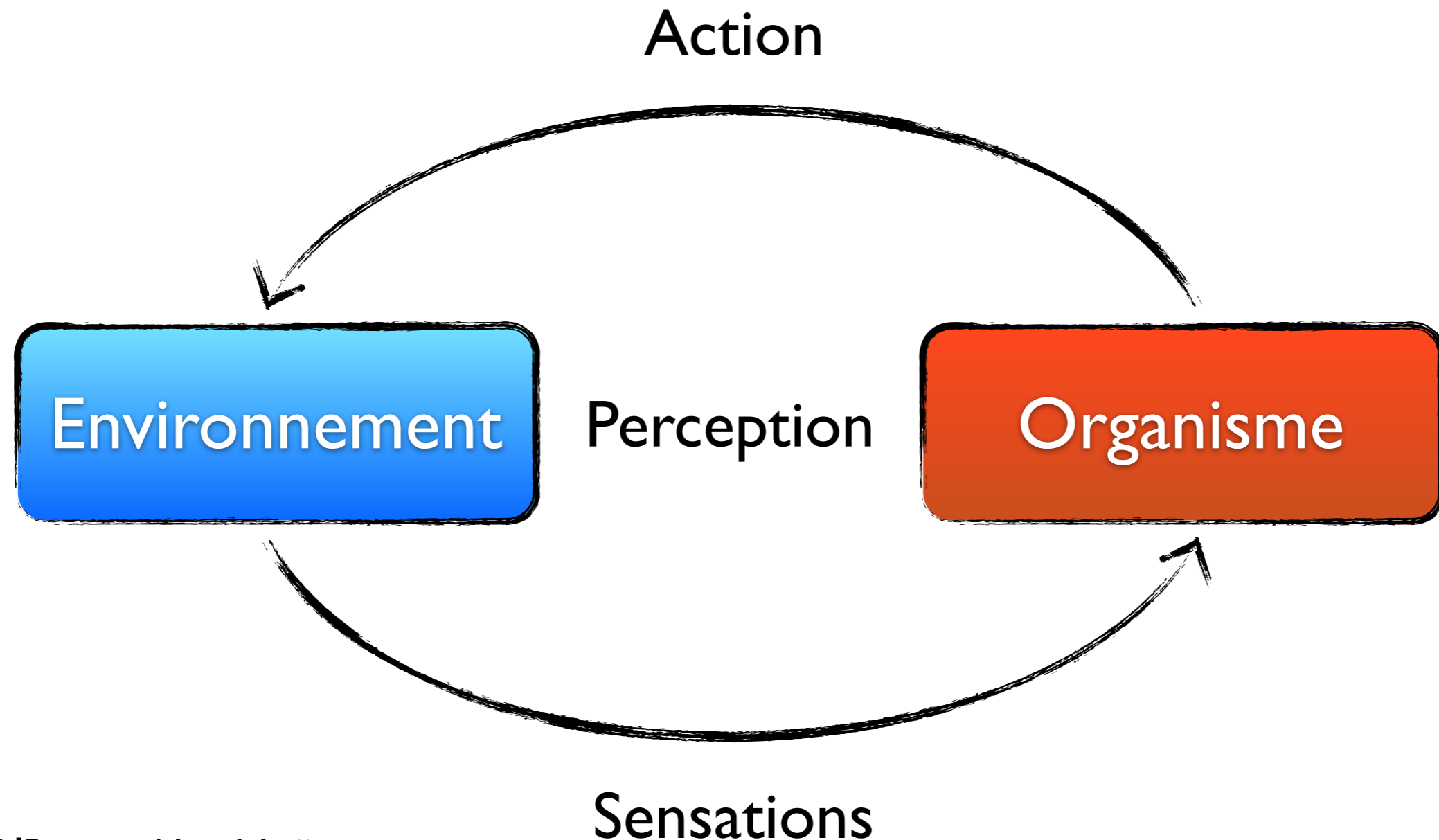
Chaîne haptique

Vision techno-centrée



Boucle sensorimotrice

Vision centrée cognition

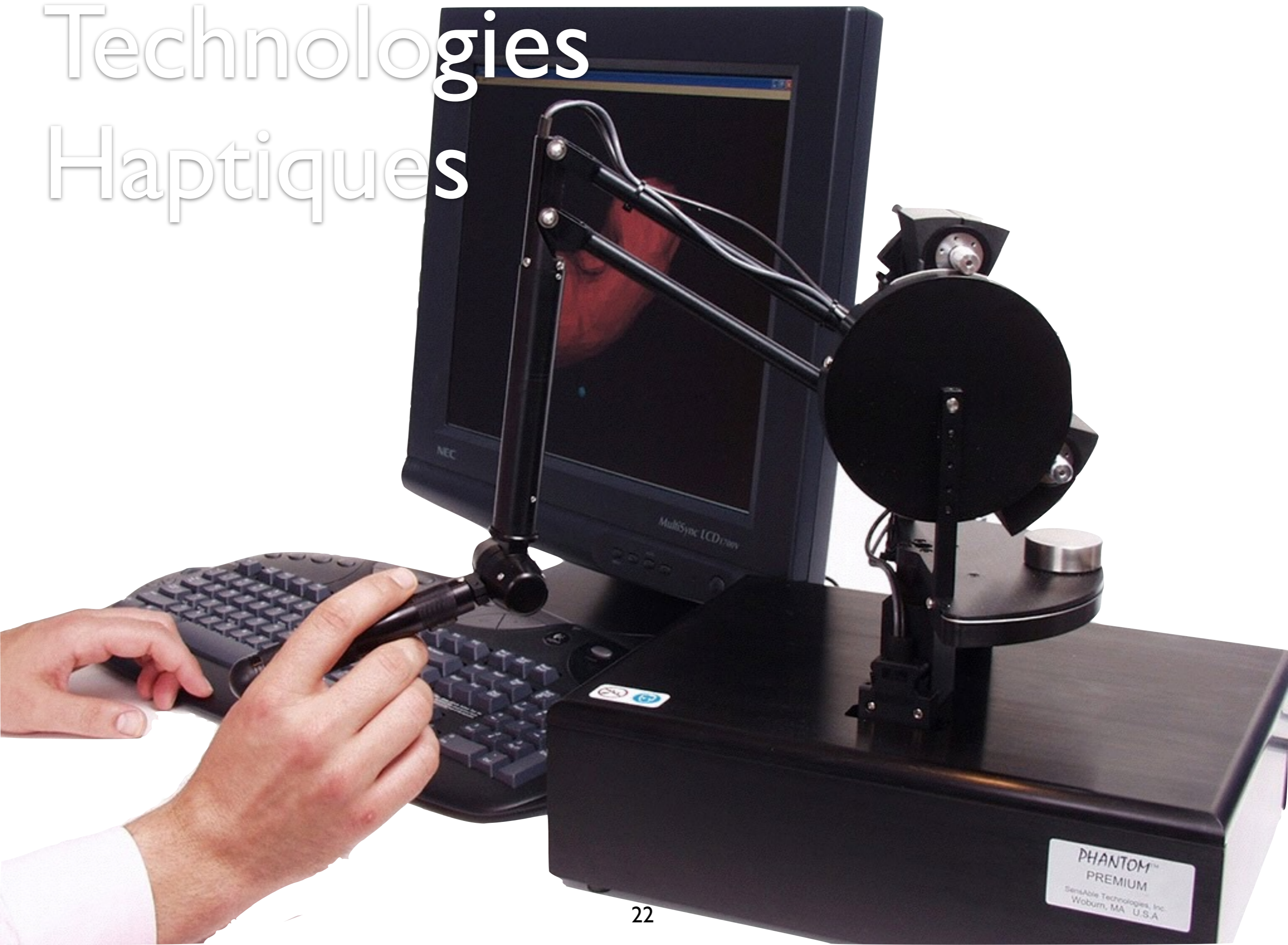


J. Kevin O'Regan, Alva Noë

A sensorimotor account of vision and visual consciousness.

Behavioral and Brain Sciences, 24 (5), 2001, 939-1031

Technologies Haptiques



Retour de Force

Contrôle en Force

➔ Circulaire

▶ Moteur DC



➔ Linéaire

▶ Solénoïde (Tirer ou Pousser)

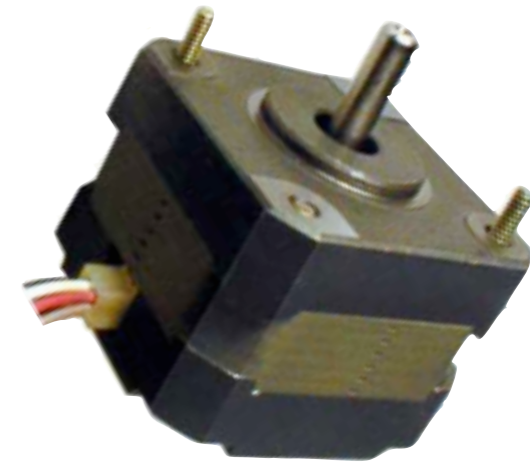


Retour de Force

Contrôle en position

➔ Circulaire

▶ Moteur pas à pas



➔ Linéaire

▶ Moteur linéaire



Retour de Force

Paramètres

- ➔ Degrés de liberté (input, output)
- ➔ Espace de travail
- ➔ Force maximum en continu
- ➔ Force maximum en pointe
- ➔ Inertie

PHANTOM

Sensable

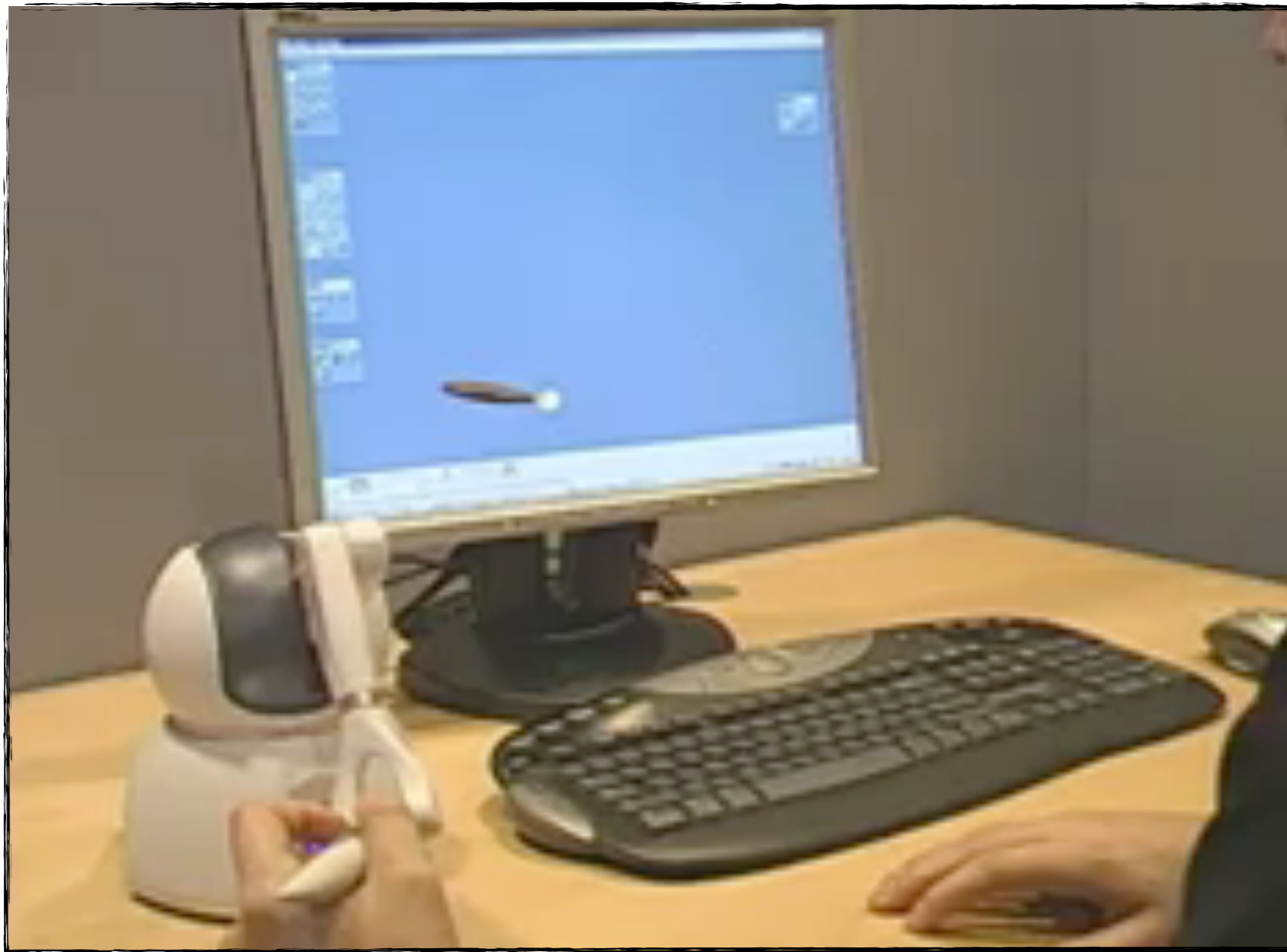


Thomas M. Massie et J. Kenneth Salisbury

The Phantom Haptic Interface: a device for probing virtual objects, ASME 1994, 295–301

PHANToM

Sensable



Thomas M. Massie et J. Kenneth Salisbury

The Phantom Haptic Interface: a device for probing virtual objects, ASME 1994, 295–301

Virtuose CEA

Florian Gosselin, Alain Riwan et F Lauture
Virtuose 3d : a new input device for virtual reality. VRIC 2001.

Pantograph

Université McGill, Immersion



Christophe Ramstein, Vincent Hayward

The Pantograph: a large workspace haptic device for a multi-modal Human-Computer Interaction. CHI'94, 57-58.

Delta/Omega/Falcon

Force Dimension, Novint



Delta/Omega/Falcon

Force Dimension, Novint



Haptic Master

Moog FCS



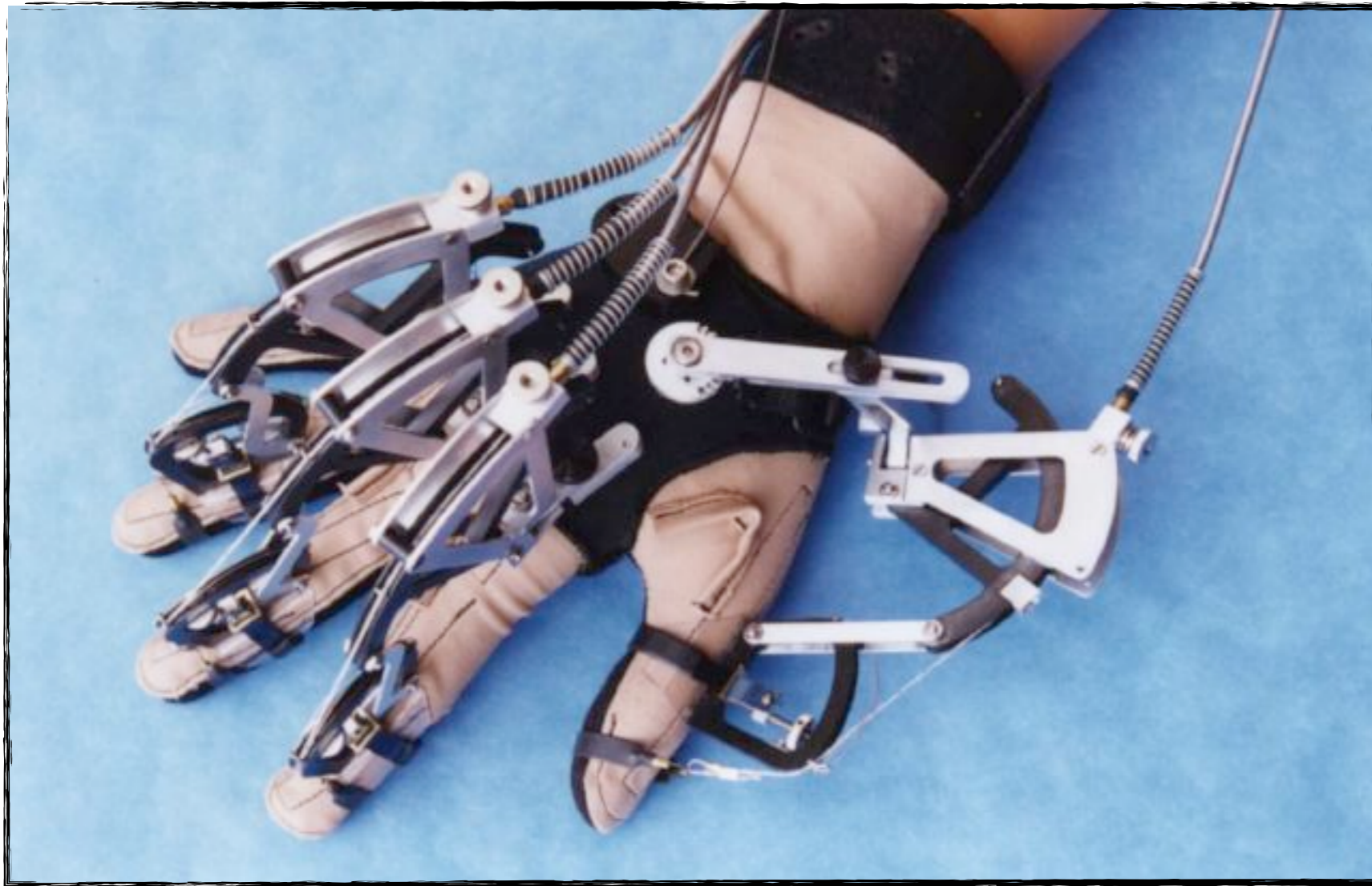
Richard Q. van der Linde, Piet Lammertse, Erwin Frederiksen, B. Ruiters
The HapticMaster, a new high-performance haptic interface. Eurohaptics 2002,

Bras articulés

Périphérique	PHANToM	Virtuose	Omega Delta	Haptic Master
Espace de travail	16 x 12 x 7cm à 83 x 58 x 40cm	sphère de 12cm à sphère de 45cm	Ø16cm x 11cm Ø36cm x 30cm	80cm ³
Résolution de position	0,007mm à 0,055mm	N/A	< 0,03mm <0,01mm	0,004mm 0,012mm
Force maximale	3,3N à 37,5N	7N à 100N	N/A	250N
Force en continu	0,88N à 6,2N	1,4N à 30N	12N 20N	100N
DOF retour de force	3/6	3/6	3/6/7	3

Cybergrasp, Cyberforce

Force Dimension



Cybergrasp, Cyberforce

Force Dimension

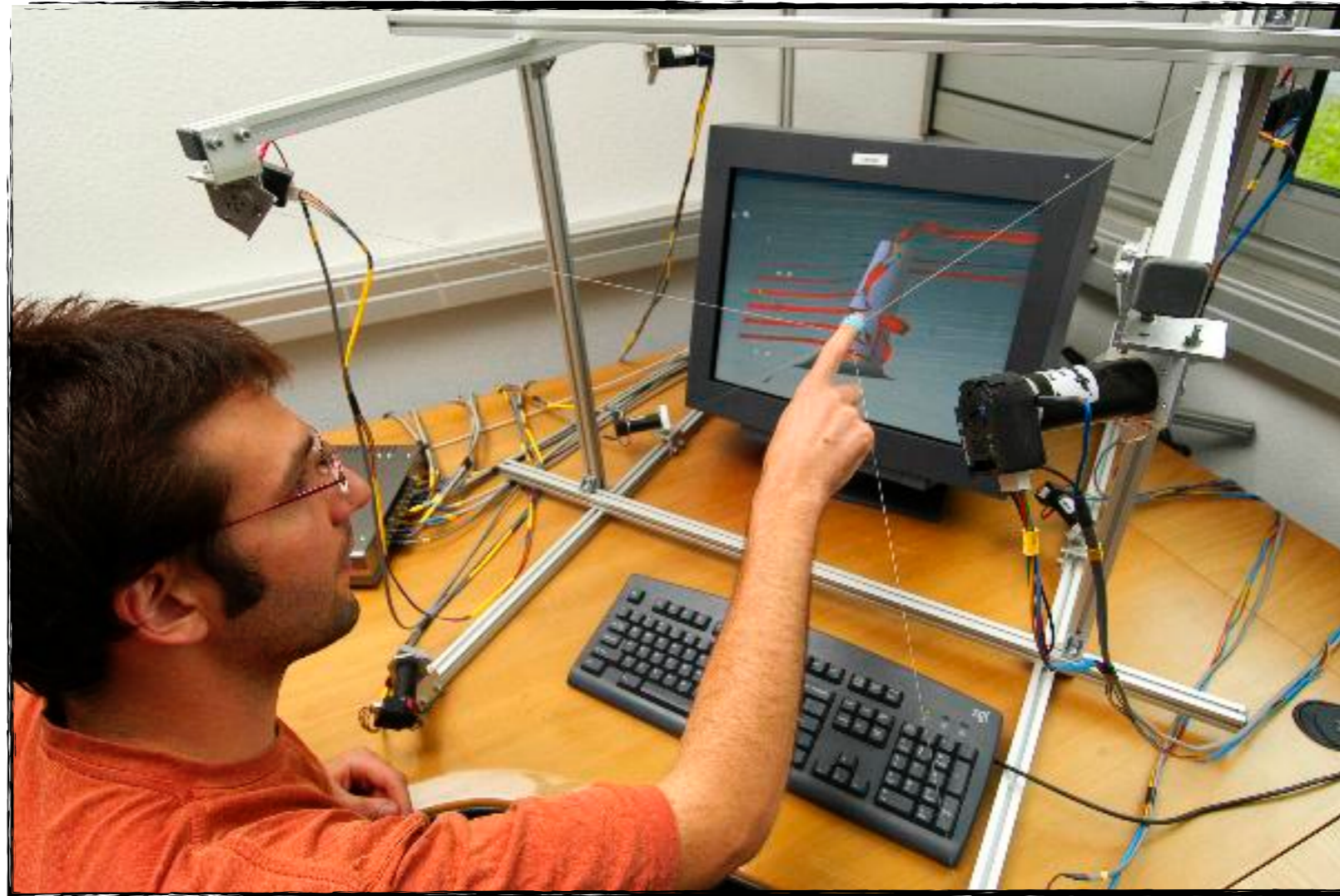


Cybergrasp, Cyberforce

Force Dimension



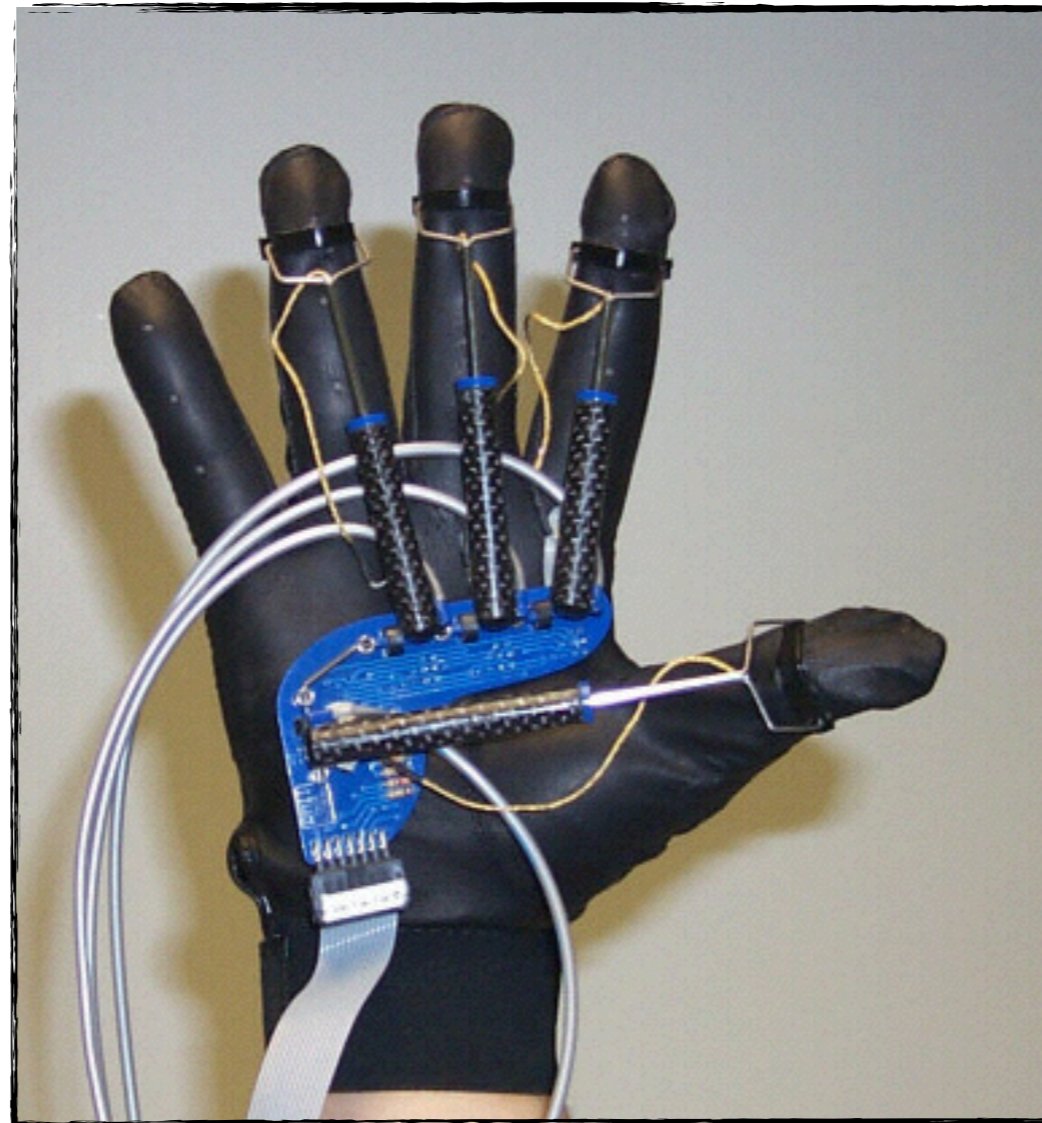
Spidar



J. Murayama, L. Bougrila, Y. Luo, K. Akahane, S. Hasegawa, B. Hirsbrunner, M. Sato
SPIDAR G&G: A Two-Handed Haptic Interface for Bimanual VR Interaction, Eurohaptics 2004,
138–301

Rudgers Master

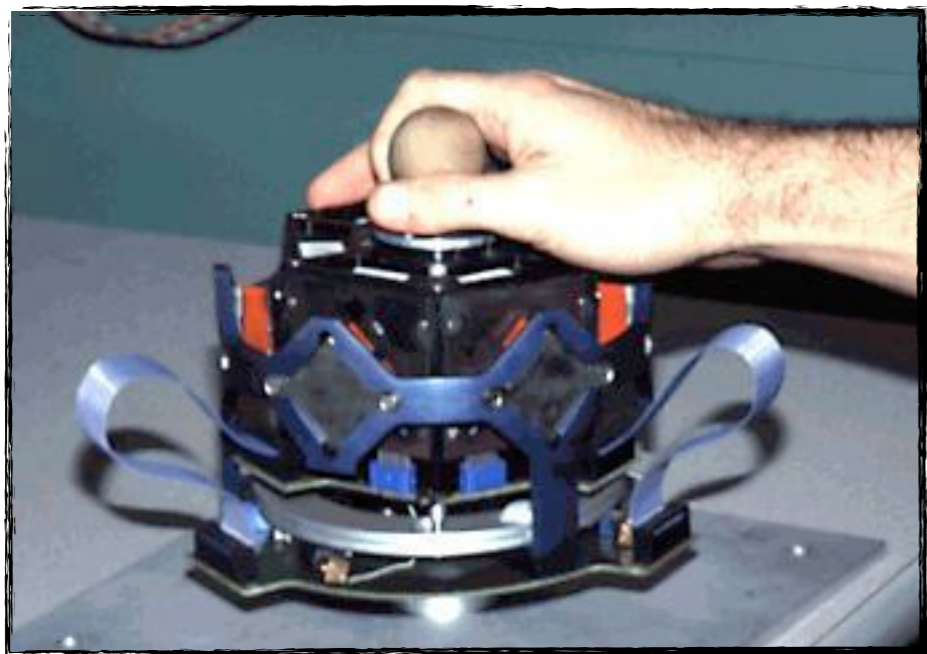
Rutgers University



Mourad Bouzit, Grigore Burdea, George Popescu, Rares Boian
The Rutgers Master II New Design Force-Feedback Glove
IEEE Transactions on Mechatronics, 7(2), 2002

Maglev

Carnegie Mellon University



Peter J. Berkelman, Ralph L. Hollis, David Baraff

Interaction with a Realtime Dynamic Environment Simulation using a Magnetic Levitation Haptic Interface Device, IEEE ICRA 1999

Du signal à l'effet mécanique

Contrôle en impédance

- ➡ Entrée : déplacement
- ➡ Sortie : force
 - ▶ Raideurs faibles
 - + Capteurs de position (encodeurs)
 - Ressenti mou

Nevill Hogan

Impedance Control : An Approach to Manipulation

Journal of Dynamic Systems, Measurement and Control, 1985.

Du signal à l'effet mécanique

Contrôle en admittance

- ➔ Entrée : force
- ➔ Sortie : déplacement
 - ▶ Raideurs élevées
- + Pas de défauts mécaniques
- Capteur de force

Boucle haptique

1000Hz nécessaire pour une sensation continue

- ➔ Calcul des forces à 1000Hz
- ➔ Modèle de force à basse fréquence

Modèle de force

Contrôle en impédance

➔ $F = f(x, y, z)$

▶ Ressort : $F = k \Delta l$

▶ Magnétique : $F = m_1 \times m_2 / d^2$

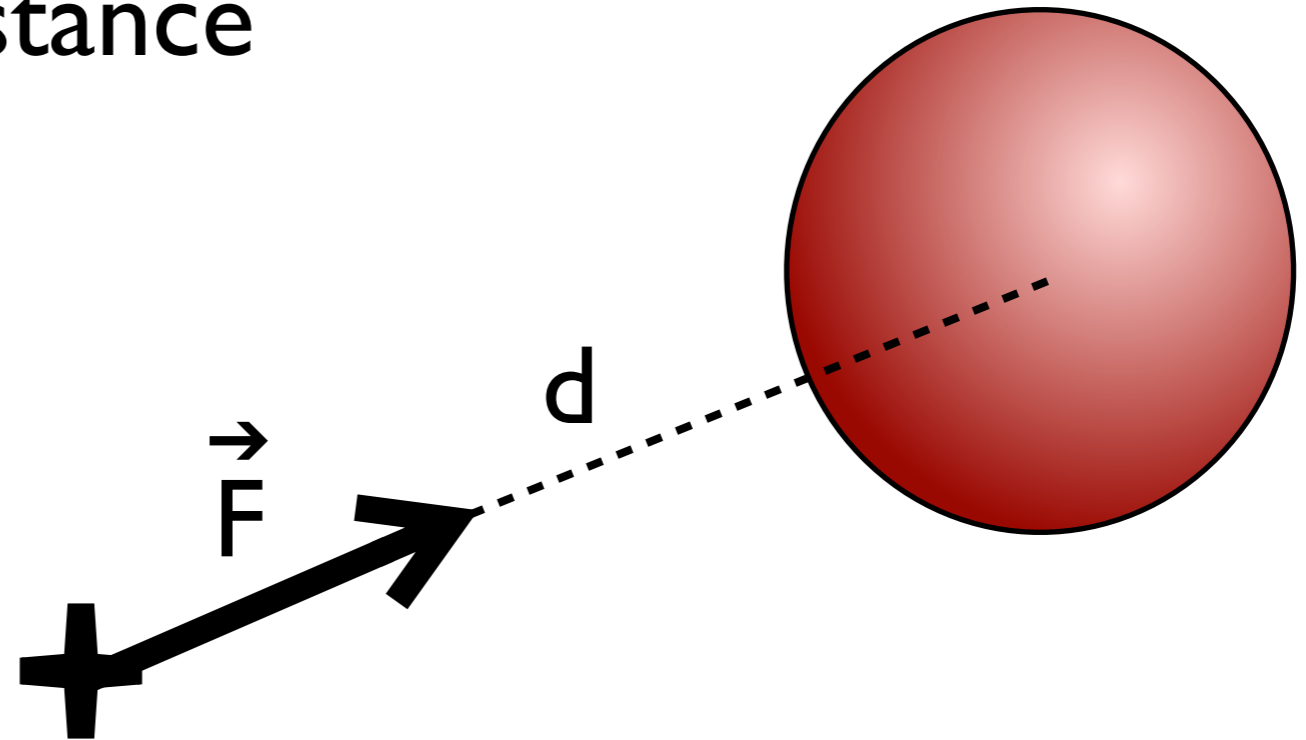
▶ Gravité : $F = m z$

Objet magnétique

Force inversement
proportionnelle à la distance

$$F = \frac{m_1 m_2}{d^2}$$

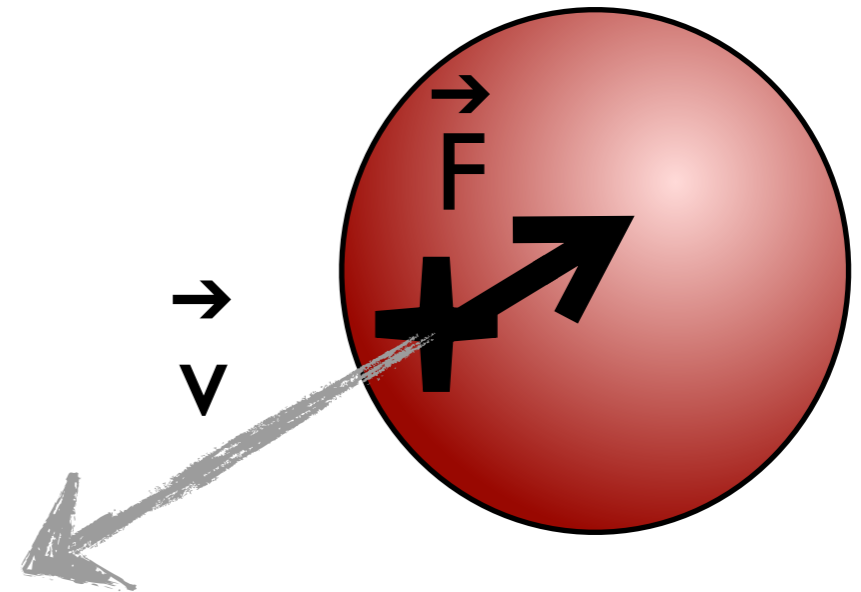
m_1, m_2 : constantes
 d : distance à l'objet



Objet collant

Force opposée au mouvement

$$\vec{F} = -k \vec{v}$$



k : constante de raideur élastique

v : vitesse/position

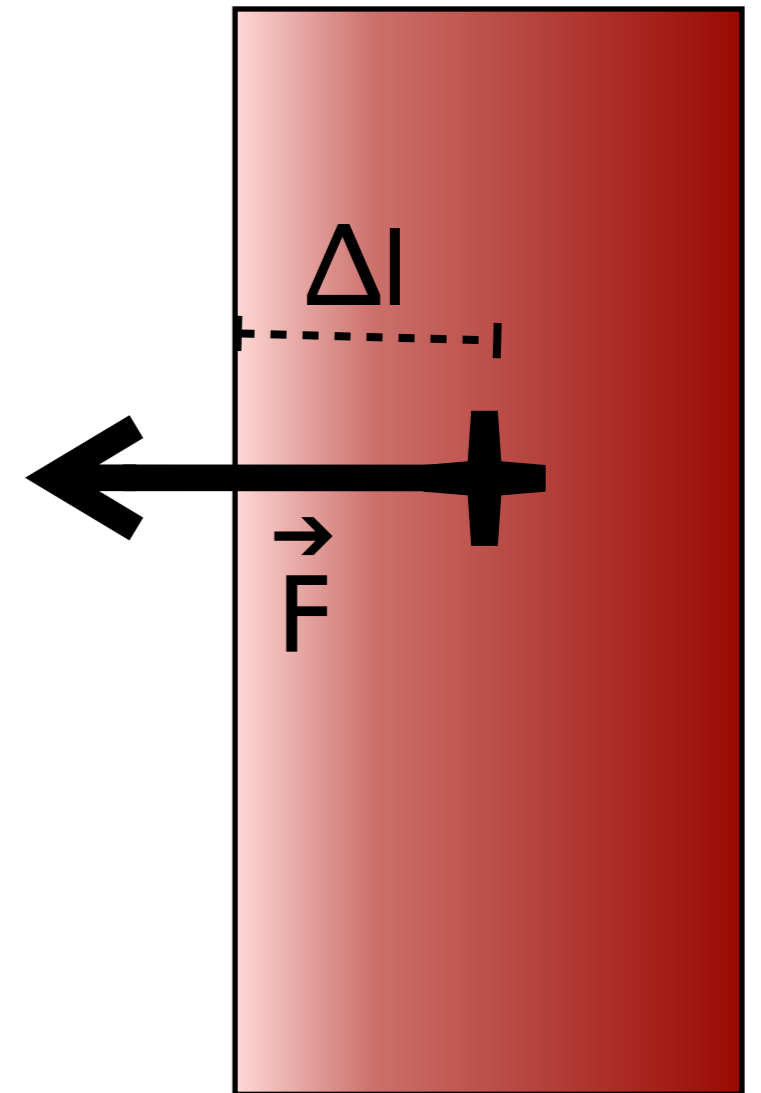
Objet solide

Force vers l'extérieur

$$F = k \Delta l$$

k : constante de dureté

Δl : distance à la surface



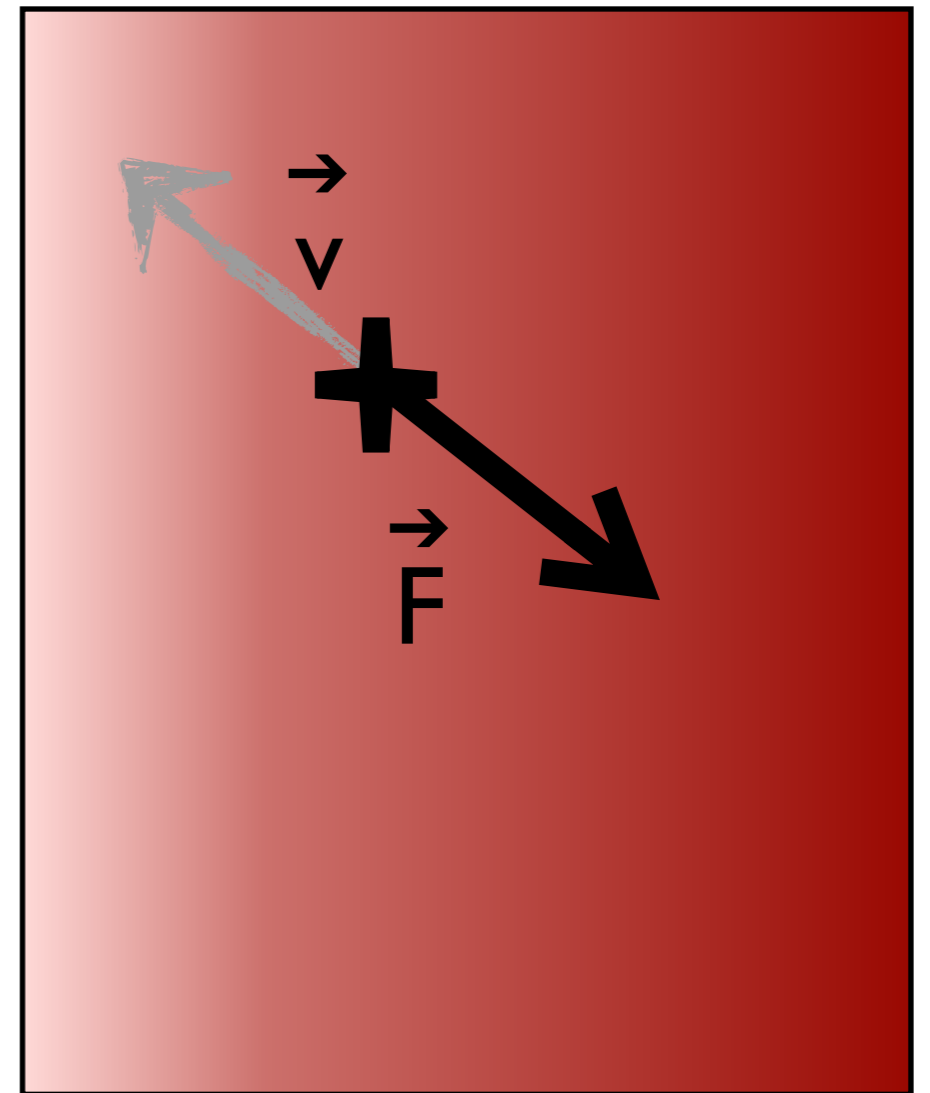
Objet visqueux

Force opposée au mouvement

$$\vec{F} = -k \vec{v}$$

k : coefficient de viscosité

v : vitesse



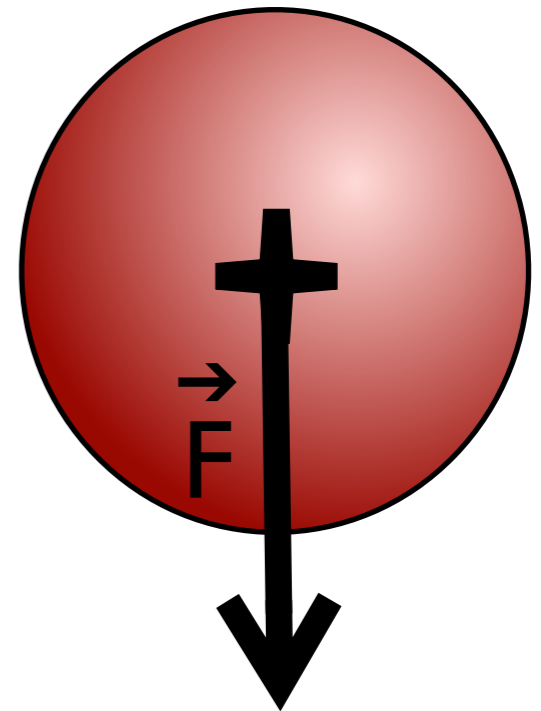
Objet Lourd

Force vers le sol

$$F = m g$$

g : constante de gravité

m : masse de l'objet



Click

Force dépendant de l'état du bouton

$$F = k \Delta l$$

k : constante de raideur élastique

v : vitesse/position

Retour tactile

Stimuler la peau

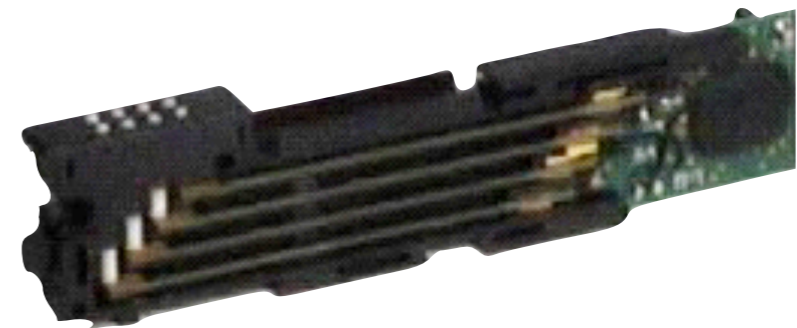
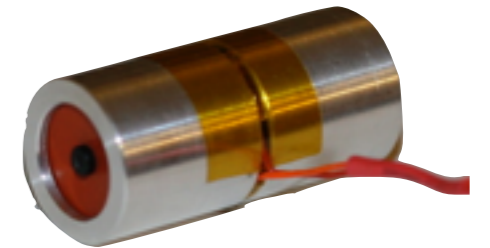
➔ Vibreurs

▶ Bobine

▶ Moteur

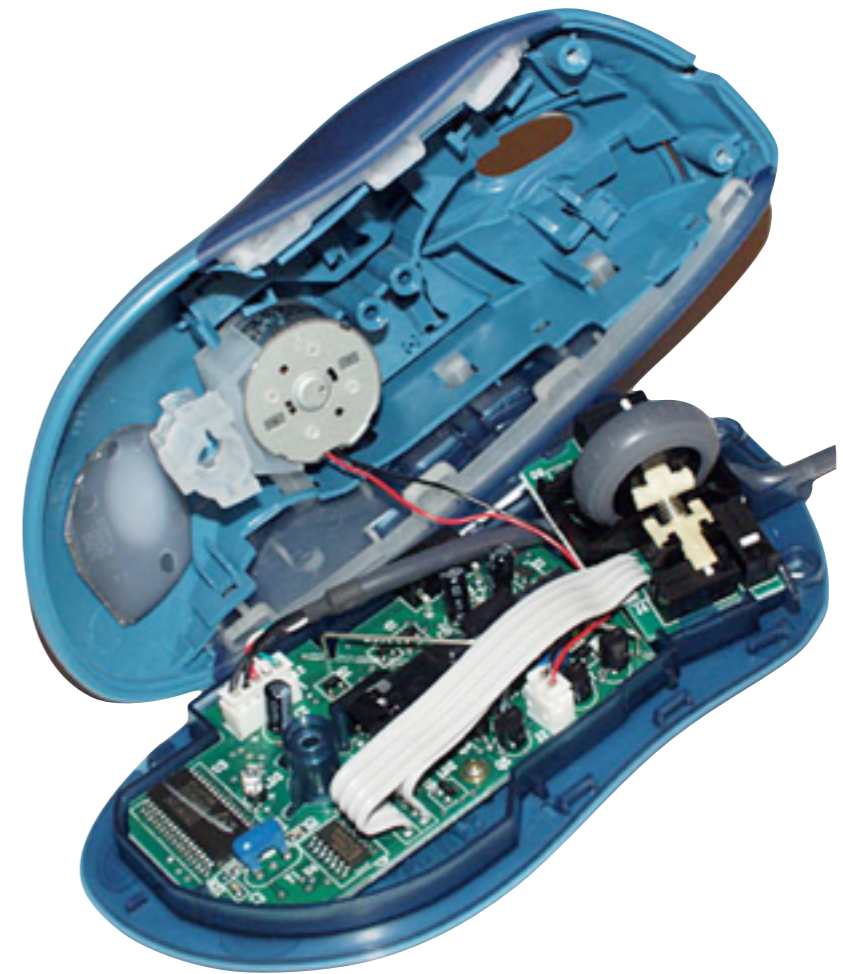
▶ Céramique piezo

➔ Matrice à picots



iFeel

Logitech



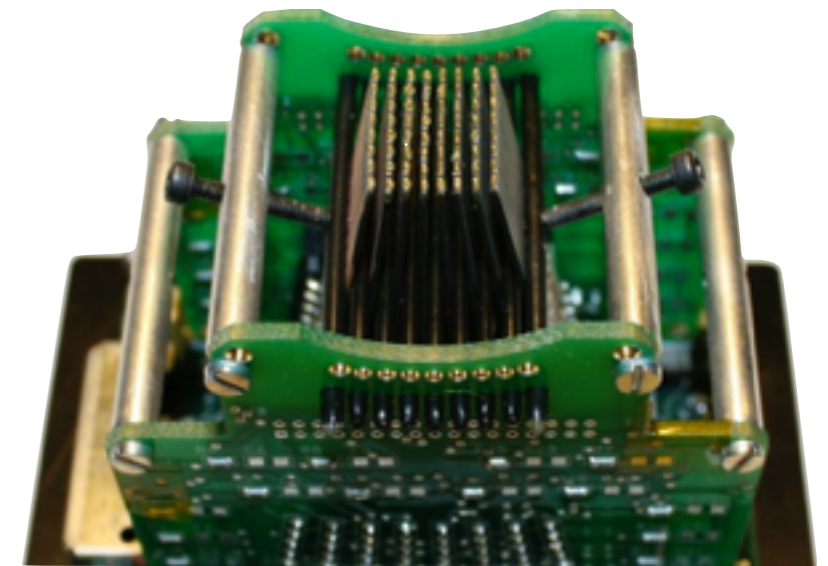
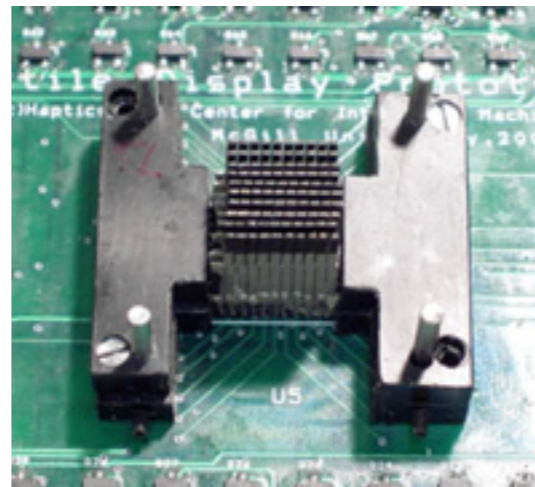
Cybertouch

Force Dimension



STReSS

TactileLabs

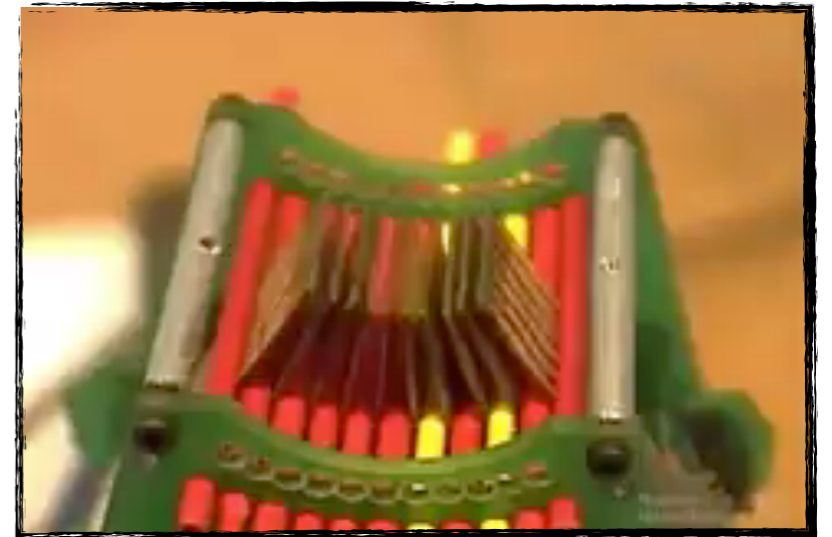


Qi Wang, Vincent Hayward

Compact, Portable, Modular, High-performance, Distributed Tactile Transducer Device Based on Lateral Skin Deformation. HAPTICS 2006, 67-72

STReSS

TactileLabs

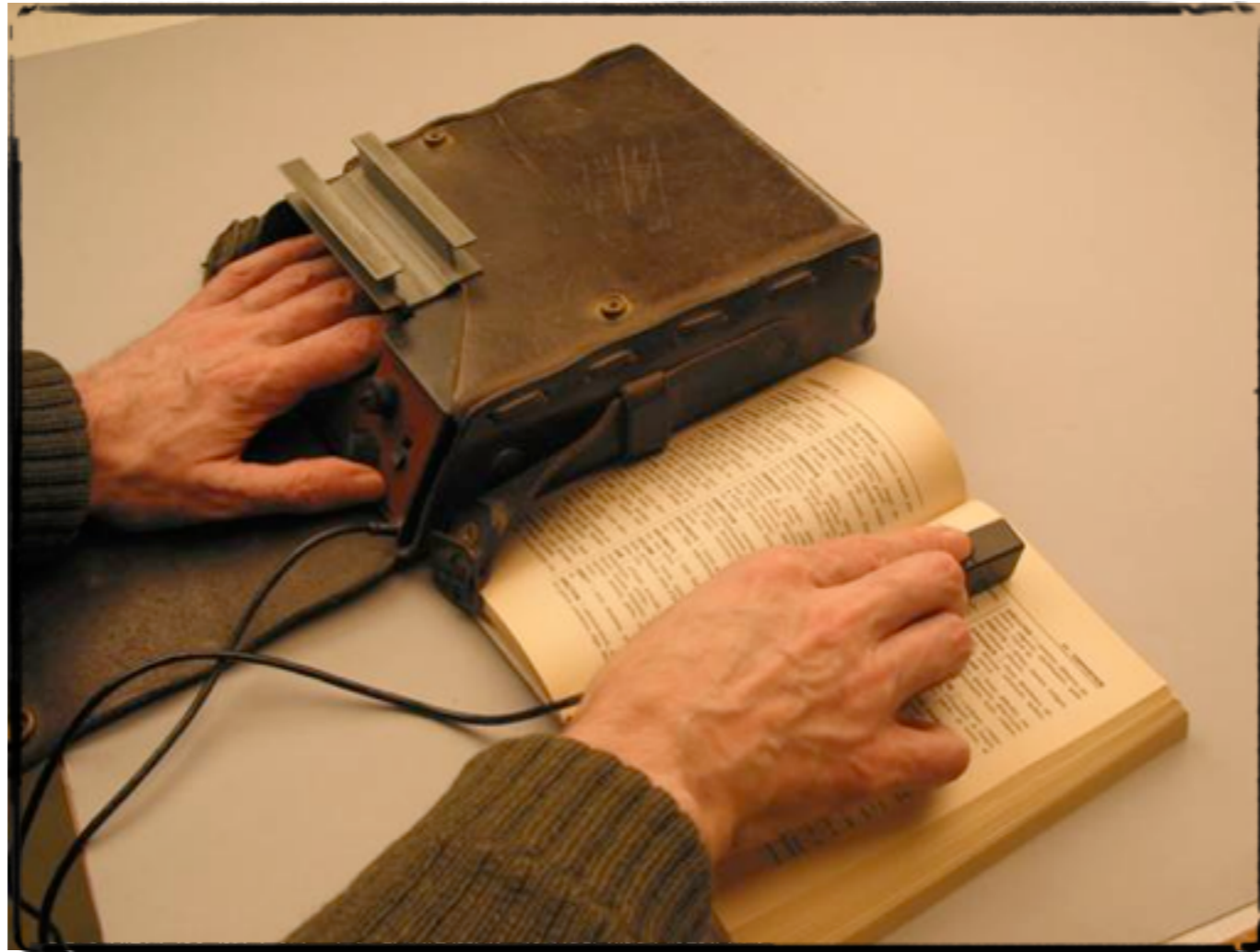


Qi Wang, Vincent Hayward

Compact, Portable, Modular, High-performance, Distributed Tactile Transducer Device Based on Lateral Skin Deformation. HAPTICS 2006, 67-72

Optacon

TactileLabs

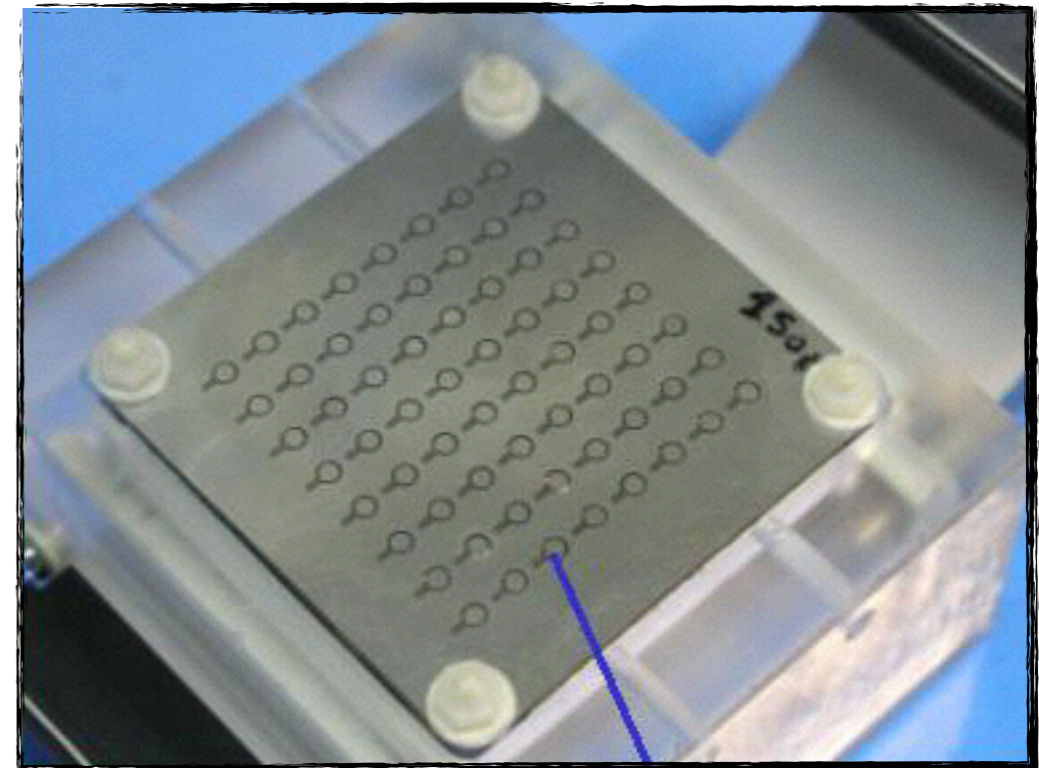
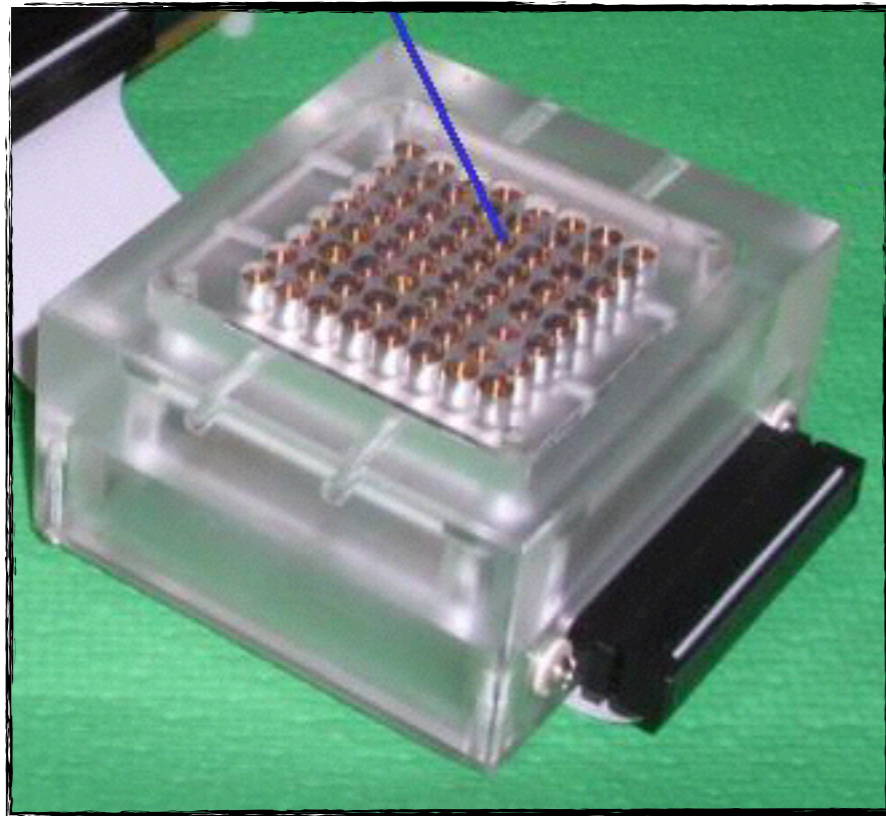


John Linvill, Jim Bliss

A direct translation reading aid for the blind, *The IEEE*, 54(1):40–51, 1966.

VITAL

CEA



Mohamed Benali-Khoudja, Moustapha Hafez et Abderrahmane Kheddar
Vital :An electromagnetic integrated tactile display.
Displays, 28(3):133–144, 2007.

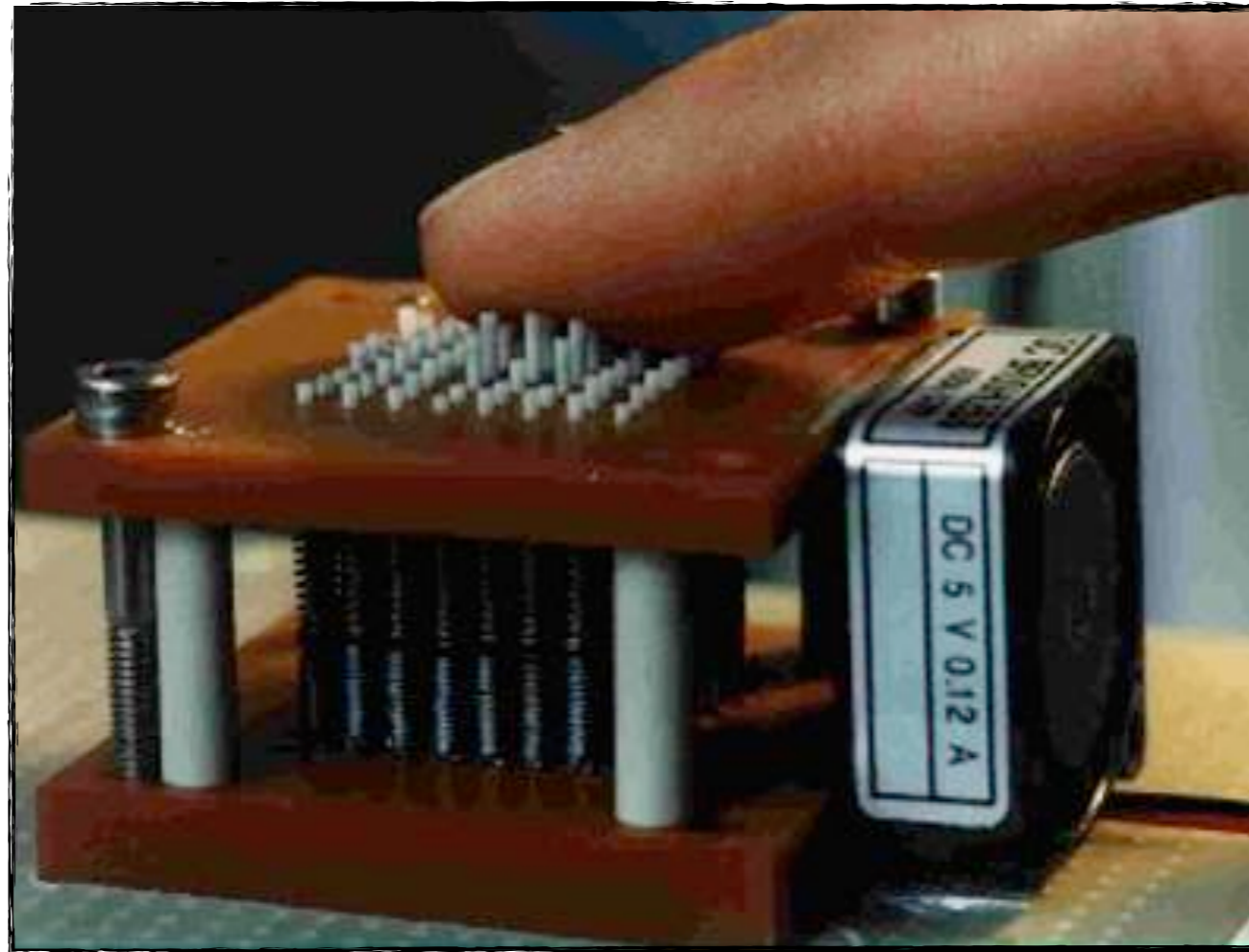
VT-Player

Virtouch



Fingerpad

Forschungszentrum Karlsruhe



Feelex

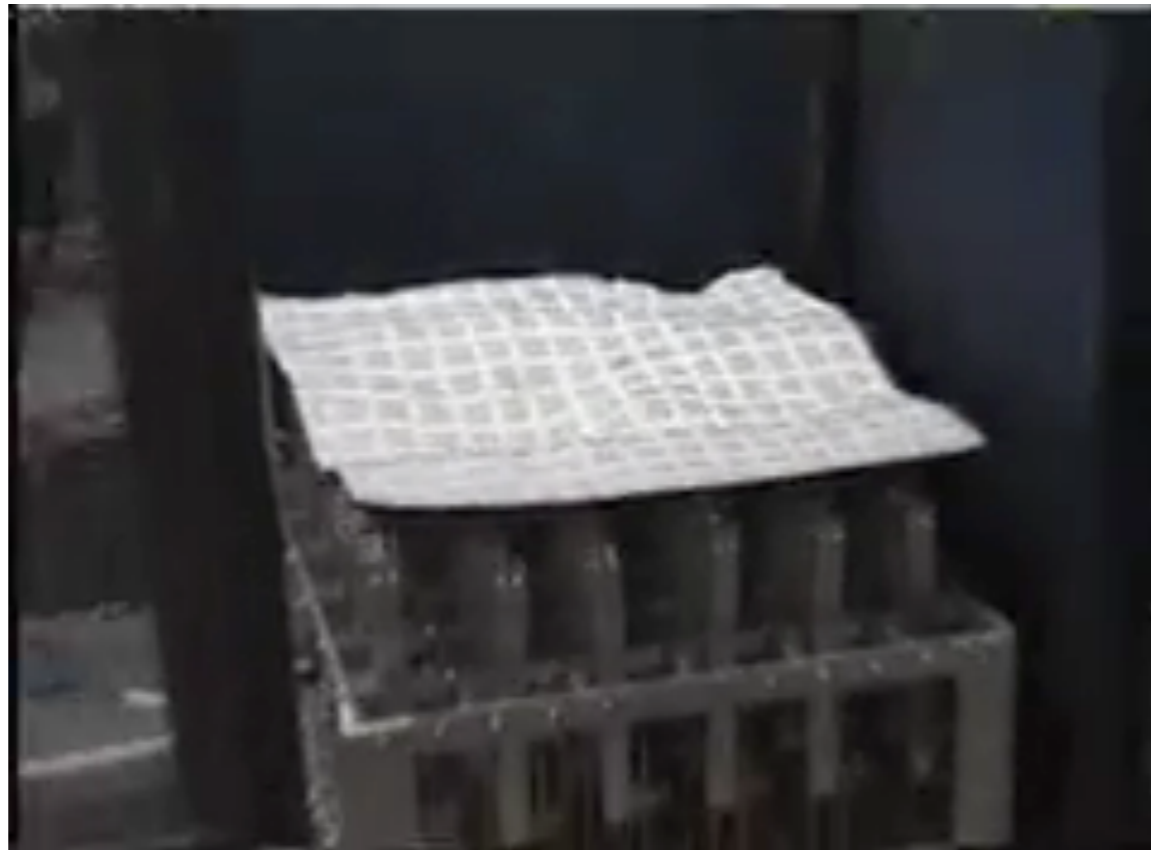
University of Tsukuba



Hiroo Iwata, Hiroaki Yano, Fumitaka Nakaizumi, Ryo Kawamura
Project FEELEX: Adding Haptic Surface to Graphics
SIGGRAPH 2001

Feelex

University of Tsukuba



Hiroo Iwata, Hiroaki Yano, Fumitaka Nakaizumi, Ryo Kawamura
Project FEELEX: Adding Haptic Surface to Graphics
SIGGRAPH 2001

Feelex

University of Tsukuba



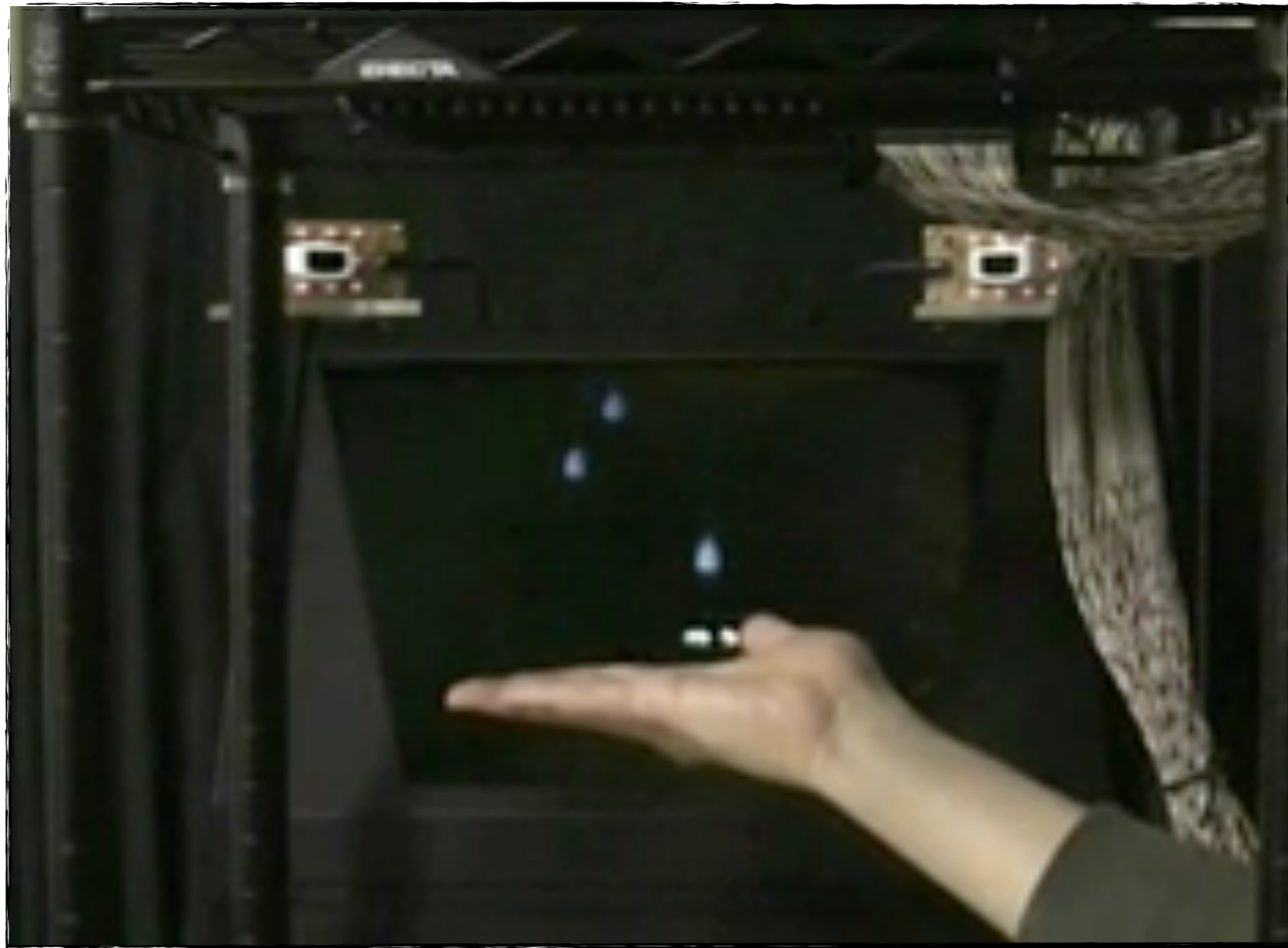
Hiroo Iwata, Hiroaki Yano, Fumitaka Nakaizumi, Ryo Kawamura
Project FEELEX: Adding Haptic Surface to Graphics
SIGGRAPH 2001

Tongue Display Unit



Paul Bach-y Rita, Kurt Kaczmarek, Mitchell E. Tyler et Jorge Garcia-Lara
Form perception with a 49-point electrotactile stimulus array on the tongue : a technical note.
Journal of Rehabilitation Research Development, 35(4):427–430, 1998.

Tactile Holography



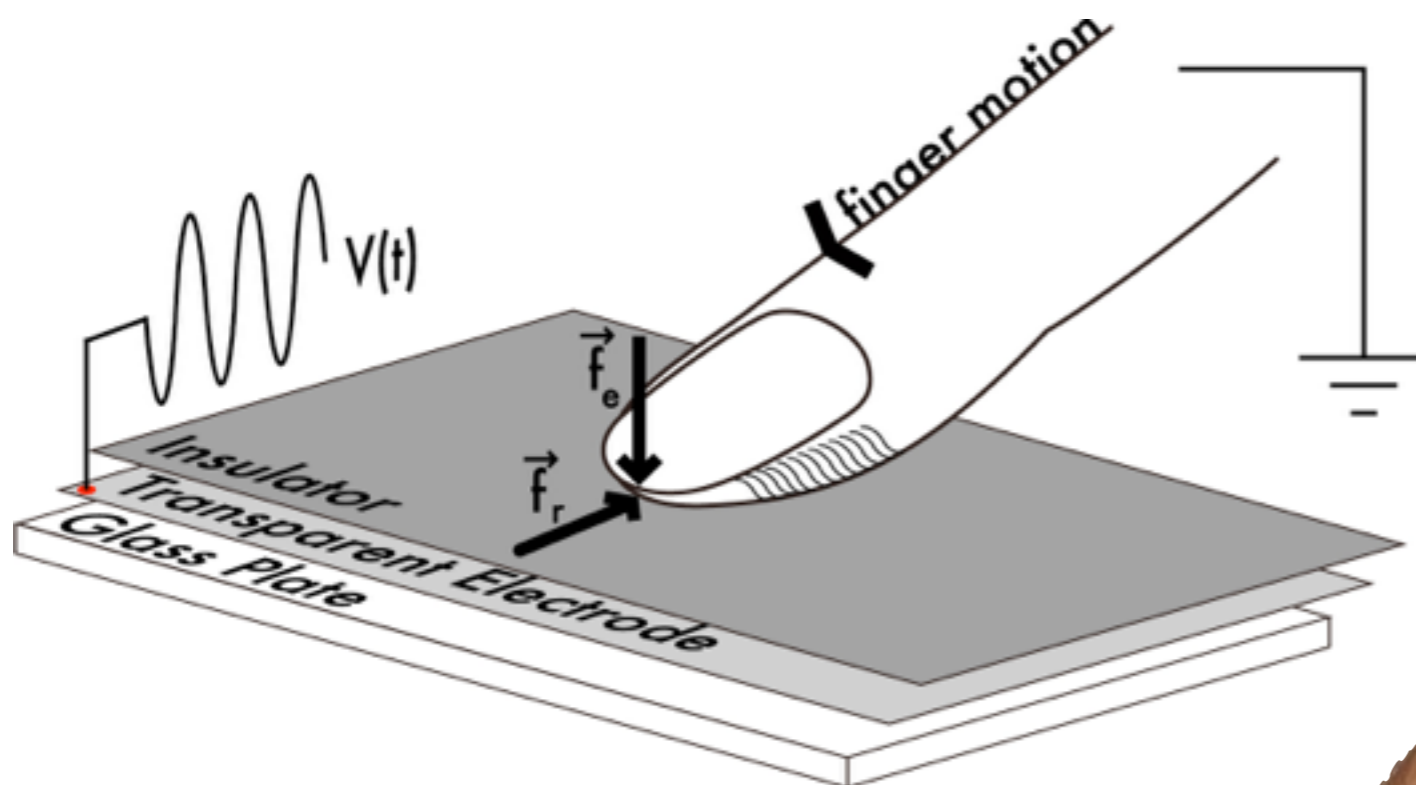
T. Hoshi, M. Takahashi, T. Iwamoto, H. Shinoda

Noncontact tactile display based on radiation pressure of airborne ultrasound.

IEEE Trans. on Haptics 3, 3, 155–165

Teslatouch

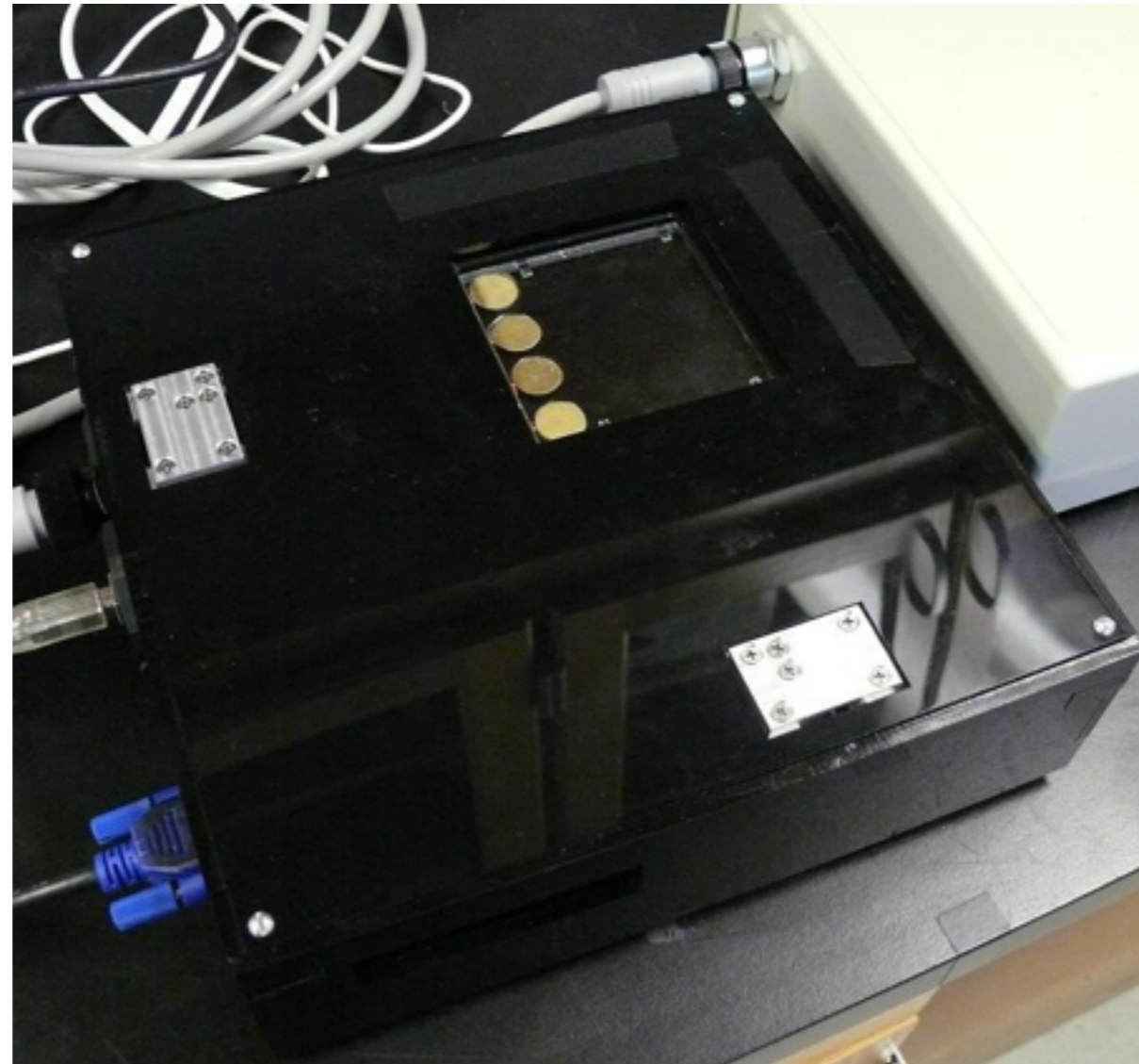
Disney Research



Olivier Bau, Ivan Poupyrev, Ali Israr, and Chris Harrison.
TeslaTouch: electrovibration for touch surfaces.
UIST 2010, 283-292

LATPaD

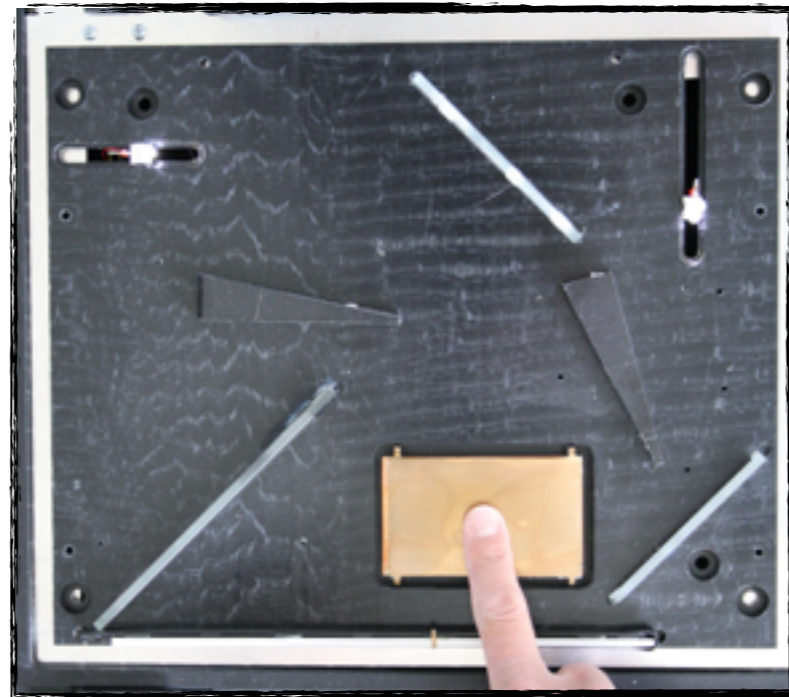
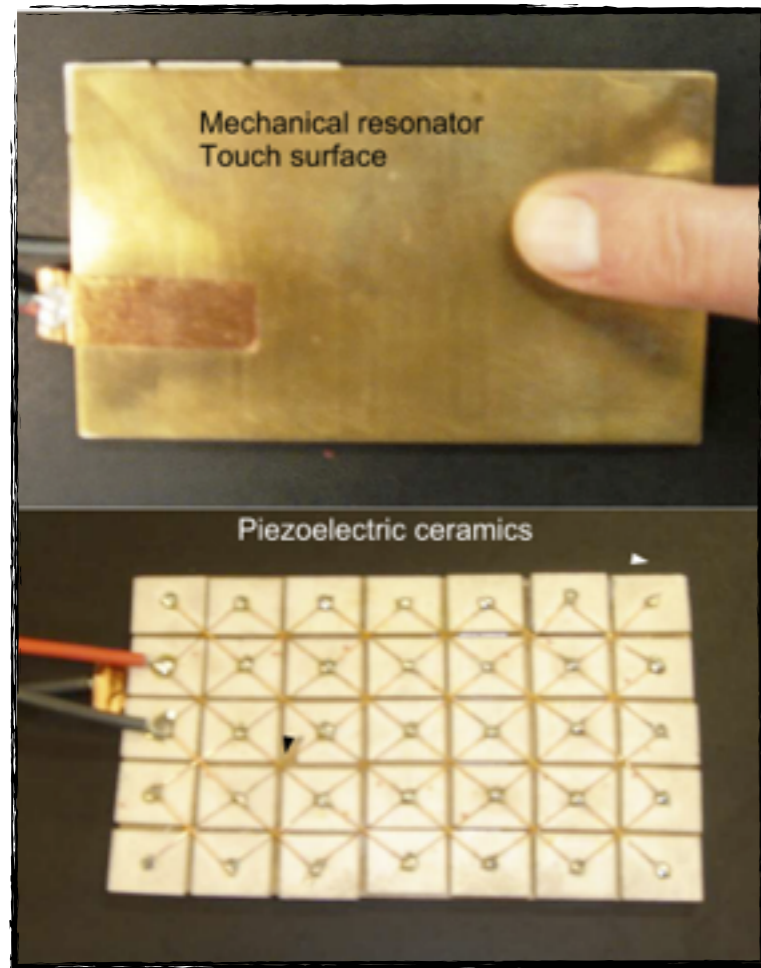
Northwestern university



Nick Marchuk, J. Edward Colgate, Michael A. Peshkin
Friction Measurements on a Large Area TPad
Haptic Symposium 2010

STIMTAC

Université de Lille I



Michel Amberg, Frédéric Giraud, Betty Semail, Paolo Olivo, Géry Casiez, Nicolas Roussel
STIMTAC, a Tactile Input device with Programmable Friction
UIST 2011

STIMTAC

Université de Lille I

The following clips illustrate some of the demo applications created for the STIMTAC

Playback speed has been deliberately increased (200%)

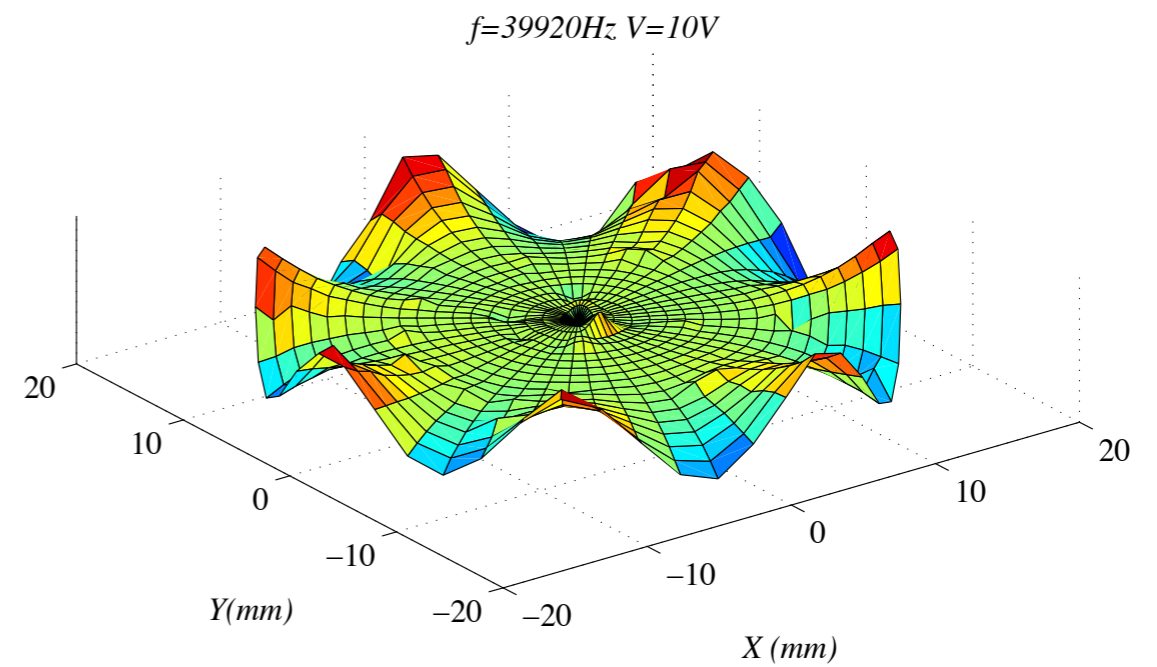
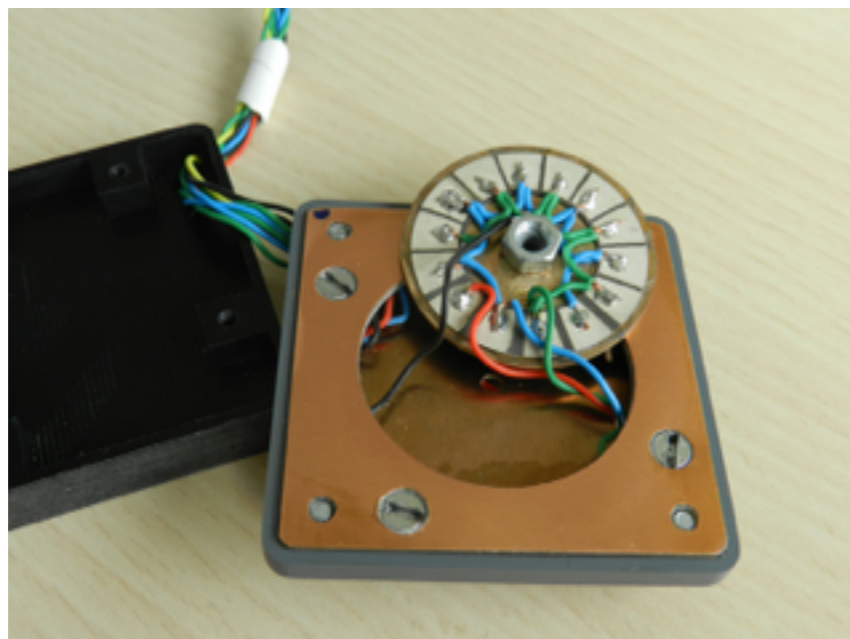
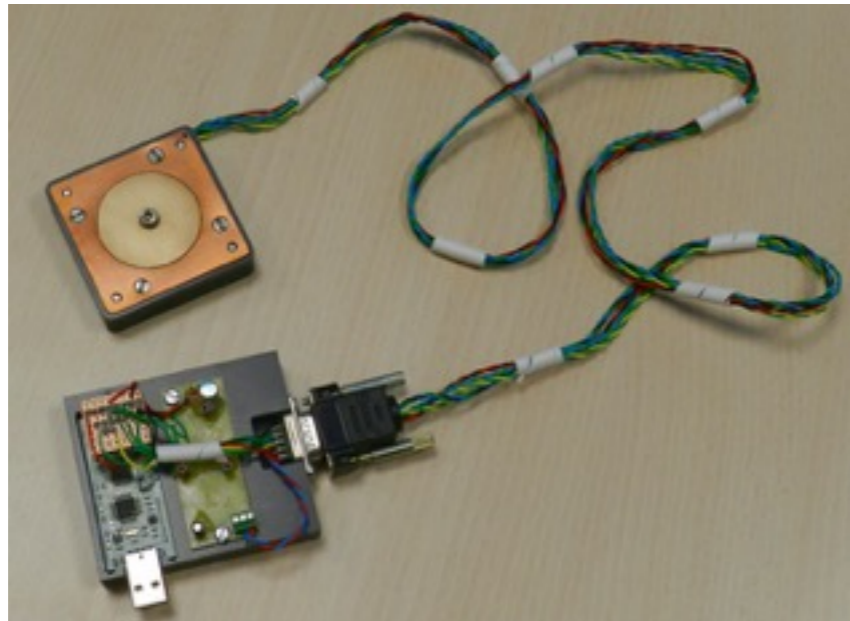
For obvious reasons, tactile feedback has also been replaced with auditory feedback, the friction level being mapped to the frequency of a sine wave

Michel Amberg, Frédéric Giraud, Betty Semail, Paolo Olivo, Géry casiez, Nicolas Roussel
STIMTAC, a Tactile Input device with Programmable Friction

UIST 2011

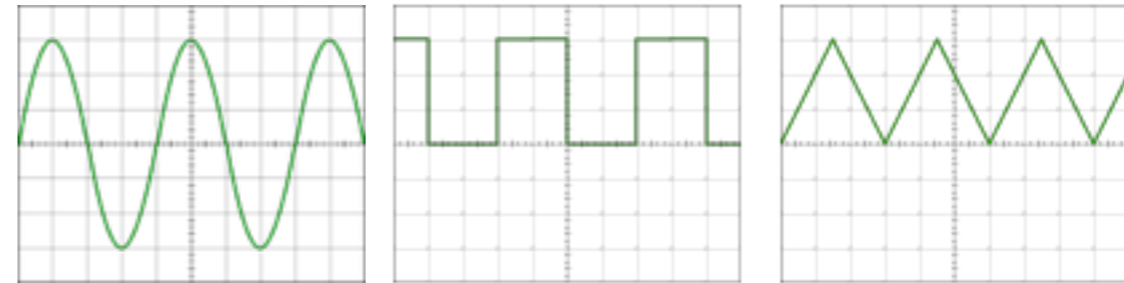
STIMTAC

Université de Lille I



Du signal à l'effet mécanique

Vibrations

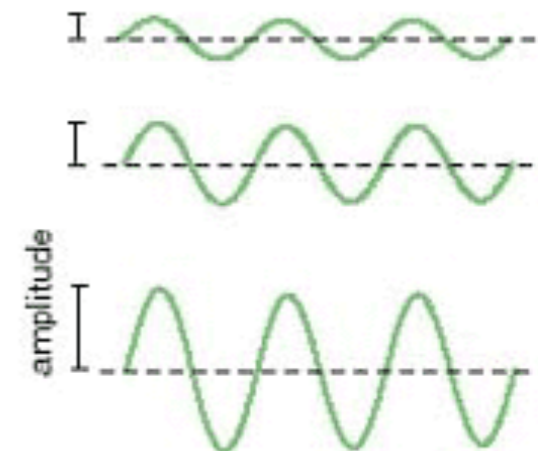
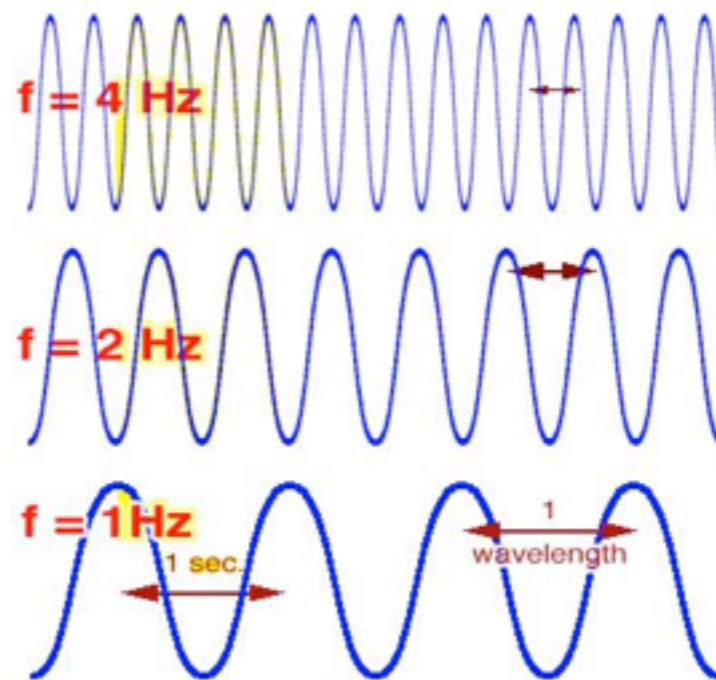


➡ **Forme**

➡ **Fréquence**

➡ **Amplitude**

➡ **Modulations**



Interaction Tangible



Définition

Tangible interfaces give physical form to digital information, employing physical artifacts both as representations and controls for computational media.

Continuum de la Virtualité

Réalité mixte (RM)



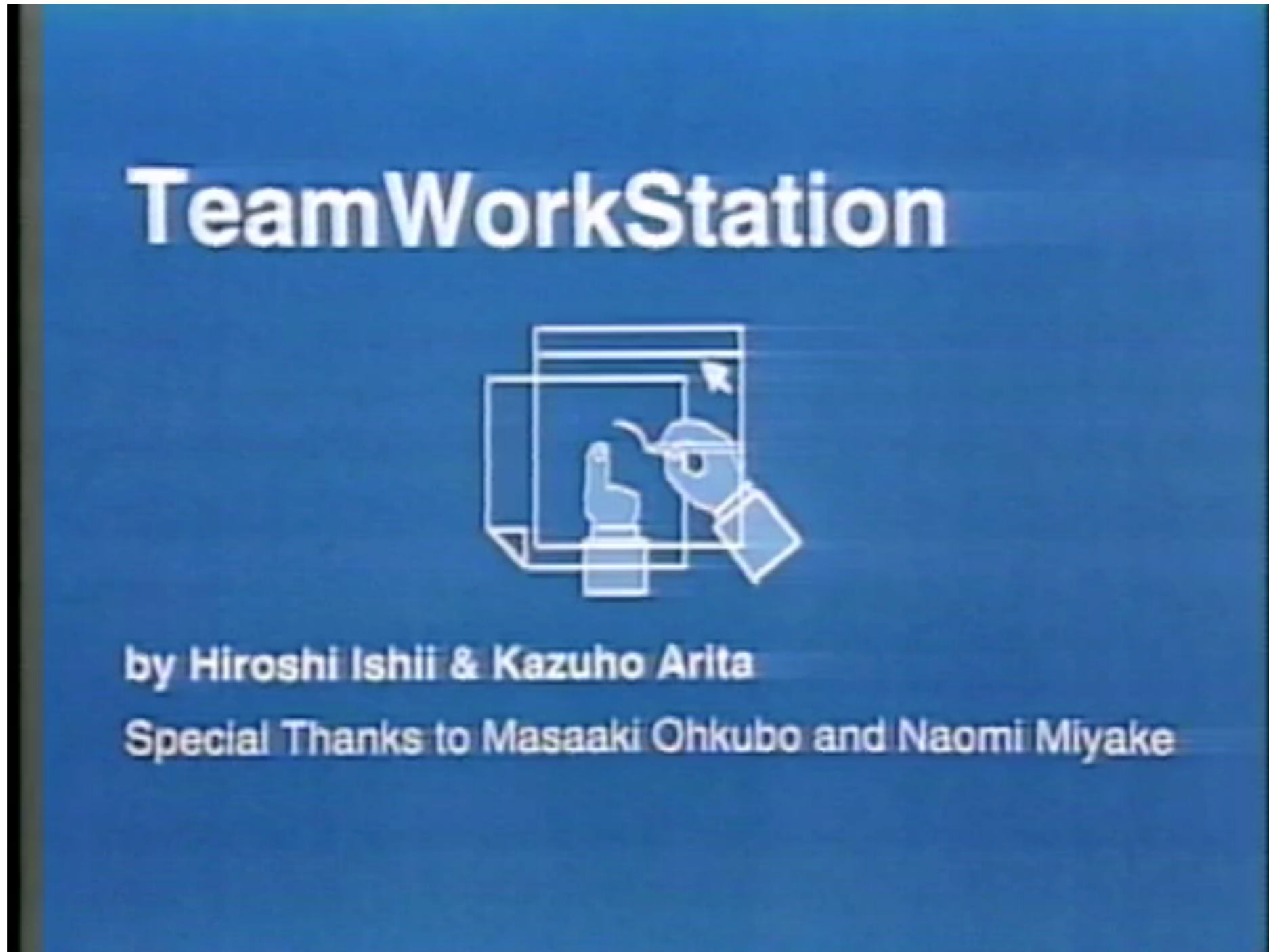
Monde
physique

Réalité
augmentée
(RA)

Virtualité
augmentée
(VA)

Monde
numérique

TeamWorkStation



Hiroshi Ishii

TeamWorkStation: towards a seamless shared workspace

CSCW 1990

MediaBlocks

Tangible Media Group
MIT Media Lab

mediaBlocks

Brygg Ullmer
Hiroshi Ishii

© 1999 MIT Media Lab

Brygg Ullmer, Hiroshi Ishii, Dylan Glas
MediaBlocks: Physical Containers, Transports, and Controls for Online Media
SIGGRAPH 1998

Archeo TUI



**ArcheoTUI - Driving virtual reassemblies
with tangible 3D interaction**

P. Reuter and G. Rivière and N. Couture and S. Mahut and L. Espinasse

INRIA Bordeaux Sud Ouest - University Bordeaux 2



Patrick Reuter, Guillaume Rivière, Nadine Couture, Stéphanie Mahut, Loïc Espinasse
ArcheoTUI - Driving virtual reassemblies with tangible 3D interaction
J. on Computing and Cultural Heritage, 2010

ReacTable

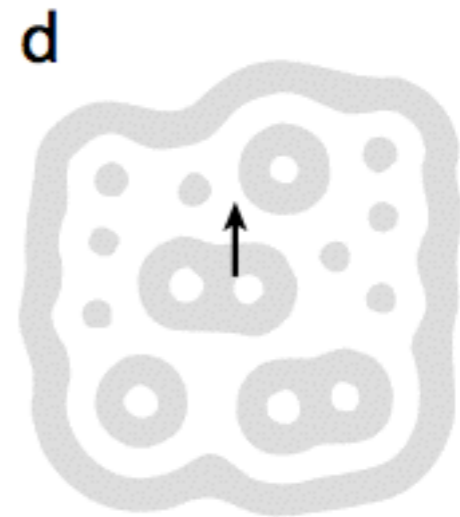
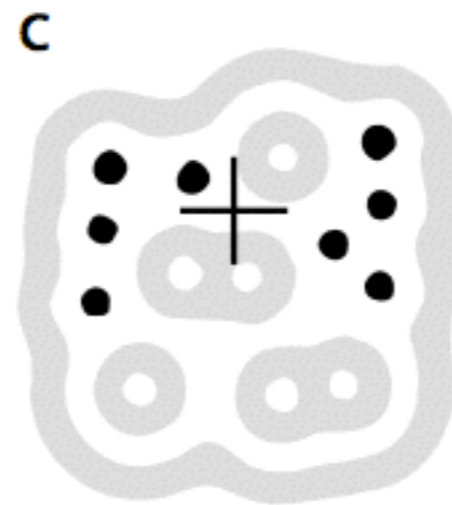
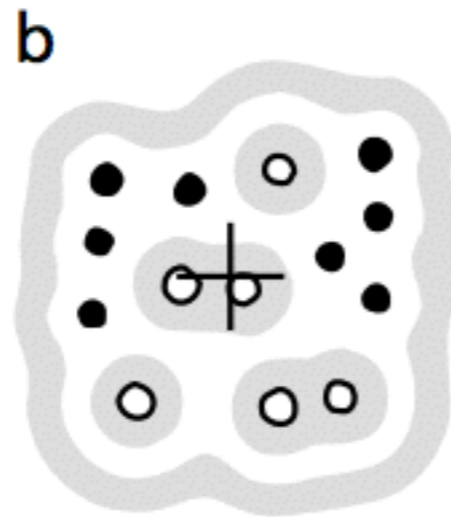
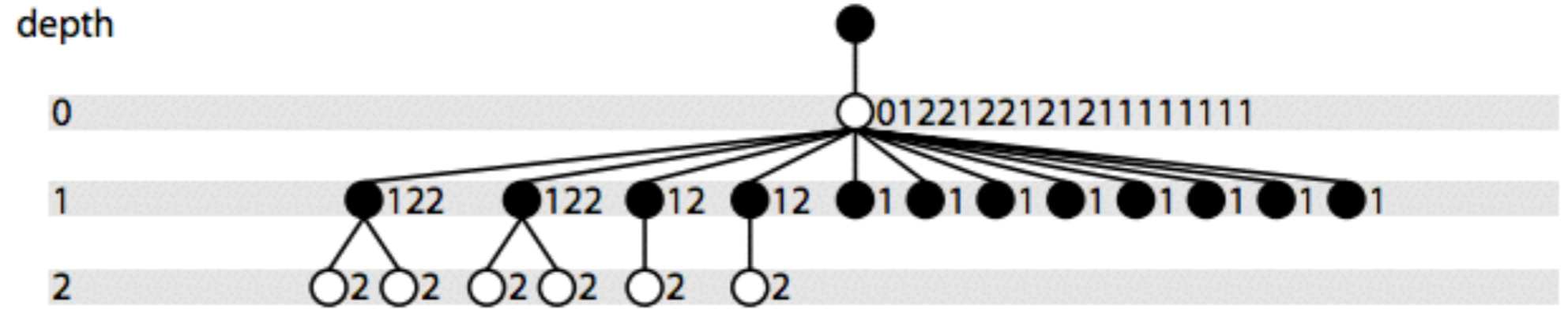


Sergi Jordà

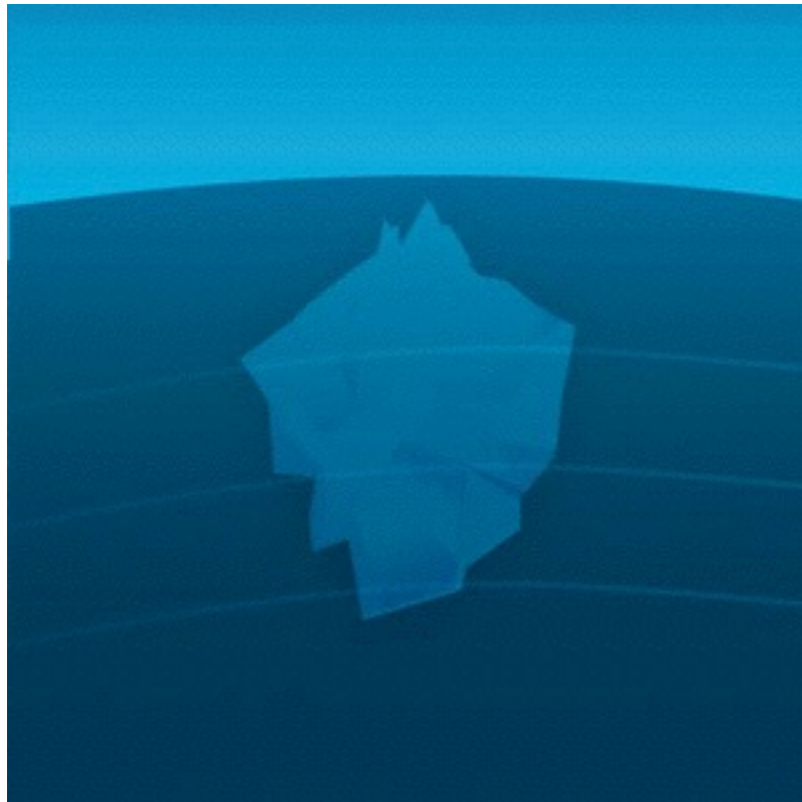
Sonographical Instruments: From FMOL to the reacTable

NIME '03

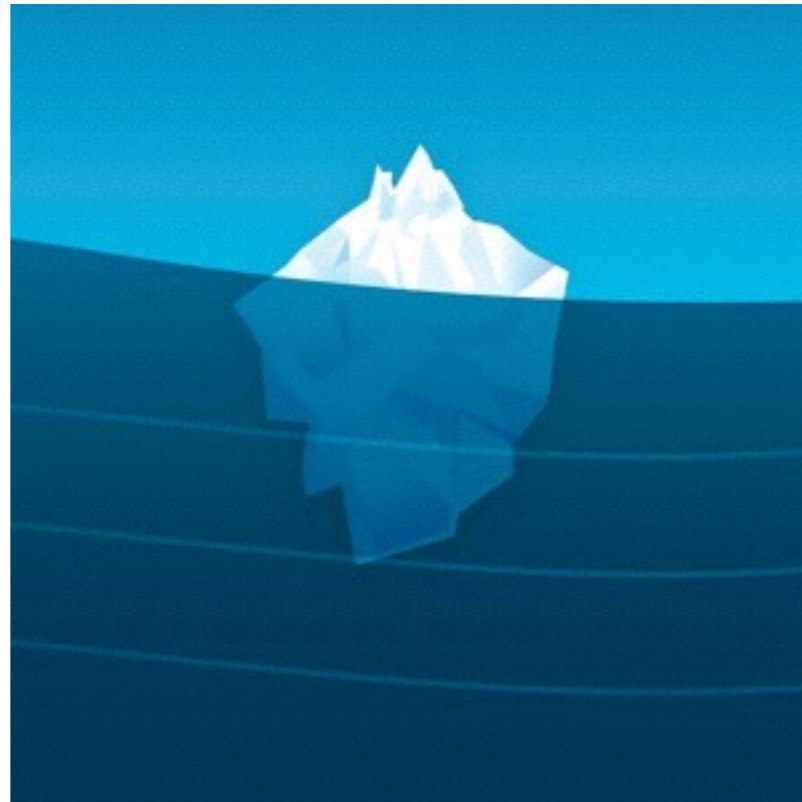
ReacTable



Radical atoms



GUI



TUI



Radical Atoms

Hiroshi Ishii, Dávid Lakatos, Leonardo Bonanni, Jean-Baptiste Labrune
Radical Atoms: Beyond Tangible Bits, Toward Transformable Materials
Interactions 19, 1 (January 2012), 38-51

Perfect Red



Systeme sensoriel



Homonculus sensoriel

Musée d'histoire naturelle, Londres

Toucher

- ➔ Premier sens à se développer (8 à 14 semaines)
- ➔ Utilisé dès la naissance pour explorer le monde
- ➔ Sens de proximité
- ➔ Ressenti par presque tout le corps

Somesthésie

Classification par position

- ➔ **Exterocepteurs : surface de la peau**
 - ▶ Pression, vibration, température, douleur, etc.
- ➔ **Propriocepteurs : tendons, muscles, articulations**
 - ▶ Position, mouvement, etc.
- ➔ **Interocepteurs : organes internes**
 - ▶ Rythme cardiaque, pression sanguine, etc.

Somesthésie

Classification par fonction

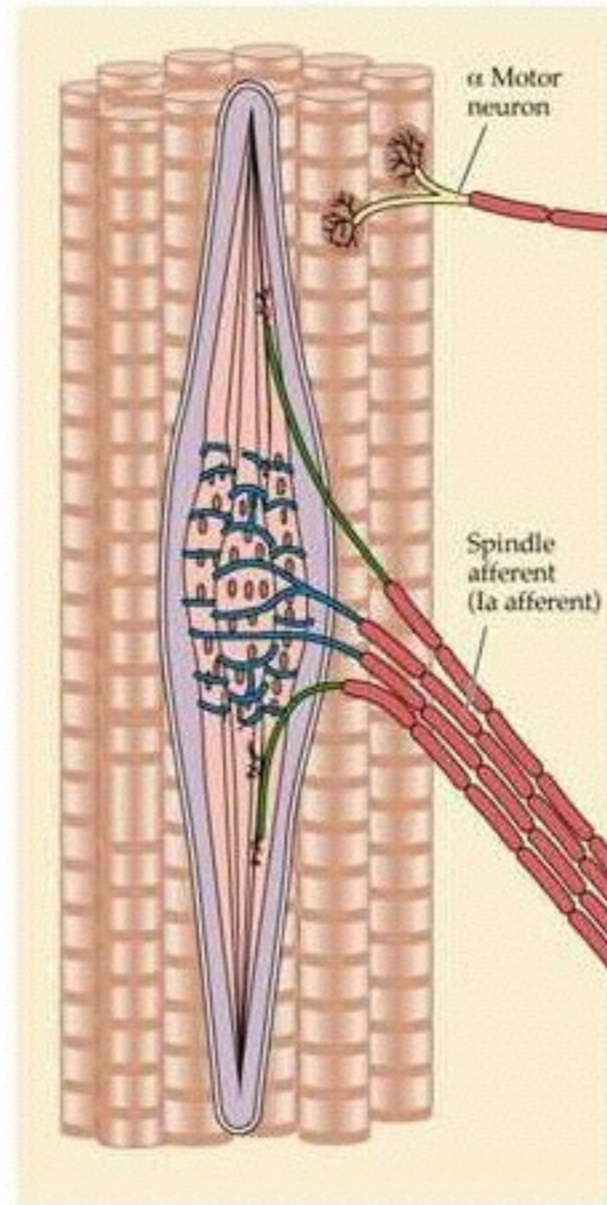
- ➡ Mécanorécepteurs
 - ▶ Déformations mécaniques
- ➡ Chemorécepteurs
 - ▶ Substances produites par la peau
- ➡ Thermorécepteurs
 - ▶ Changements de température
- ➡ Nocicepteurs
 - ▶ Douleur

Fonctionnement

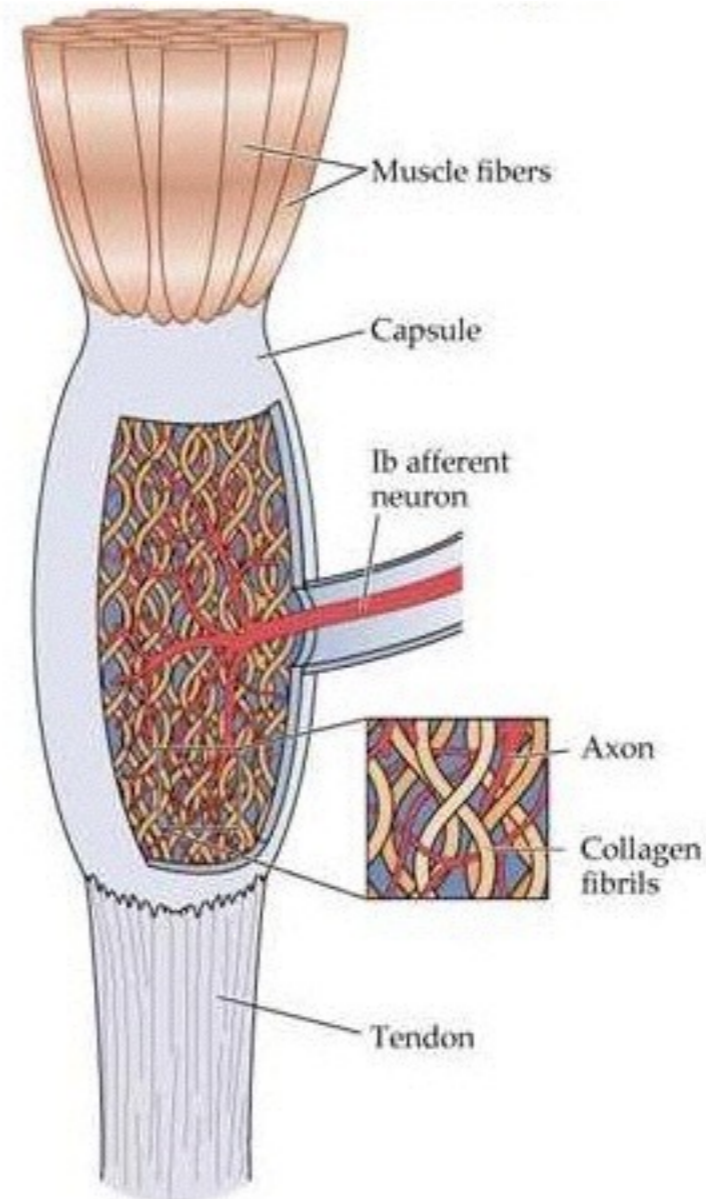
- ➔ *Si stimulus > seuil ⇒ signal*
- ➔ Neurons ⇒ Moelle épinière
- ➔ Moelle épinière ⇒ Cerveau

Propriocepteurs

Fibre neuromusculaire



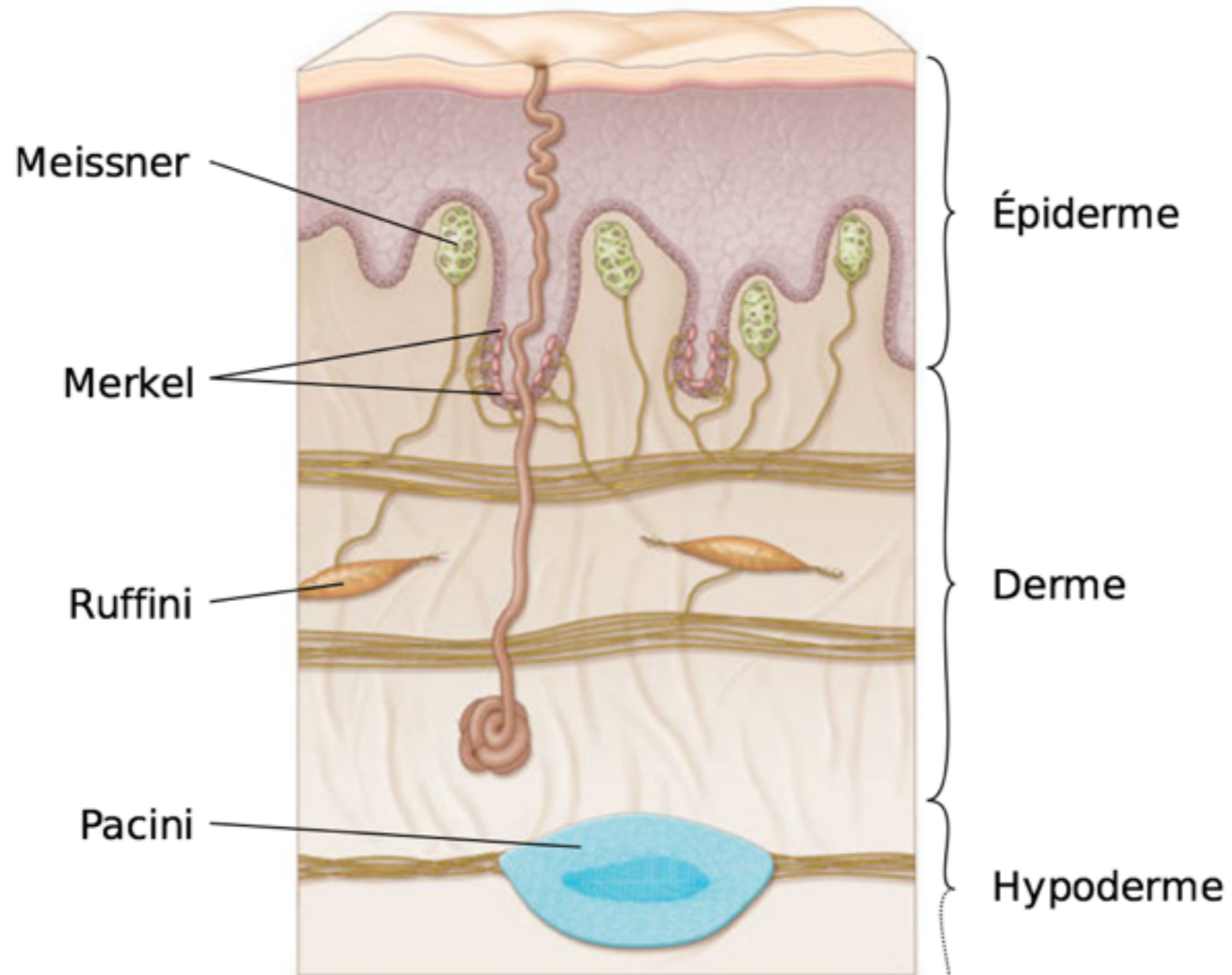
Organe tendineux de Golgi



Peau

- ➔ Plus grand organe du corps : $\approx 1,8\text{m}^2$
- ➔ Plus lourd organe du corps : $\approx 4\text{kg}$
- ➔ Élastique
- ➔ Protège le corps
- ➔ Régule la température interne
- ➔ Régule la pression sanguine
- ➔ Contient les capteurs des sensations tactiles

Mécanorécepteurs



Mécanorécepteurs

Adaptation

➡ Adaptation lente : SA

▶ Stimulus constant : pression, étirement

➡ Adaptation rapide : RA

▶ Impulsions : contact initial, vibration

Mécanorécepteurs

Résolution

- ➔ Faible résolution : Type I
 - ▶ Champ de captation large
 - ▶ Profond
- ➔ Haute résolution : Type II
 - ▶ Champ de captation restreint
 - ▶ Surface

Mécanorécepteurs

	Adaptation rapide	Adaptation lente
Surface	Corpuscules de Meissner	Disques de Merkel
Profond	Corpuscules de Pacini	Corpuscules de Ruffini

Mécanorécepteurs

Type	RAI	RAII ou PC	SAI	SAII
Terminaison nerveuse	Corpuscules de Meissner	Corpuscules de Pacini	Disques de Merkel	Corpuscules de Ruffini
Stimulus	Déplacement de la peau	vibrations hautes fréquences	bords, points, coins, courbes	étirements de la peau
Fréquences	1 - 300Hz	10 - 1000Hz	0 - 100Hz	0 - ?Hz
Précision spatiale	3mm	>10mm	0,5m	>7mm

Variabilité

➔ Température

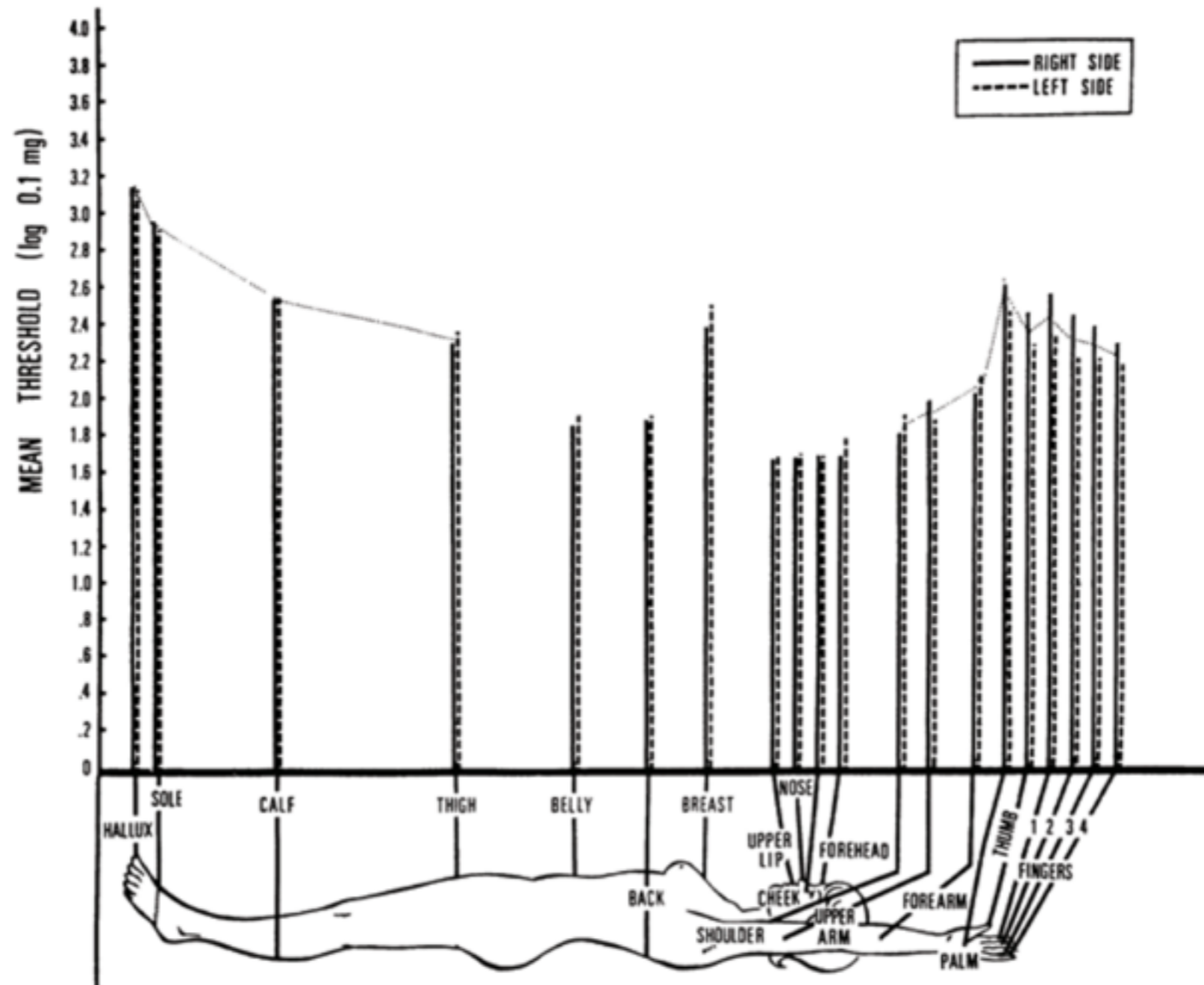
➔ Âge

➔ Pilosité

Mesures

- ➔ Seuil de détection
 - ▶ Minimum perceptible
- ➔ Seuil de discrimination (relatif) JND
 - ▶ Différence entre deux signaux distincts
- ➔ Seuil d'identification (absolu)
 - ▶ Identification d'un signal parmi une collection

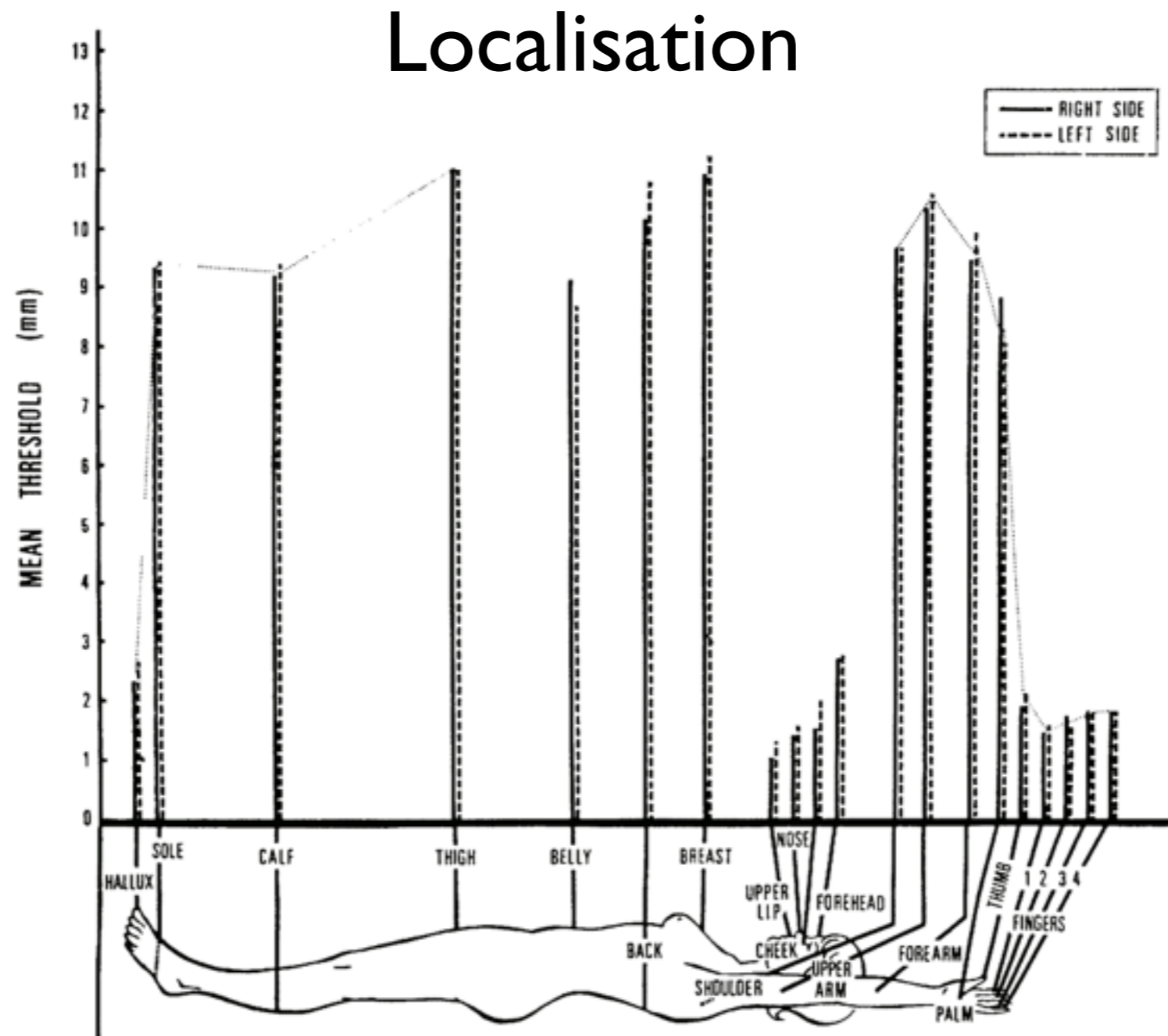
Détection de pression



S. Weinstein

Intensive and Extensive Aspects of Tactile Sensitivity as a Function of Body Part, Sex, and Laterality.
The Skin Senses, 1968, 195-222

Précision spatiale

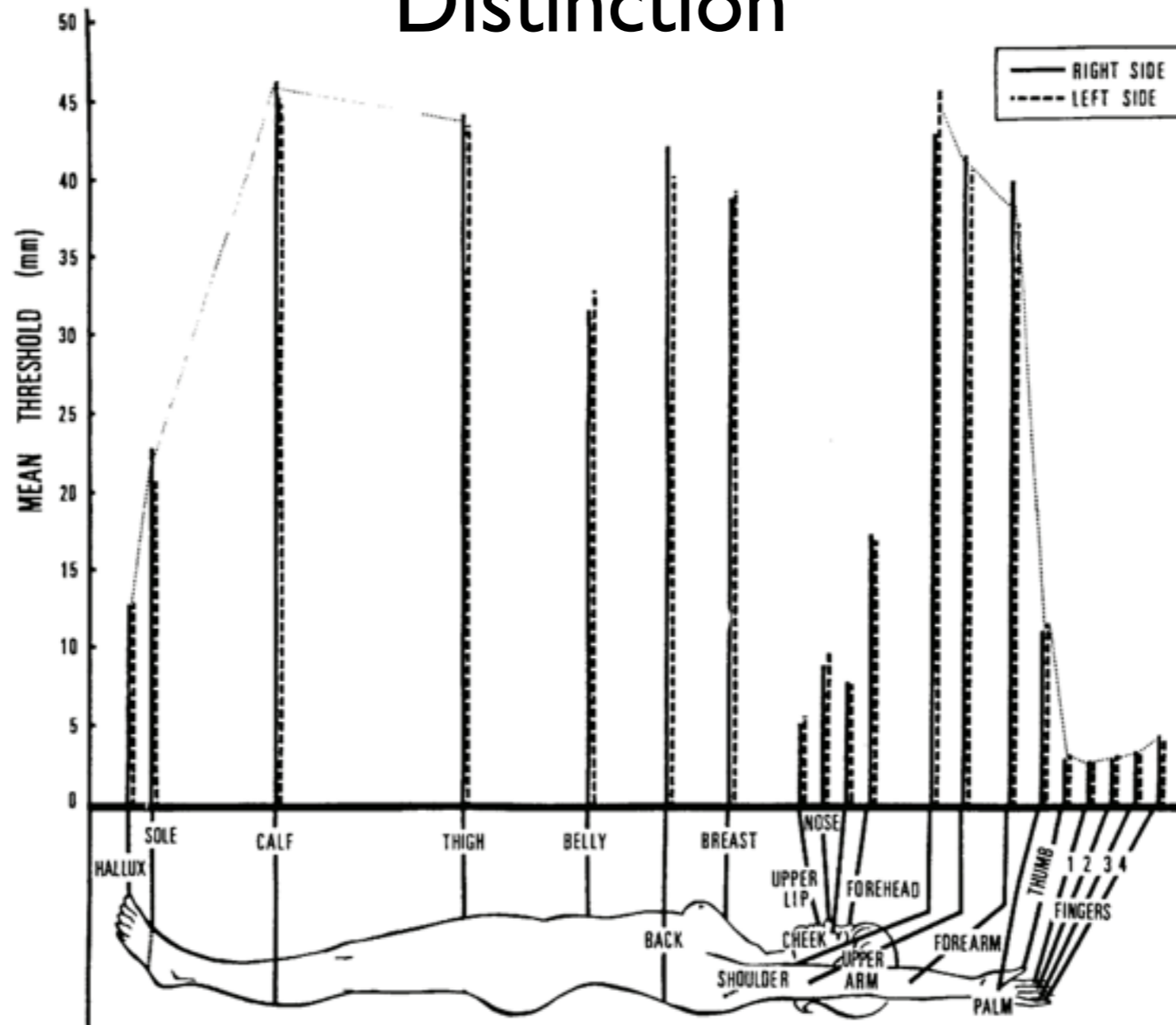


S. Weinstein

Intensive and Extensive Aspects of Tactile Sensitivity as a Function of Body Part, Sex, and Laterality.
The Skin Senses, 1968, 195-222

Précision spatiale

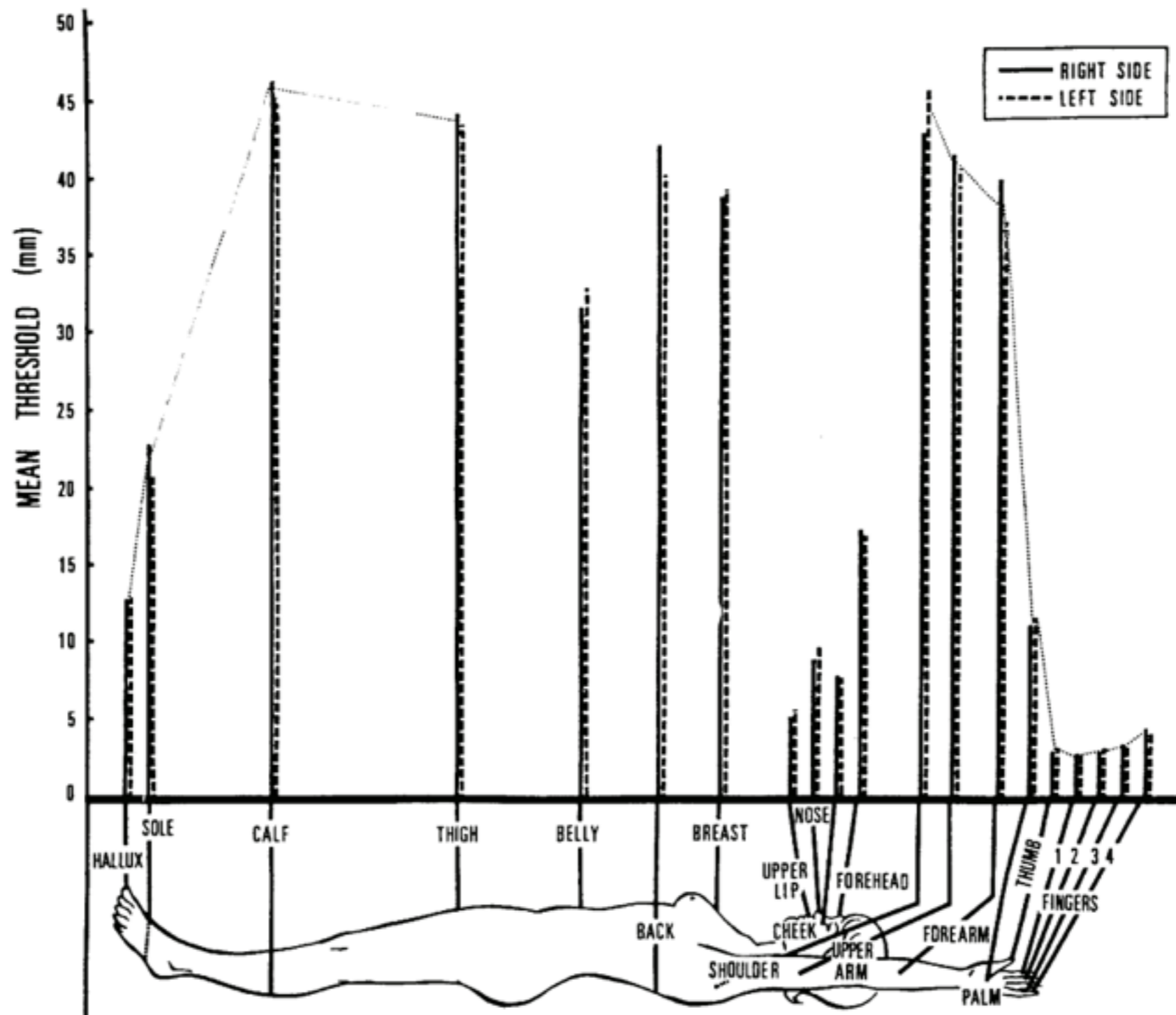
Distinction



S. Weinstein

Intensive and Extensive Aspects of Tactile Sensitivity as a Function of Body Part, Sex, and Laterality.
The Skin Senses, 1968, 195-222

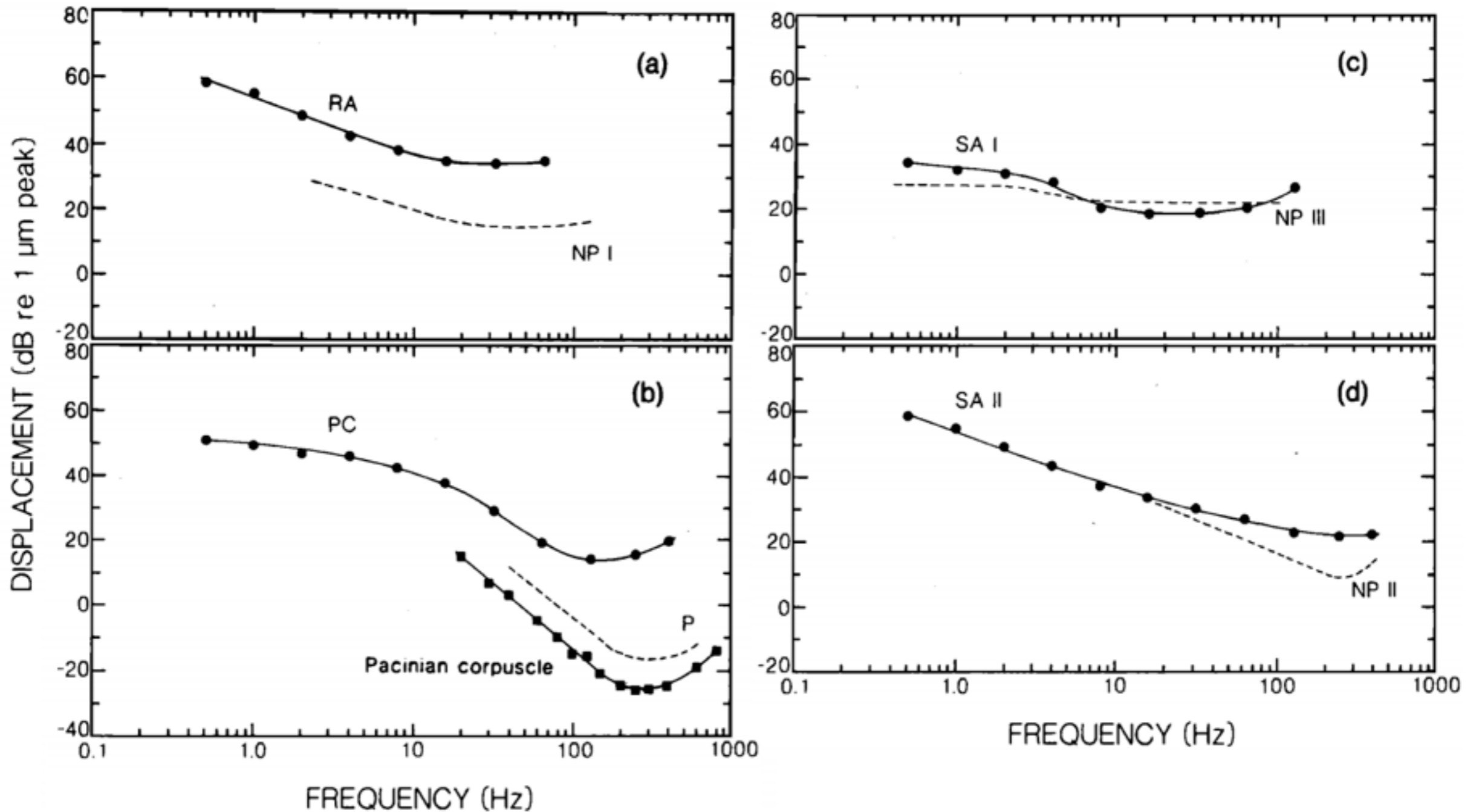
Précision temporelle



S. Weinstein

Intensive and Extensive Aspects of Tactile Sensitivity as a Function of Body Part, Sex, and Laterality.
The Skin Senses, 1968, 195-222

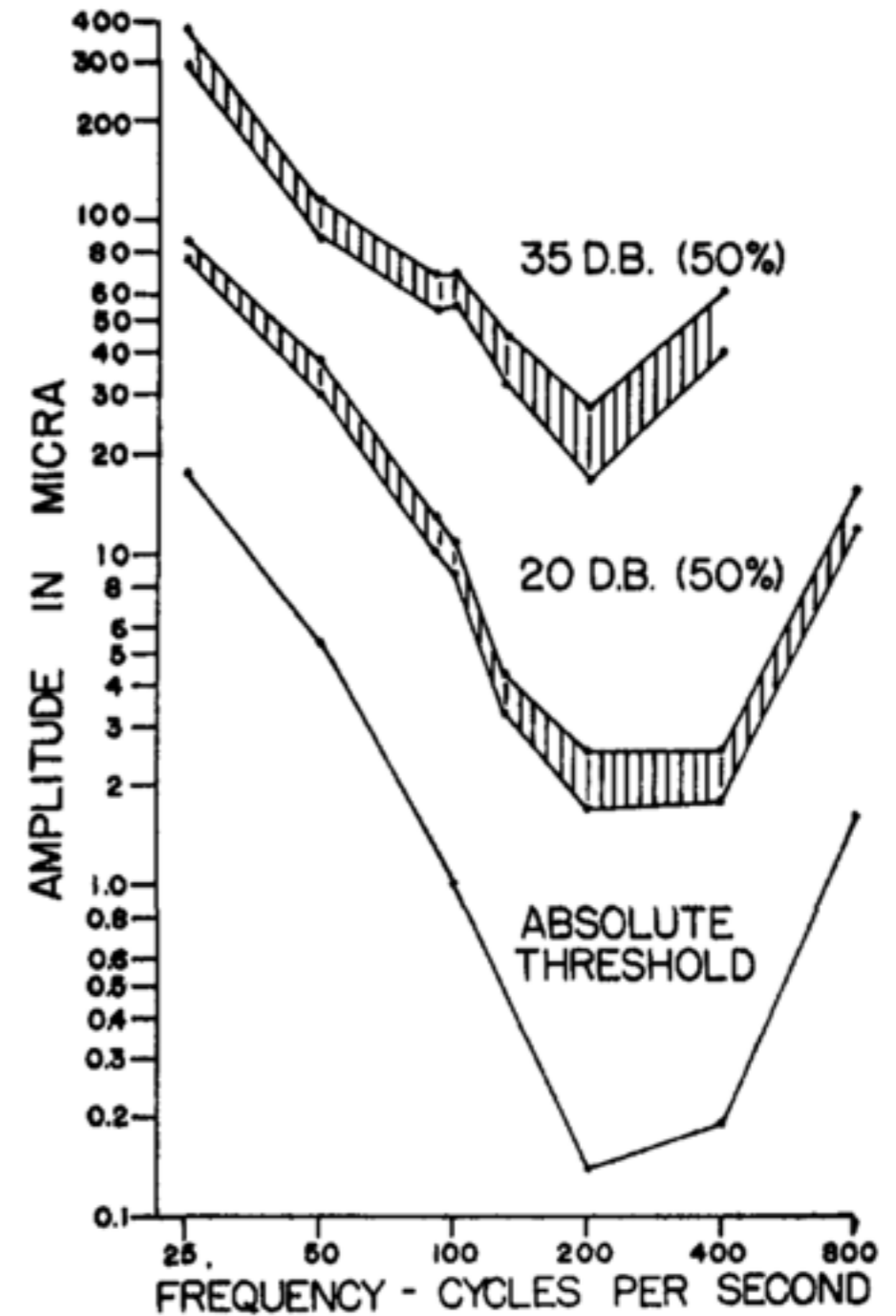
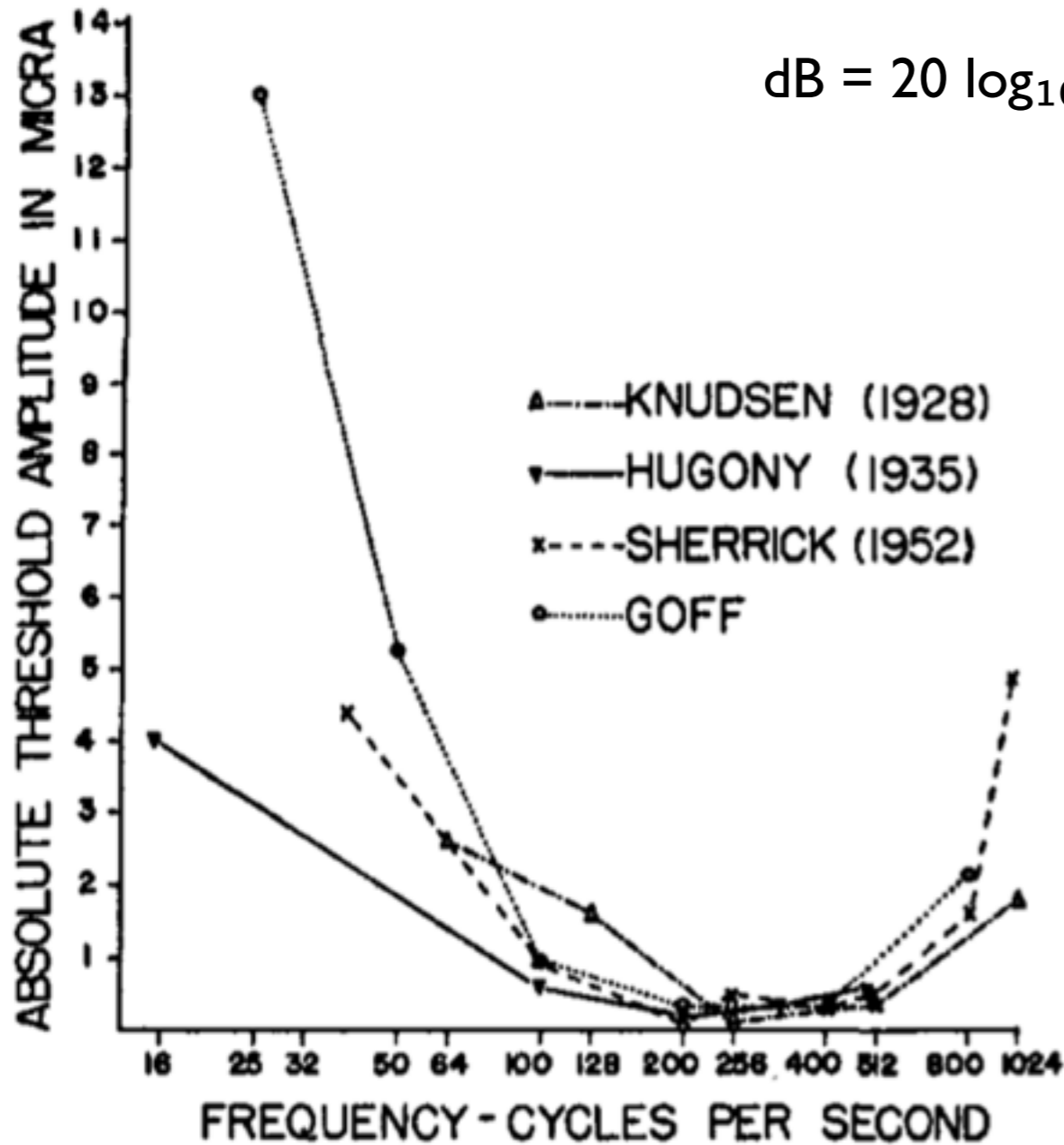
Canaux tactiles



S. J. Bolanowski, G.A. Gescheider, R.T. Verillo, C. M. Checkosky
Four channels mediate the mechanical aspects of touch
Journal of the Acoustical Society of America, 1988, 84(5), 1680–1694.

JND

$$\text{dB} = 20 \log_{10} (d / I_{\mu\text{m}})$$



Genevieve D. Goff

Differential discrimination of frequency of cutaneous mechanical vibration

Journal of Experimental Psychology 74, 2 (1967), 294–299

Méthode des limites

Le participant reçoit alternativement des stimulus croissants et décroissants.

Il indique quand la perception change.

+ Rapide

+ Tâche facile

– Erreurs de persévération

– Erreurs d'anticipation

Méthode d'ajustement

Le participant règle lui-même la valeur du stimulus afin de le percevoir ou l'égaliser à la valeur témoin.

+ Rapide

+ Tâche facile

– Fiabilité

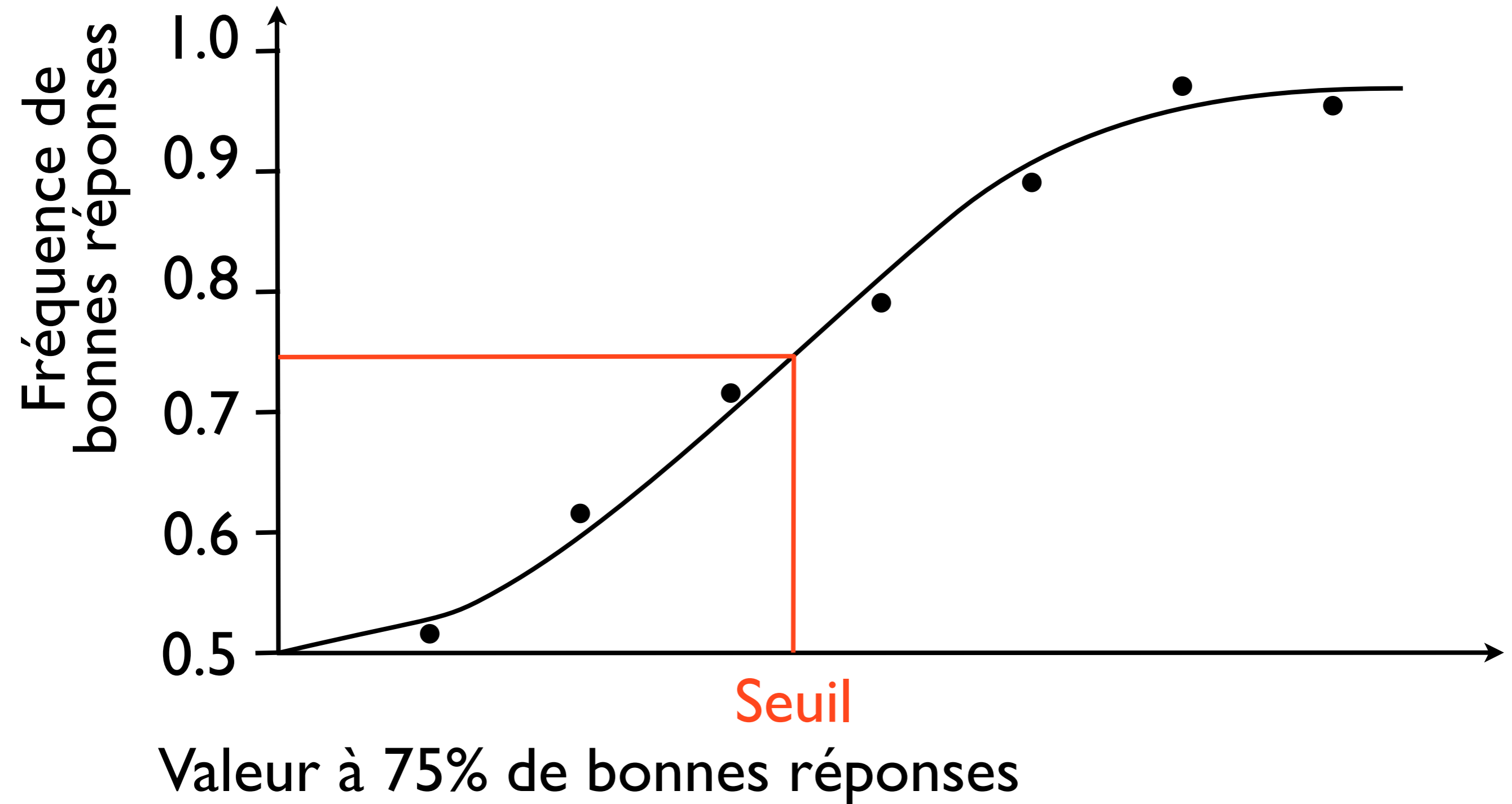
– Pas de fonction psychométrique

Méthode des stimuli constants

Le participant reçoit plusieurs fois des stimuli de valeurs différentes, et doit indiquer si il les perçoit.

- + Fonction psychométrique
- + Pas d'erreurs de persévérance
- + Pas d'erreurs d'anticipation
- Long

Fonction psychométrique



Méthode ABX

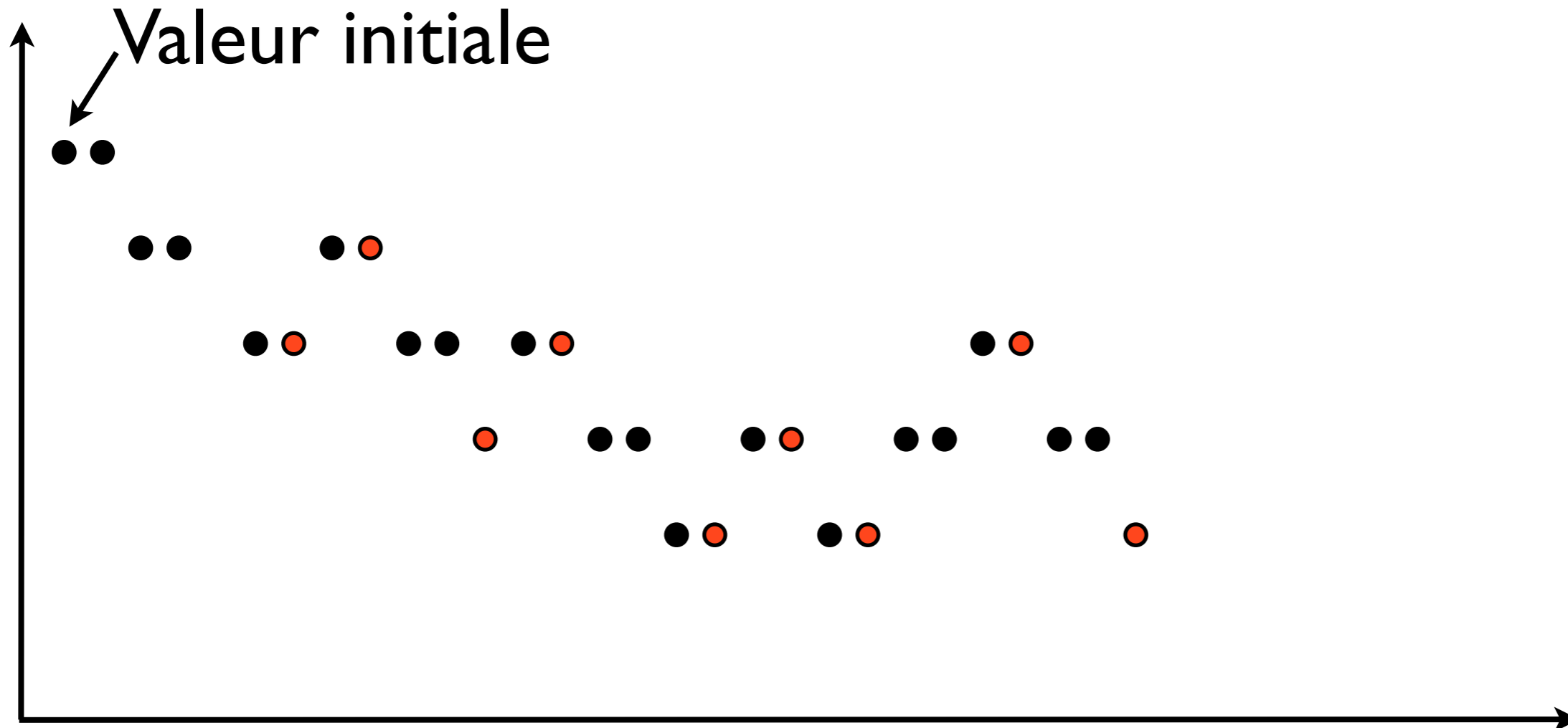
Le participant doit déterminer lequel de deux stimuli est égal à un troisième stimuli témoin.

- + Rapide
- + Tâche facile
- Erreurs de persévérance

Alternative Forced Choice

- ➔ « Lequel est le plus grand/fort/... ? »
- ➔ Choix forcé
- ➔ 1 stimulus test, 1 ou 2 stimulus base
- ➔ 2AFC : chance 50%, 3AFC : chance 33%

Procédure adaptative



- ➡ 1 haut / 2 bas : réduit la chance
- ➡ • 9 inversions : convergence
- ➡ JND : moyenne aux inversions

Fraction de Weber

Le seuil de discrimination est proportionnel à l'intensité du signal.

$$\frac{\Delta I}{I} = k$$

➔ ΔI : seuil de discrimination

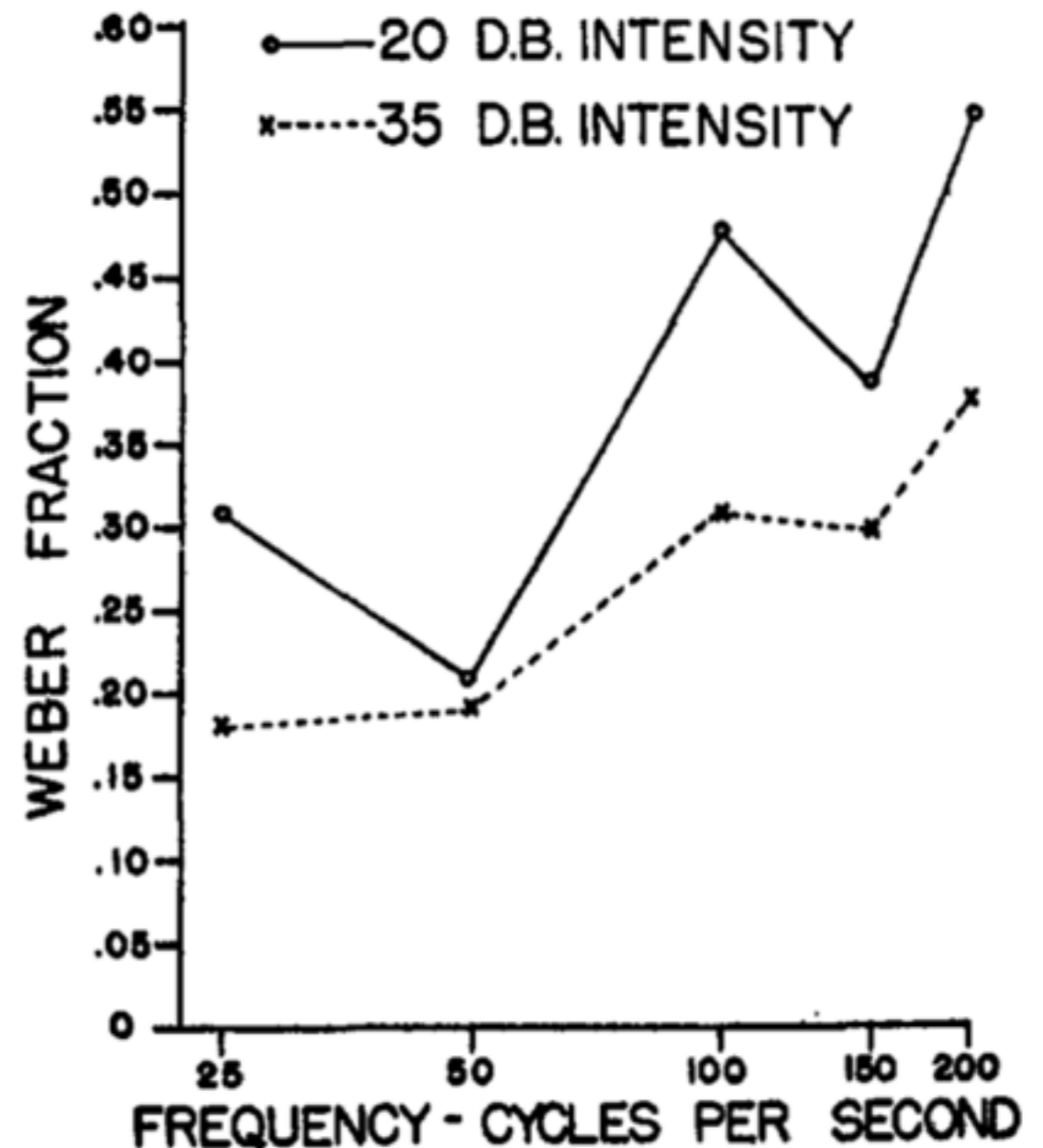
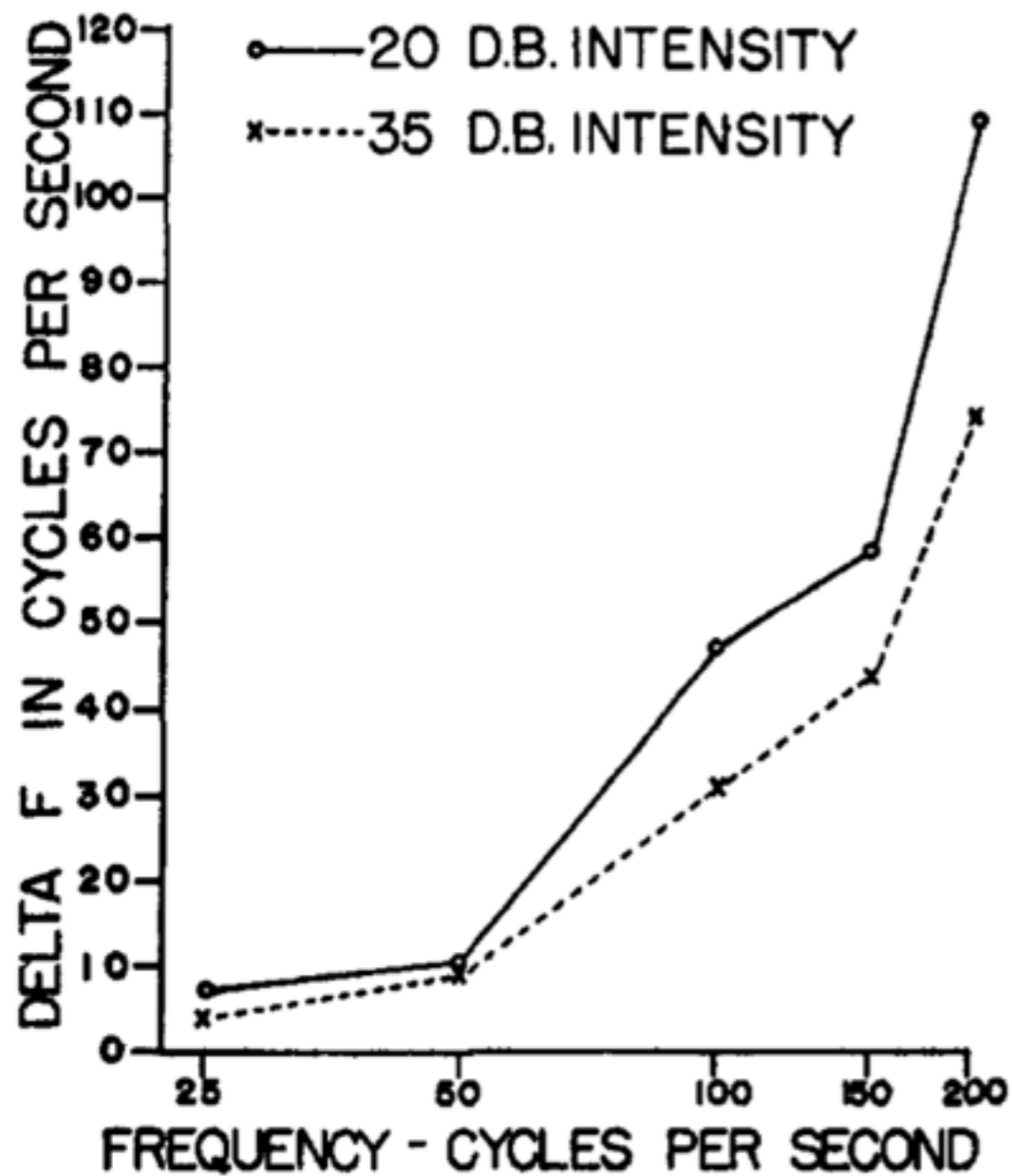
➔ I : intensité du signal

➔ k : constante

Exemples

- ➔ Fréquence audio : $k = 0,003$
- ➔ Luminosité visuelle : $k = 0,016$
- ➔ Poids porté : $k = 0,019$
- ➔ Goût salé : $k = 0,2$

Fraction de Weber

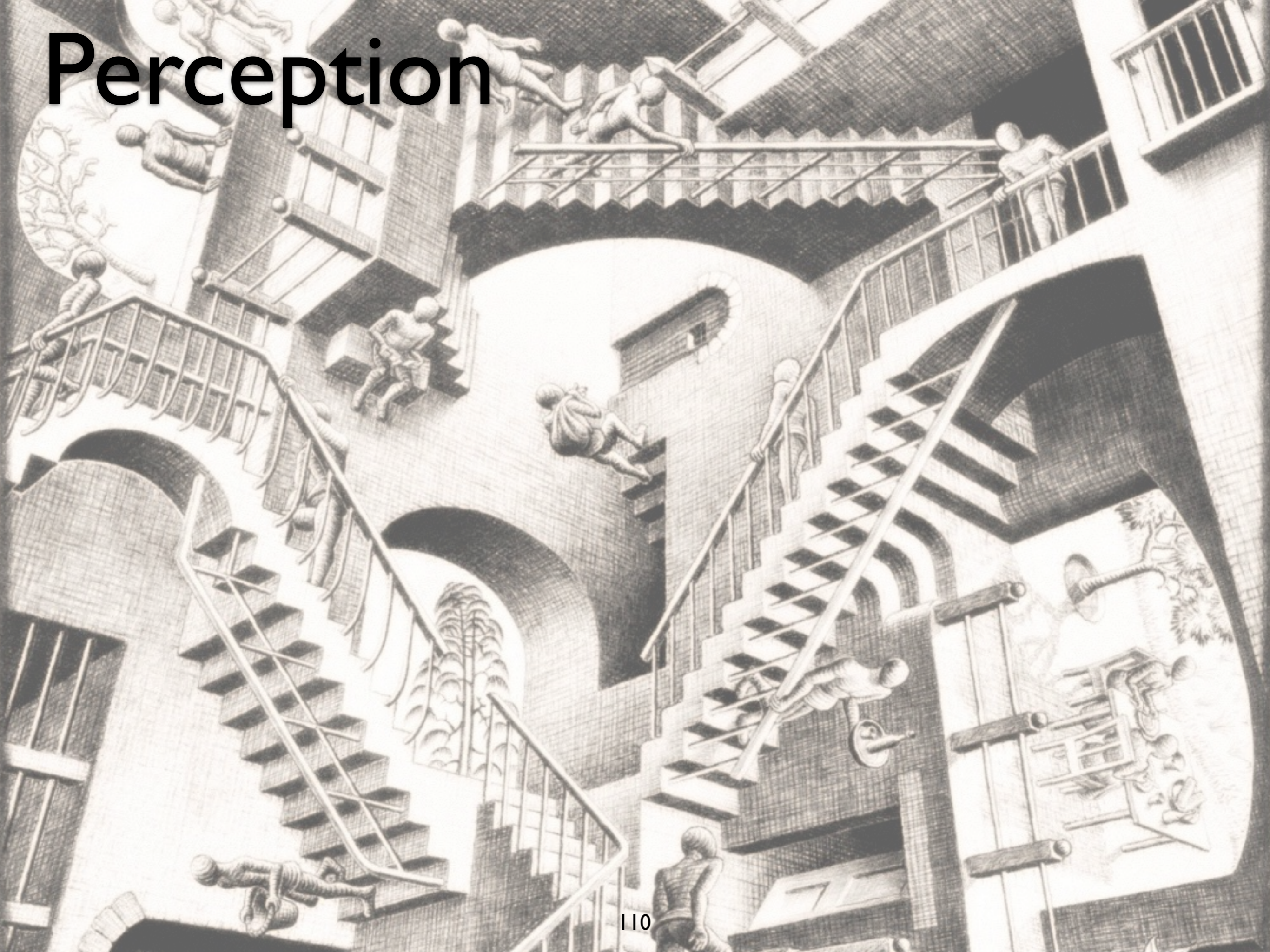


Genevieve D. Goff

Differential discrimination of frequency of cutaneous mechanical vibration

Journal of Experimental Psychology 74, 2 (1967), 294-299

Perception



Stratégies exploratoires

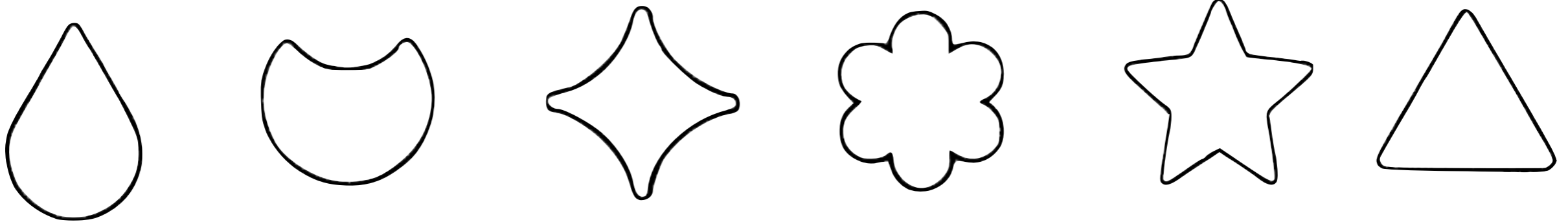
➡ Actif : mouvement pour explorer

▶ Propriétés des objets

➡ Passif : contact immobile

▶ Sensations

Les moules à biscuits



➡ Exploration passive

▶ 29% de reconnaissance

➡ Exploration active

▶ 95% de reconnaissance

James J. Gibson

Observations on Active Touch

Psychological Review, 1962, 69(6), 477–491.

Gibson VS Enaction

Procédures exploratoires

➡ Mouvement

- ▶ Statique / dynamique

➡ Direction

- ▶ Normal / tangentiel

➡ Région

- ▶ Surface / angles

➡ Espace contraint

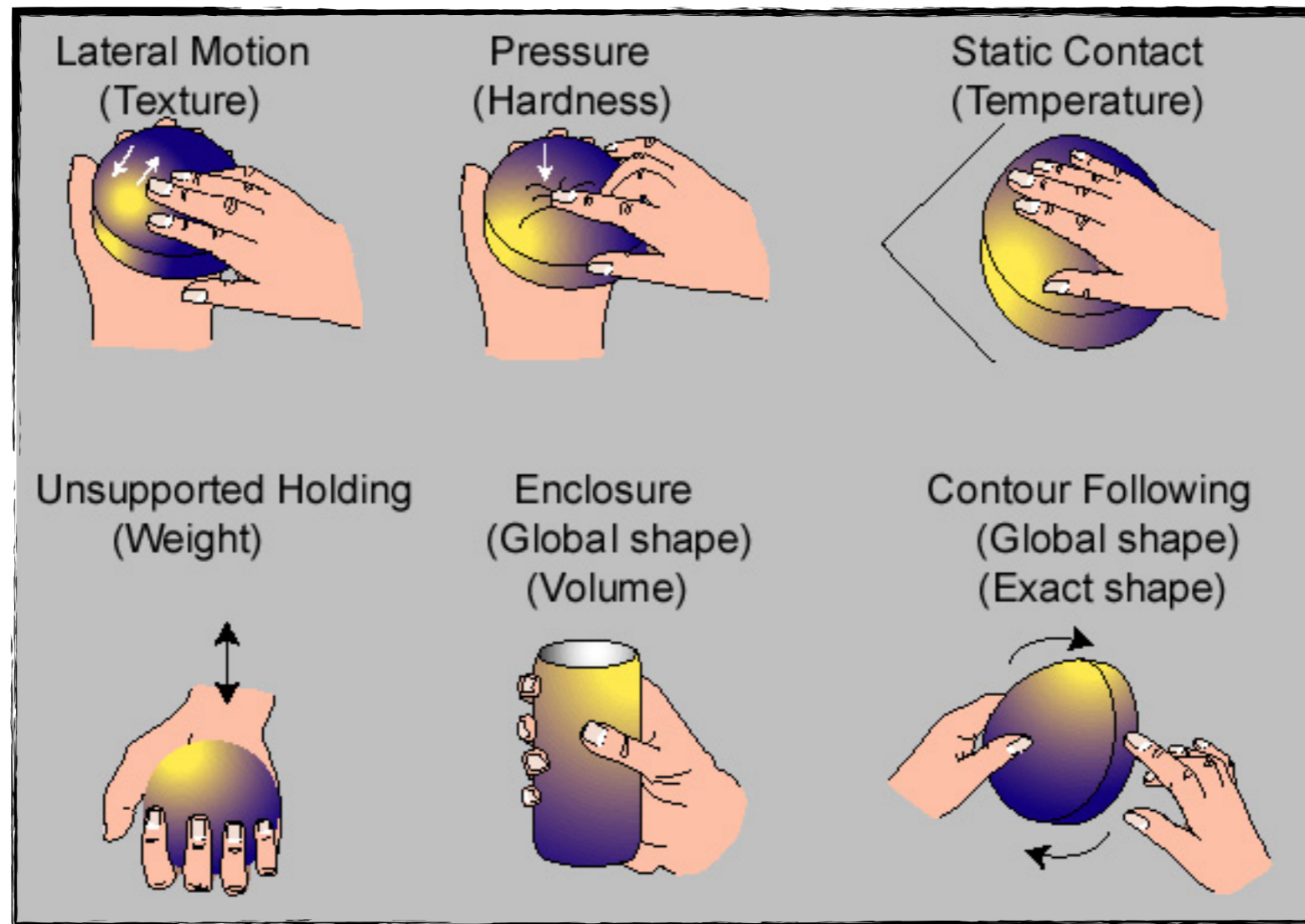
- ▶ Posé / porté

Susan J. Lederman, Roberta L. Klatzky

Hand movements: A window into haptic object recognition.

Cognitive Psychology, 19, 342–368.

Procédures exploratoires



Susan J. Lederman, Roberta L. Klatzky

Hand movements: A window into haptic object recognition.

Cognitive Psychology, 19, 342–368.

Procédures exploratoires

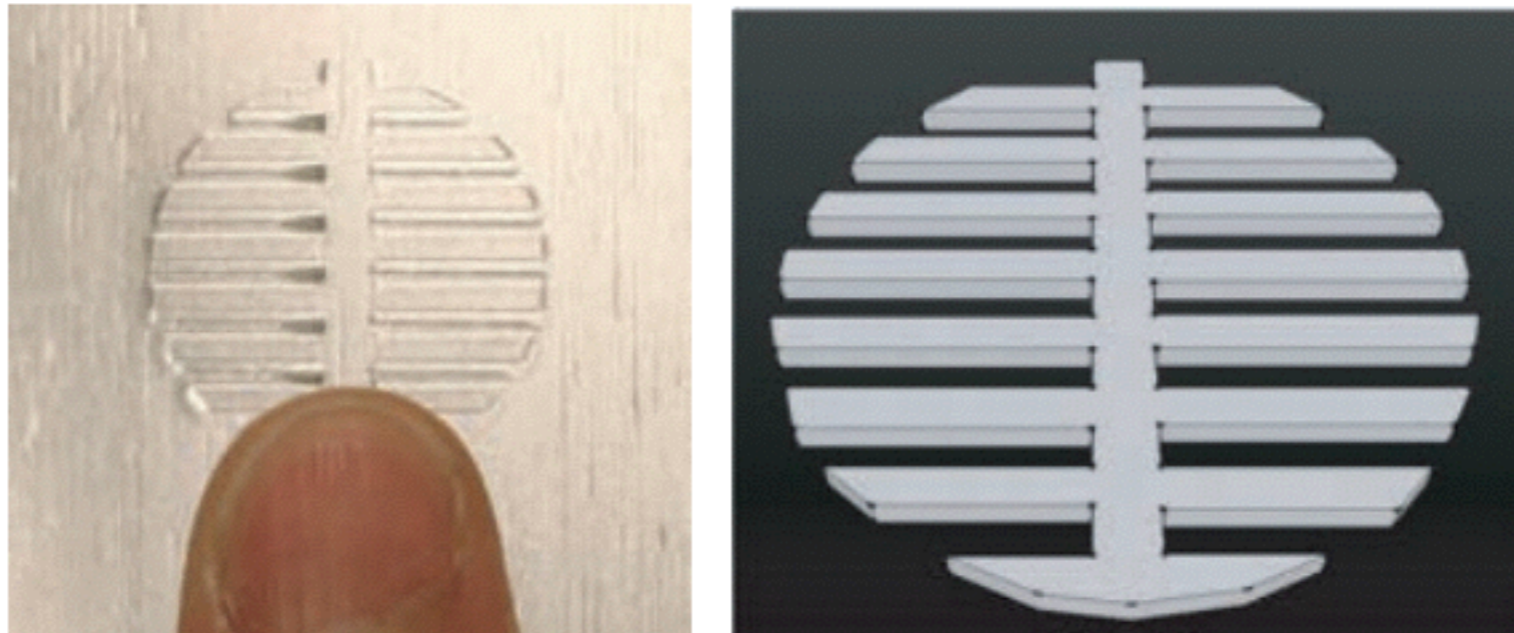
	Mouvement	Direction	Région	Espace contraint
Contact statique	Statique	Normale	Surface	Non
Pression	Dynamique	Normale	Surface	Non
Mouvement latéral	Dynamique	Tangentielle	Surface	Non
Enveloppe	Statique	Normale	Surface et angles	Non
Suivi de contour	Dynamique	Tangentielle	Angles	Non
Soulèvement	Statique	Normale	Surface et angles	Oui

Susan J. Lederman, Roberta L. Klatzky

Hand movements: A window into haptic object recognition.

Cognitive Psychology, 19, 342–368.

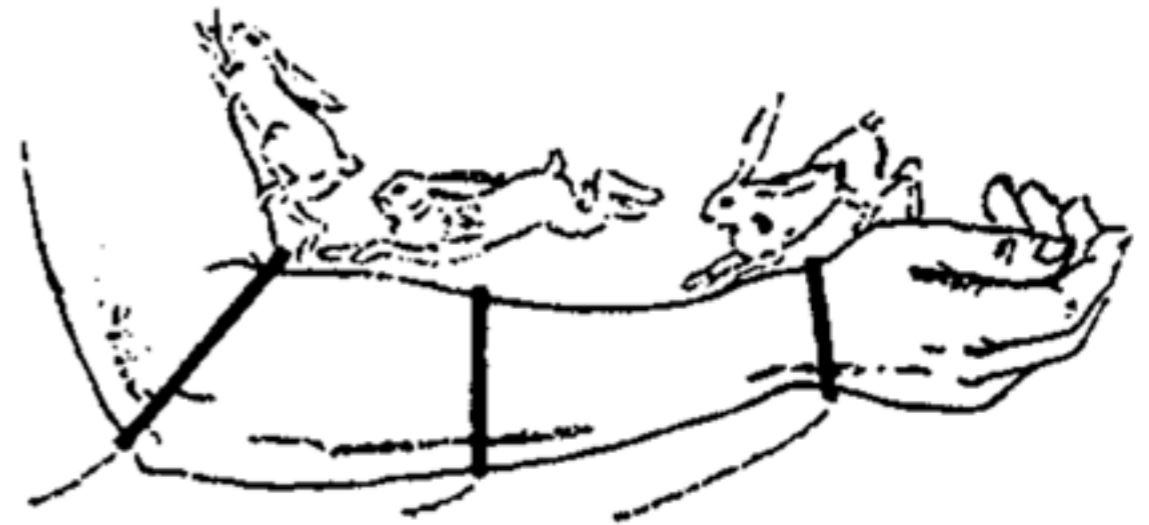
Fishbone illusion



Masashi Nakatani, Robert D. Howe, Susumu Tachi
The Fishbone Tactile Illusion
Eurohaptics 2006,

Cutaneous Rabbit

- ➔ Vibrations répétées
- ➔ Illusion de déplacement

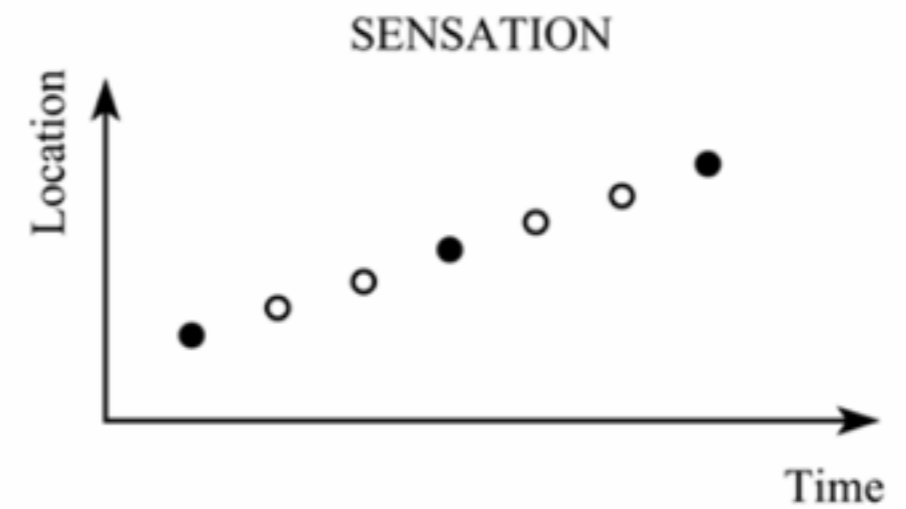
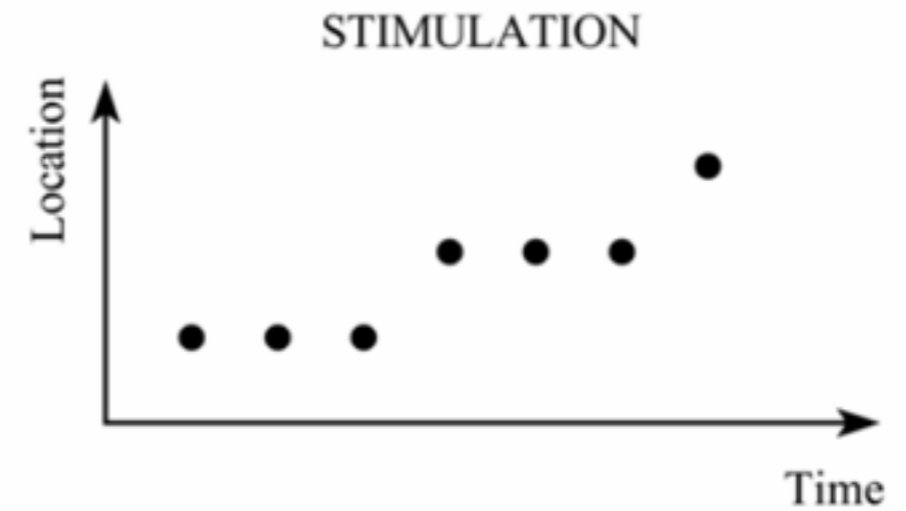


F.A. Geldard

The mutability of time and space on the skin

Journal of the Acoustical Society of America, 1985, 77 (1), 233-237

Saltation



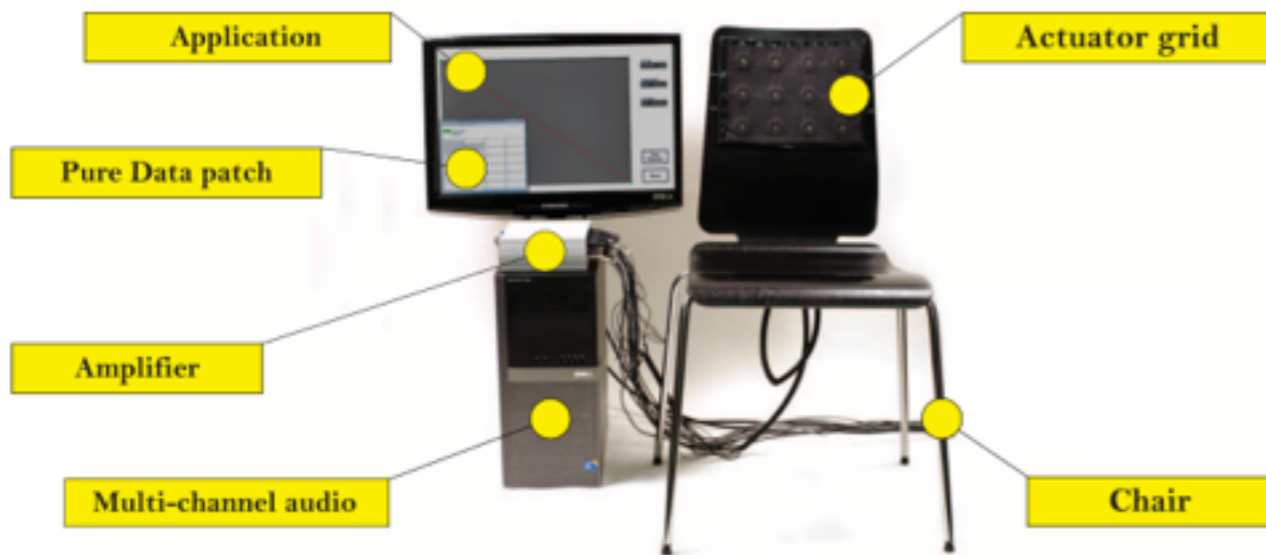
Hong Z. Tan, Rob Gray, J. Jay Young, and Ryan Traylor
A haptic back display for attentional and directional cueing,
Haptics-e, 2003, 3(1)

Funneling

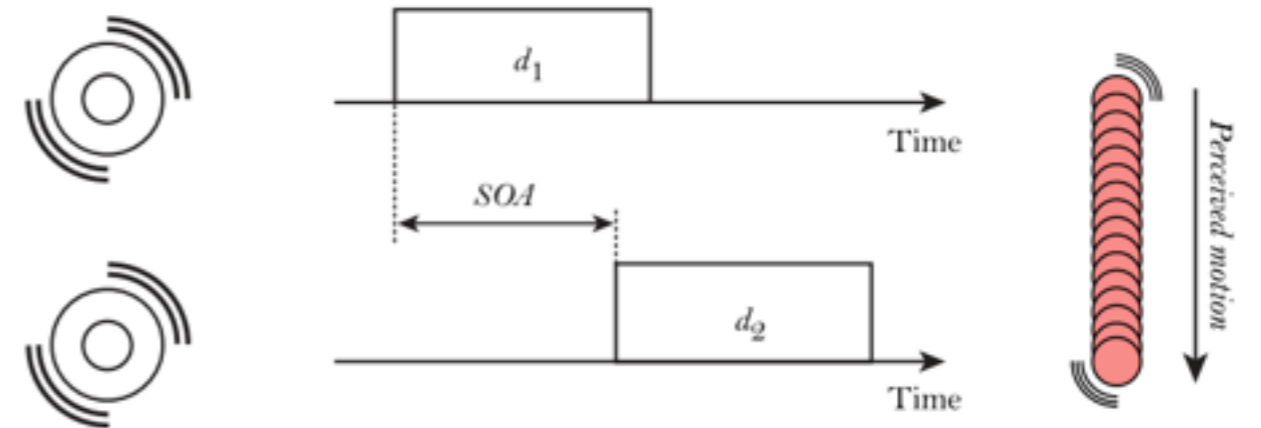
➡ Variation d'amplitude

➡ Vibreur virtuel au milieu

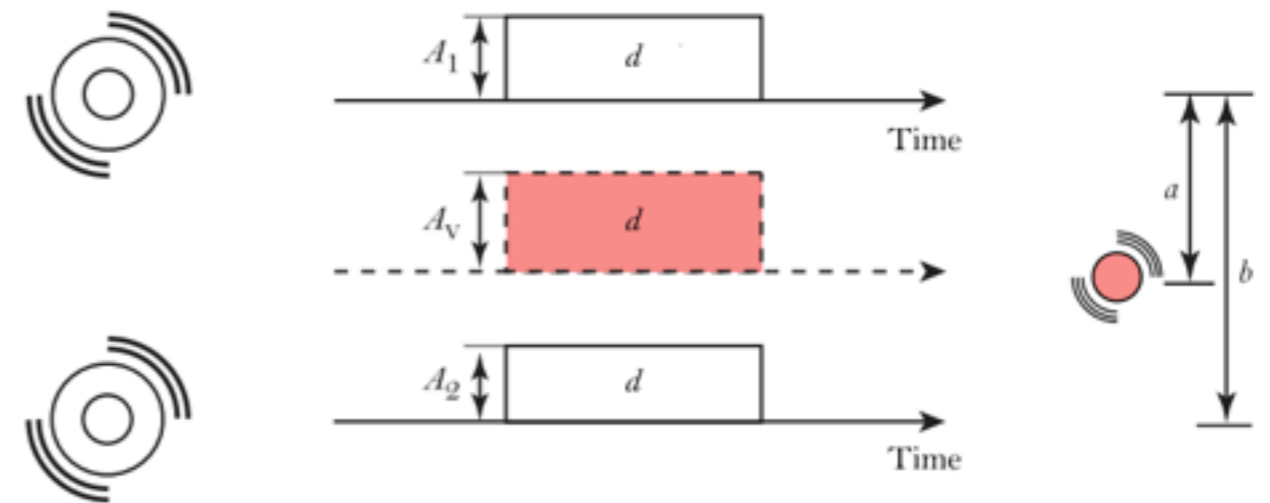
Tactile Brush



a. Apparent tactile motion.



b. Phantom tactile sensation.



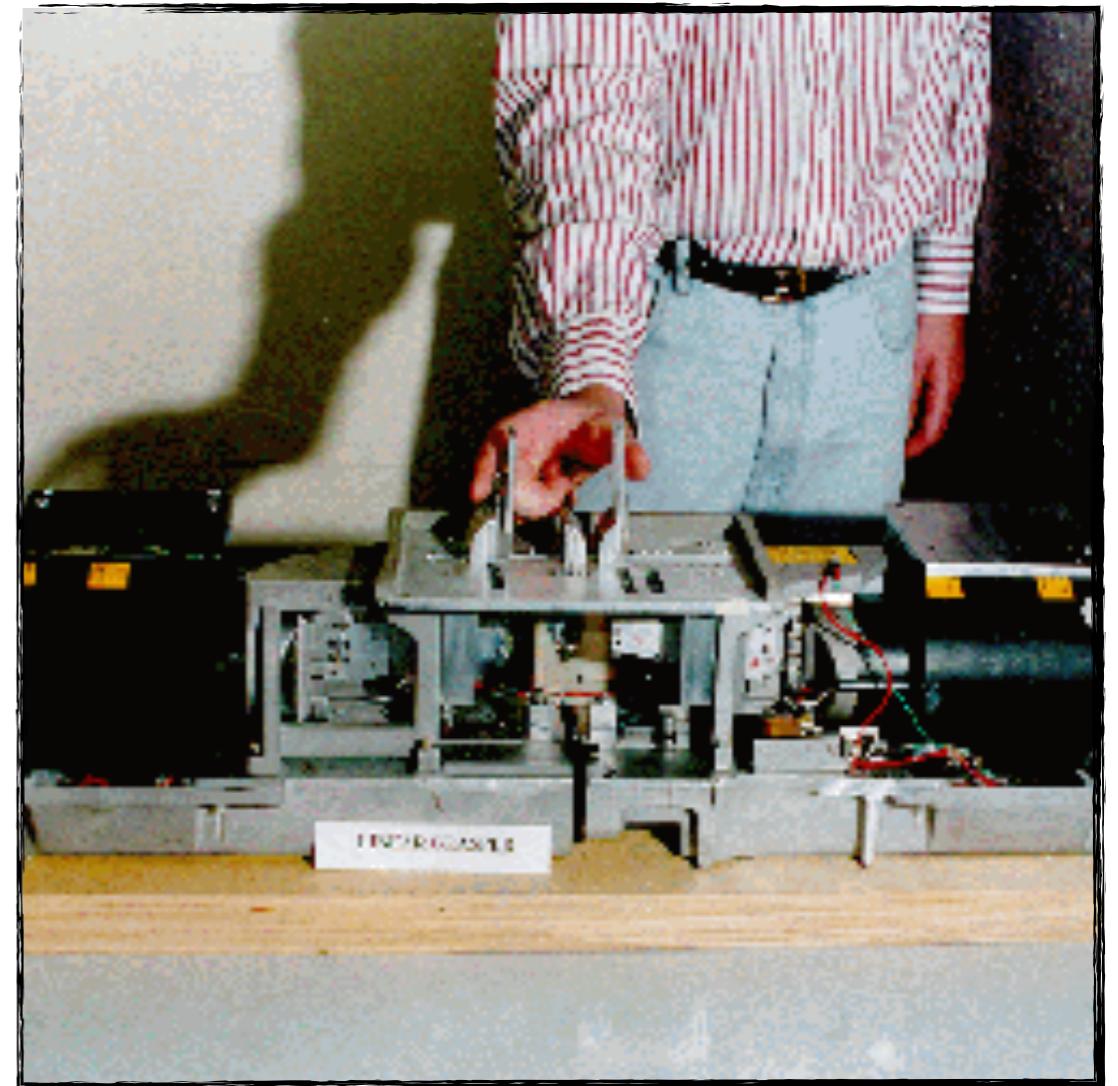
Ali Israr, Ivan Poupyrev
 Tactile Brush: Drawing on Skin with a Tactile Grid Display,
 CHI 2011, 2019-2028

Influence visuelle

➔ Retour tactile

VS

➔ Retour visuel



M.A. Srinivasan, G.L. Beauregard, D.L. Brock

The Impact of Visual Information on the Haptic Perception of Stiffness in Virtual Environments

ASME Dynamic Systems and Control Division, 1996, 58, 555-559

Pseudo-Haptique

Simule du retour de force avec un retour visuel



Anatole Lécuyer, Sabine Coquillart, Abderrahmane Kheddar, Paul Richard, and Philippe Coiffet
Pseudo-Haptic Feedback: Can Isometric Input Devices Simulate Force Feedback?
IEEE Virtual Reality, 2000, 83-90

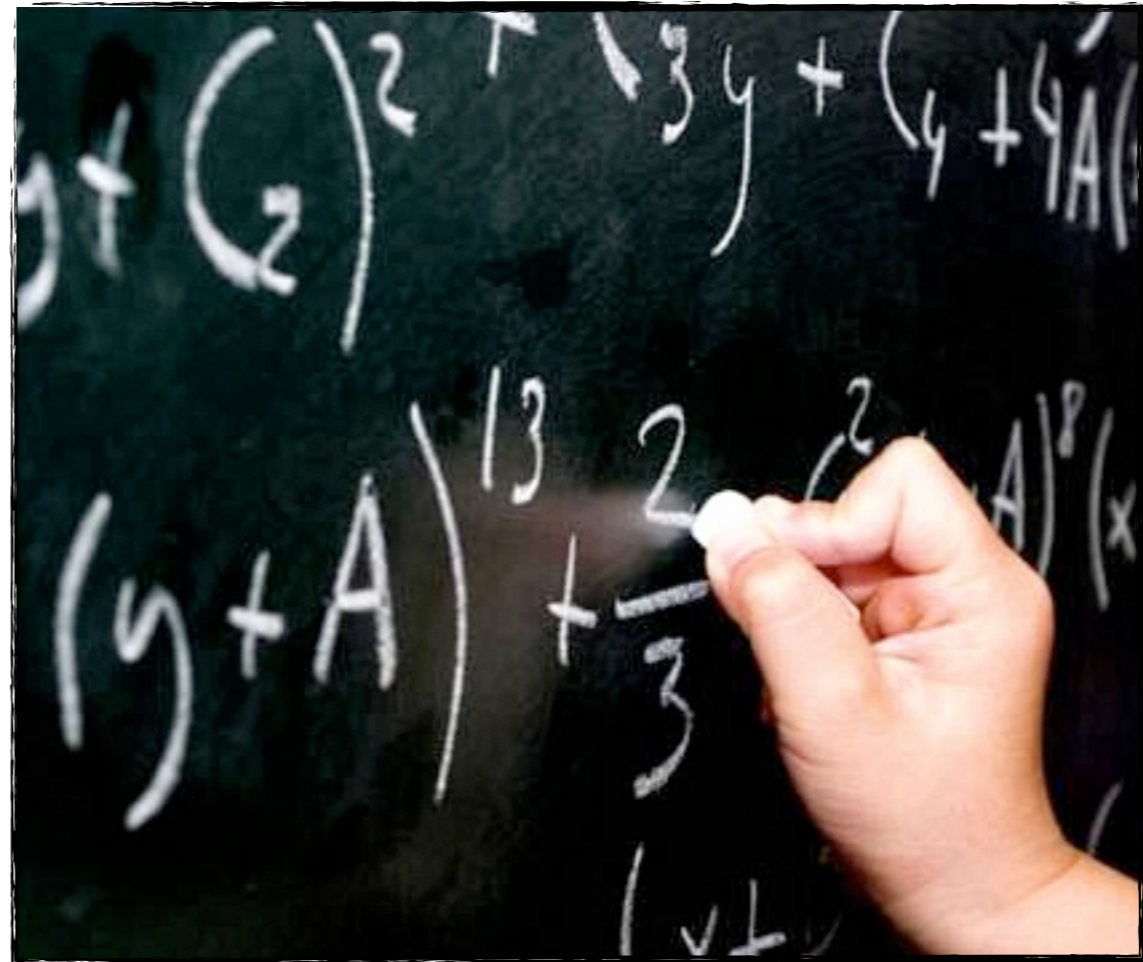
Influence Sonore

➔ Rugosité

➔ Dureté

➔ Humidité

➔ ...



Illusions de poids

2 objets de même poids

➡ Le plus petit semble plus lourd

Augustin Charpentier

Analyse expérimentale de quelques éléments de la sensation de poids

Archives de Physiologie Normale et Pathologique, 1891, 3, 122-135.

Illusions de poids

2 objets de même poids

➡ Celui étiqueté « Lourd » semble plus lourd

Miriam Reiner, David Hetch, Gad Helevy, Moran Furman
Semantic interference and facilitation in haptic perception
Eurohaptics 2006, 41-35.

Représentation

Association sémantique

- ➔ Niveau lexical
 - ▶ Paramètres et valeurs
- ➔ Niveau syntaxique
 - ▶ Icônes
- ➔ Niveau sémantique
 - ▶ Information \Leftrightarrow icône

Classification de Bernsen

- ➔ Linguistique / non linguistique
- ➔ Analogue / non analogue
- ➔ Arbitraire / non arbitraire
- ➔ Statique / dynamique
- ➔ Graphique / sonore / tactile

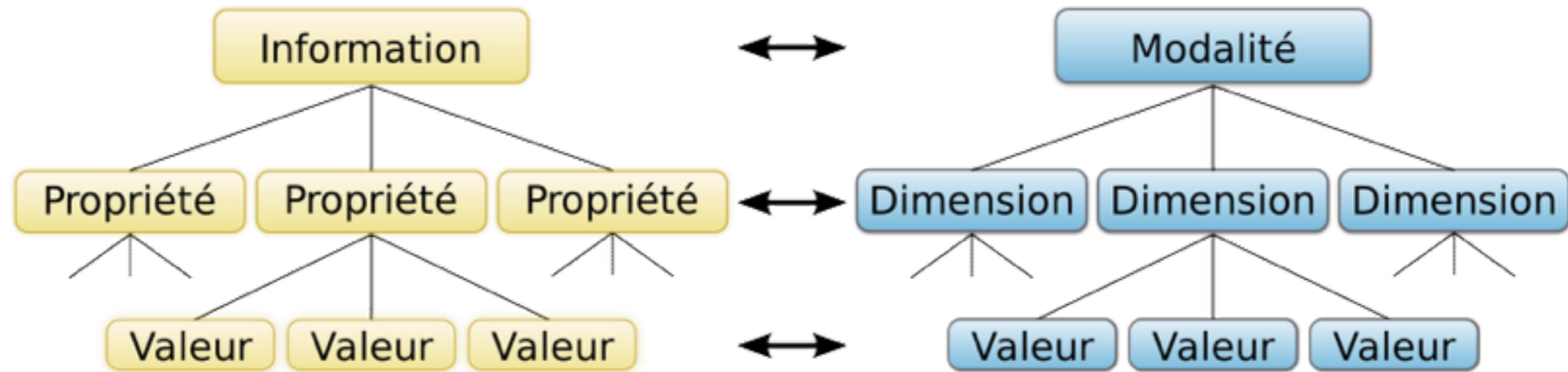
Niels Ole Bernsen

Modality theory : supporting multimodal interface design.

ERCIM Workshop on Multimodal Human-Computer Interaction, 1993, 37–44

Tactons

University of Glasgow



Un Tacton est un message tactile abstrait et structuré, pouvant être utilisé pour transmettre de l'information de manière non-visuelle

Stephen A. Brewster, Lorna M. Brown
Non-Visual Information Display Using Tactons.
CHI 2004, 787-788.

Tactons

Vibreurs

- ➔ Rythme (durées, tempo)
- ➔ Rugosité (modulations)
- ➔ Localisation



Stephen A. Brewster, Lorna M. Brown
Non-Visual Information Display Using Tactons.
CHI 2004, 787-788.

Tactons

Matrices à picots

- ➔ Vitesse (durées, tempo)
- ➔ Motif (config picots)
- ➔ Taille (nb picots)

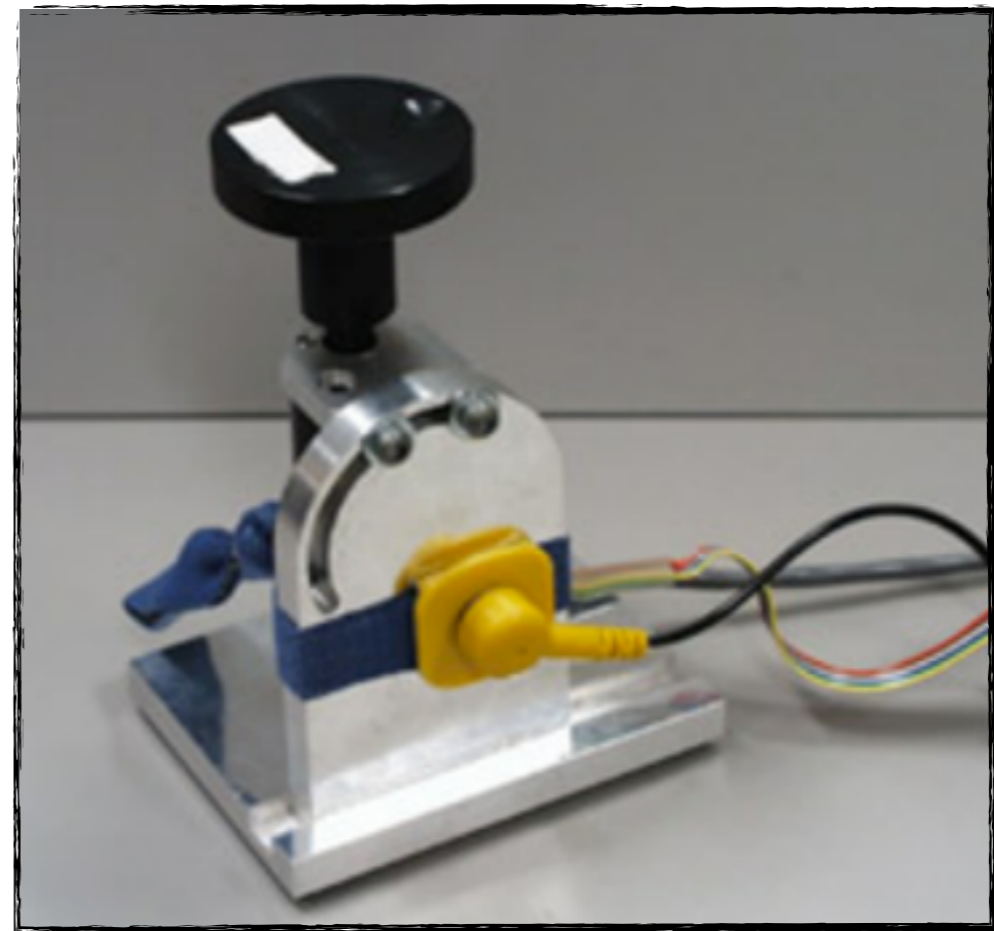


Thomas Pietrzak, Andrew Crossan, Stephen A. Brewster, Benoit Martin, Isabelle Pecci
Creating Usable Pin Array Tactons for Non-Visual Information
IEEE Transactions on Haptics, 2(2), 2009. 61-72

Haptic icons

University of British Columbia

- ➔ **Forme**
- ➔ **Fréquence**
- ➔ **Amplitude**



Mario Enriquez, Karon E. Maclean

The Hapticon Editor : a tool in support of haptic communication research.

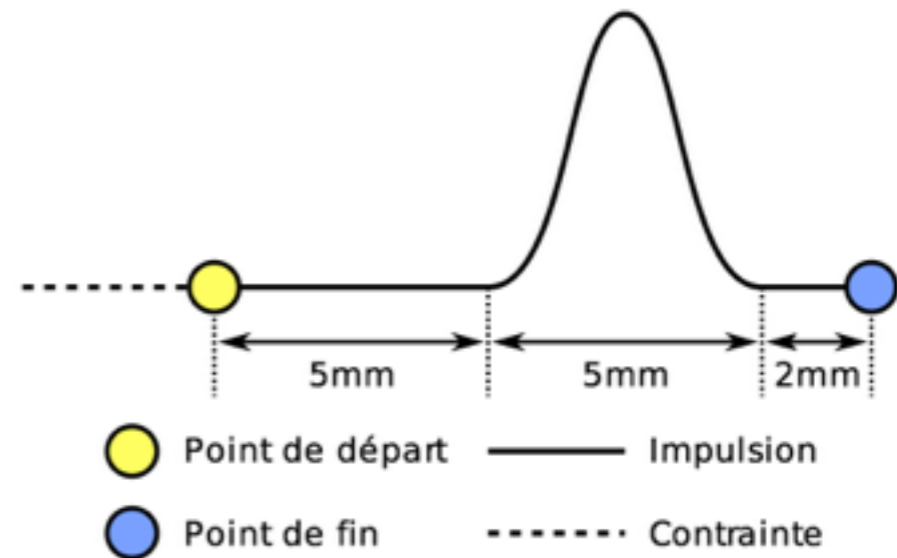
HAPTICS 2003n 356–362

PICOB

Université de Metz

➔ Taille

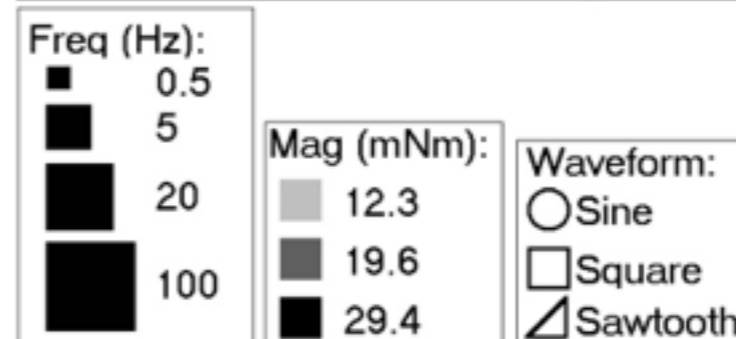
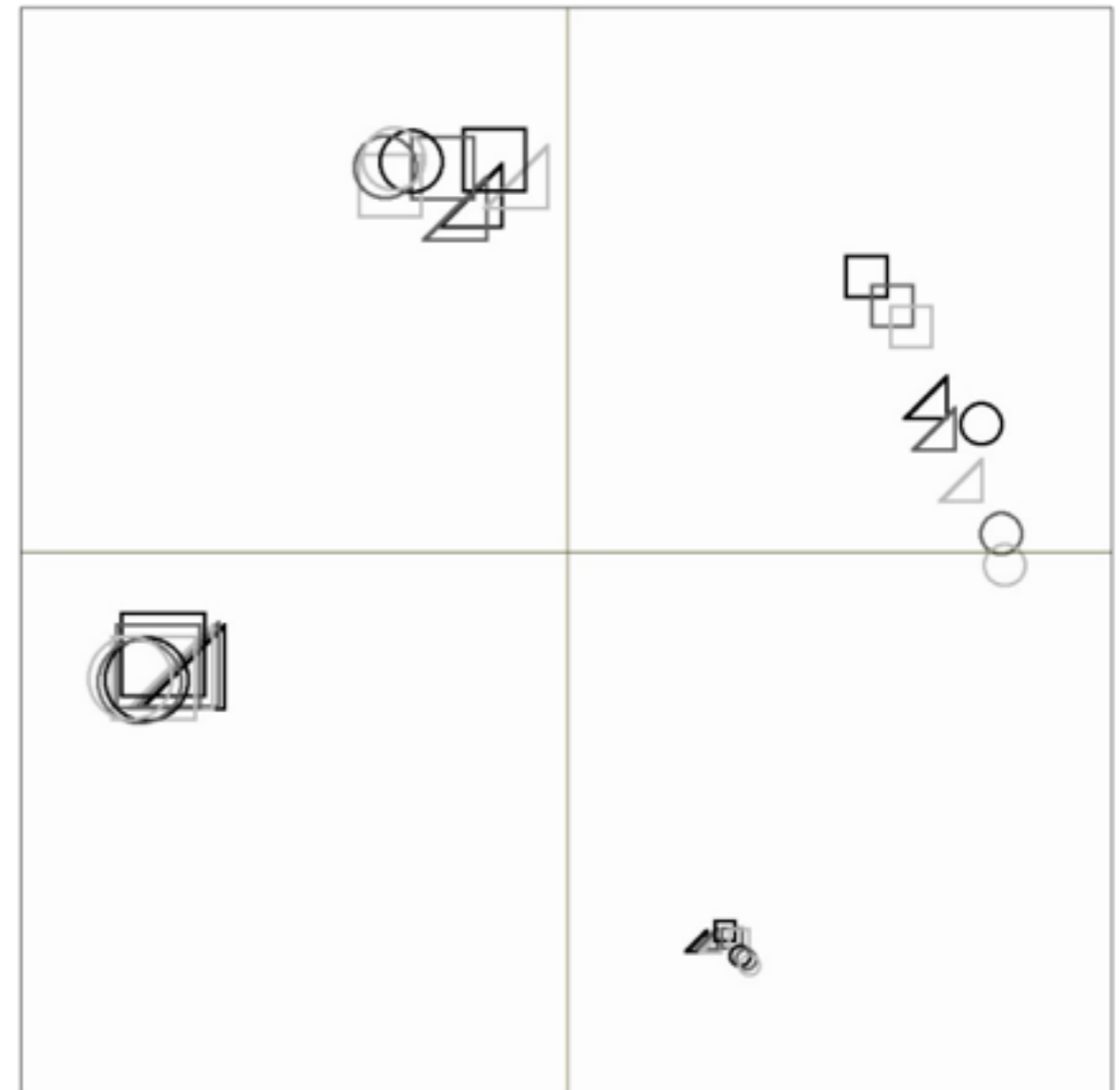
➔ Amplitude



Thomas Pietrzak, Benoit Martin, Isabelle Pecci.
Information display by dragged haptic bumps.
Enactive, 2005.

Multi-Dimensional Scaling

- ➔ Nombre de groupes fixé
- ➔ Mesure de similarité
- ➔ Extraction de clusters

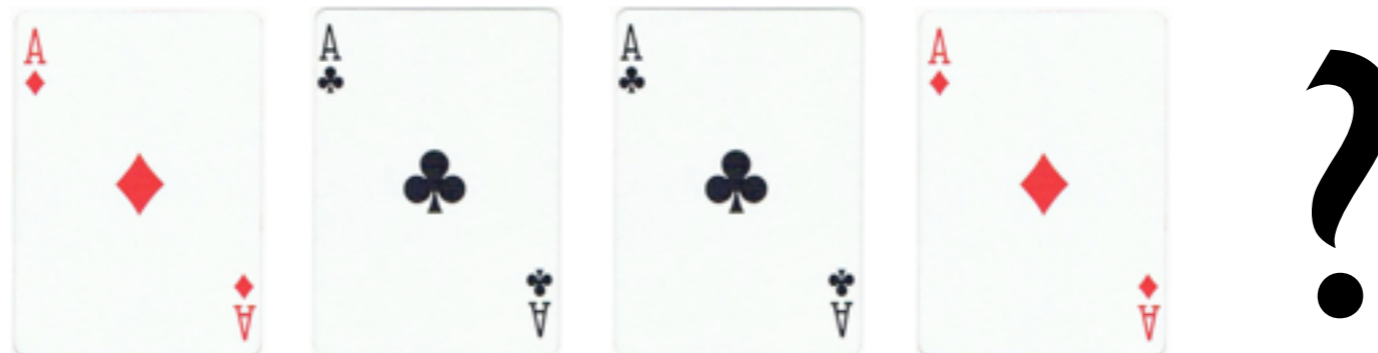


Réduction d'Incertitude

Prédiction



Tirage



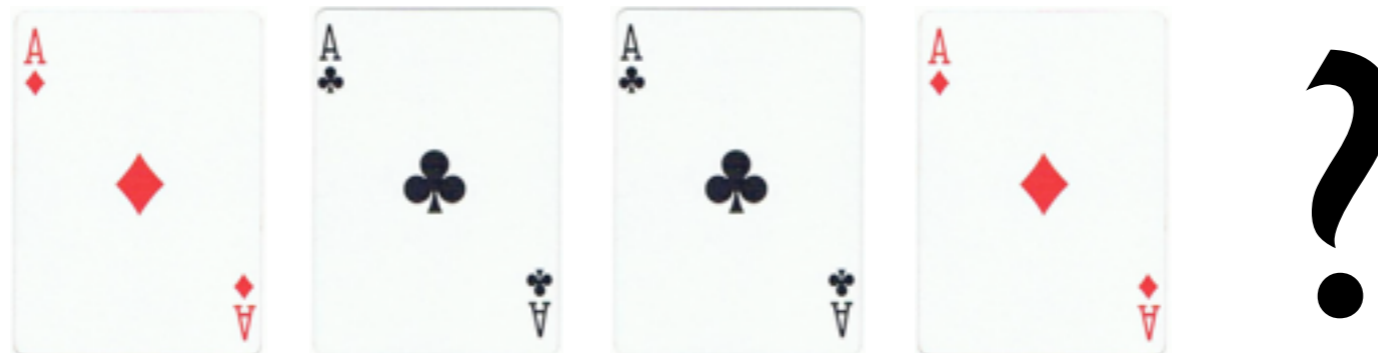
100%

Réduction d'Incertitude

Prédiction



Tirage



100%

Réduction d'Incertitude

Prédiction



Tirage



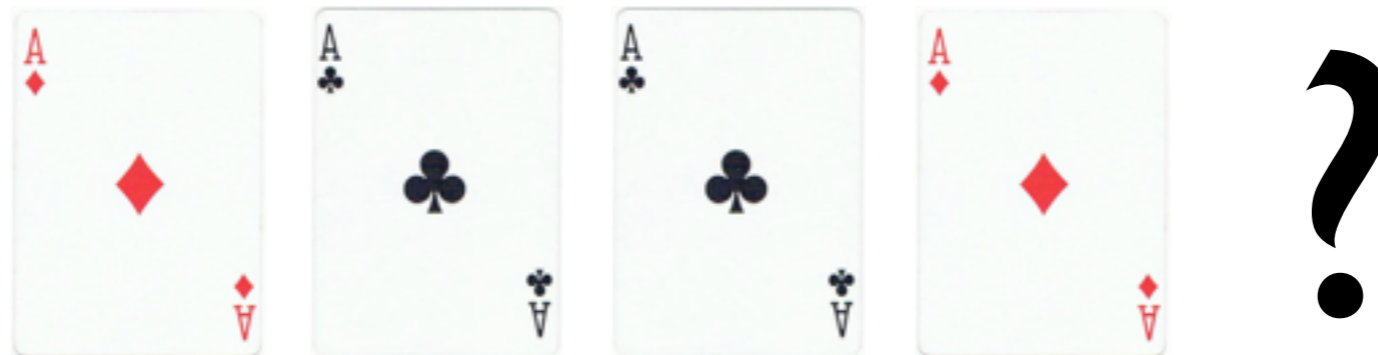
50%

Réduction d'Incertitude

Prédiction



Tirage



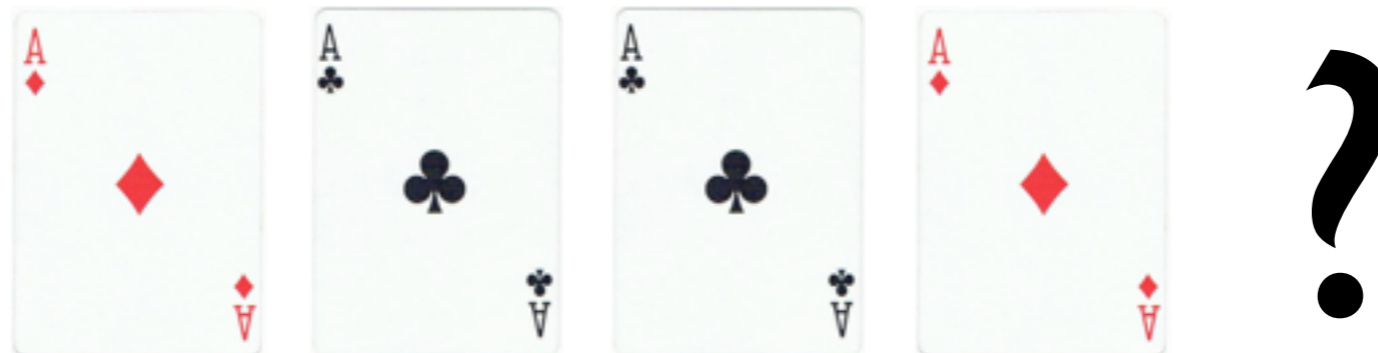
75%

Réduction d'Incertitude

Prédiction



Tirage



75%

Réduction d'Incertitude

Incertitude : $\hat{H} = - \sum p(i) \log_2 p(i)$

Incertitude originale : $\hat{H}(y)$, y = ce que l'on veut prédire

$\hat{H}(y) = \log_2 n$ si n items équiprobables

Incertitude sachant x : $\hat{H}_x(y)$, x = prédiction

Réduction d'incertitude : $T = \hat{H}(y) - \hat{H}_x(y)$

Réduction d'Incertitude

Incertitude originale : $\log_2 2 = 1$ bit

$$\hat{H}_{\text{carreau}}(y) = -25/35 \log_2 25/35 - 10/35 \log_2 10/35 = 0.863 \text{ bits}$$

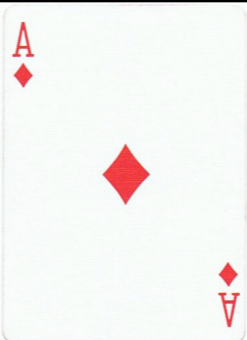
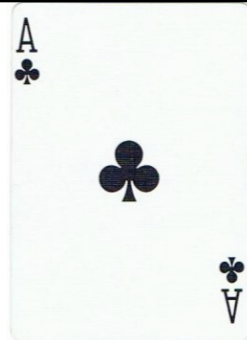


$$\hat{H}_{\text{trefle}}(y) = -10/30 \log_2 10/30 - 20/30 \log_2 20/30 = 0.9182 \text{ bits}$$

Nouvelle incertitude :

$$35/65 \hat{H}_{\text{carreau}}(y) + 30/65 \hat{H}_{\text{trefle}}(y) = 0.9543 \text{ bits}$$

Réduction d'incertitude :

$$T = 0.0456 \text{ bits}$$

Tirage Prédiction			Total
	25	10	35
	10	20	30
Total	35	30	65

Information transmise

Incertitude originale = Information envoyée Réduction d'incertitude = Information perdue

Nouvelle incertitude = Information transmise

Information envoyée = $\log_2 4 = 2\text{bits}$

Information perdue :

$99/400 \times 0.2441$

+ $96/400 \times 0.2538$

+ $100/400 \times 0.5060$

+ $104/400 \times 0.3182$

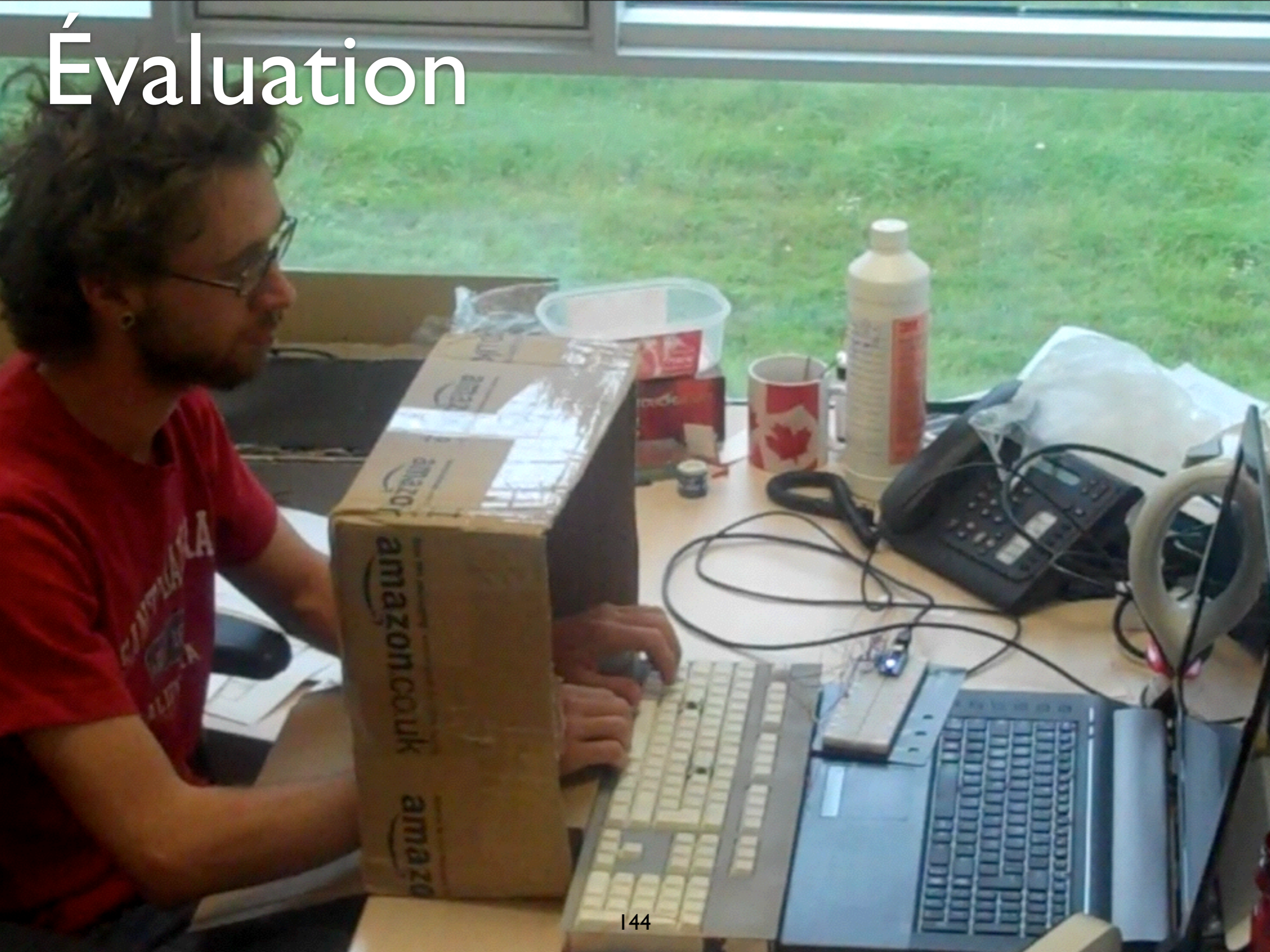
= 0.3306bits

Information transmise = 1.669bits

Erreur : 93%

Question Réponse	I ₁	I ₂	I ₃	I ₄	Total
I ₁	95	4	0	0	99
I ₂	4	90	2	0	96
I ₃	1	5	92	2	100
I ₄	0	0	6	98	104
Total	100	100	100	100	400

Évaluation



Mesures quantitatives

- ➔ Taux d'erreur
- ➔ Temps de réponse
- ➔ Information transmise

- + Facile à mesurer
- + Facile à analyser
- Ne mesure que la performance

Statistiques

	Paramétrique	Non Paramétrique
2 groupes pairés	Test T (Student) pairé	Test U (Mann Whitney)
2 groupes non pairés	Test T (Student) non pairé	Test Wilcoxon
> 2 groupes	ANOVA	Test Kruskal-Wallis

Mesures qualitatives

Échelles de Likert

➔ Questions à réponses subjectives

➔ Généralement 5 réponses :

Pas du tout d'accord / pas d'accord / sans avis / d'accord / fortement d'accord

Très rarement / rarement / occasionnellement / fréquemment / très fréquemment

➔ Parfois pas d'item médian : choix forcé

➔ Linéarité entre les réponses

Mesures qualitatives

Questionnaires

- ➔ Fiabilité : alpha de Cronbach $\alpha = \frac{k}{k-1} \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^k \sigma_{Y_i}^2}{\sigma_X^2} \right)$
- ➔ Analyse de facteurs
- ➔ Corrélation de Pearson

Exemple : présence

- 1) À quel point êtes-vous parvenu à contrôler les événements ?
- 2) Comment estimez-vous la réactivité de l'environnement aux actions que vous avez initié ou réalisé ?
- 3) À quel point trouvez-vous que les interactions que vous aviez avec l'environnement étaient naturelles ?
- 4) À quel point vos sens étaient tous complètement stimulés ?
- 5) À quel point les aspects visuels de l'environnement vous ont-ils impliqués ?
- 6) À quel point les aspects auditifs de l'environnement vous ont-ils impliqués ?
- 7) À quel point le mécanisme pour contrôler le mouvement dans l'environnement était naturel ?
- 8) À quel point étiez-vous au courant des événements qui se passaient dans le mode réel autour de vous ?
- 9) À quel point faisiez-vous attention à l'écran et autres appareils liés au jeu ?
- 10) À quel point votre perception des objets se déplaçant dans l'espace était convaincante ?
- 11) À quel point les informations que vous avez reçues à travers vos sens étaient inconsistantes ou déconnectées ?
- 12) À quel point vos expériences dans l'environnement virtuel avaient l'air consistantes par rapport à vos expériences dans le monde réel ?
- 13) Étiez-vous capable d'anticiper ce qui allait se passer en réponse aux actions que vous avez effectuées ?
- 14) À quel point pouviez-vous contempler activement ou fouiller l'environnement virtuel en utilisant votre vision ?
- 15) Pouviez-vous bien identifier les sons ?
- 16) Pouviez-vous bien localiser les sons ?
- 17) Pouviez-vous bien contempler activement ou fouiller l'environnement virtuel en utilisant votre sens du toucher ?
- 18) Est-ce que votre perception de votre déplacement au sein de l'environnement virtuel était convaincante ?
- 19) Avec quelle attention pouviez-vous examiner les objets virtuels ?
- 20) À quel point pouviez-vous examiner les objets virtuels sous plusieurs angles ?
- 21) À quel point pouviez-vous déplacer ou manipuler des objets dans l'environnement virtuel ?
- 22) À quel point vous êtes-vous senti confus ou désorienté au début des pauses ou à la fin de la session d'expérimentation ?
- 23) À quel point étiez-vous impliqué dans l'expérience de l'environnement virtuel ?
- 24) À quel point les mécanismes de contrôle empêchaient de se concentrer sur la tâche ?
- 25) Quel délai avez-vous ressenti entre vos actions et les répercussions attendues ?
- 27) À combien estimez-vous votre compétence à vous déplacer et à interagir avec l'environnement virtuel à la fin de l'expérience ?
- 26) À quelle vitesse vous êtes-vous adapté à l'expérience de l'environnement virtuel ?
- 28) À quel point la qualité de l'affichage interférait ou vous distrait de l'accomplissement des tâches qui vous étaient assignées ?
- 29) À quel point le mécanisme de contrôle interférait avec l'accomplissement des tâches qui vous étaient assignées ?
- 30) À quel point êtes-vous parvenu à vous concentrer sur les tâches qui vous étaient assignées plutôt que sur les mécanismes de contrôle qui vous permettaient de réaliser ces tâches ?
- 31) Avez-vous appris de nouvelles techniques qui vous ont permis d'améliorer vos performances ?
- 32) Étiez-vous si impliqué dans la tâche de l'expérience que vous avez perdu la notion du temps ?

Exemple : présence

- ➔ 32 items
- ➔ Cronbach alpha 0.81
- ➔ 19 items corrélés, Cronbach alpha 0.88
- ➔ 4 Facteurs : Contrôle, Sensoriel, Distraction, Réalisme
- ➔ Échelles : Engagement/Contrôle, Naturel, Auditif, Haptique, Résolution, Qualité

Bob G. Witmer, Michael J. Singer

Measuring Presence in Virtual Environments: A Presence Questionnaire

Presence, 1998, 7(3). 225-240

Mesures qualitatives

Charge de travail : NASA TLX

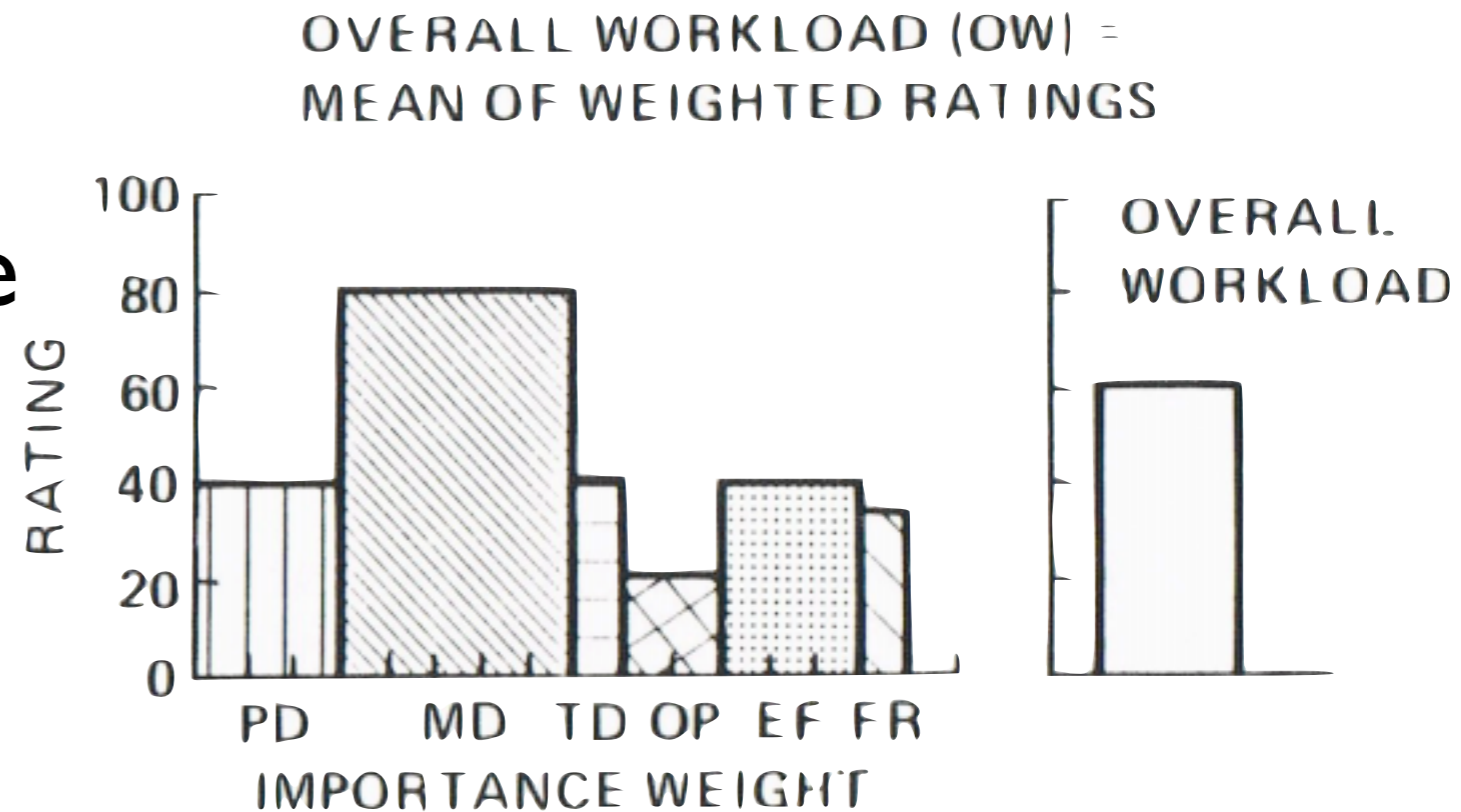
- ➡ 6 échelles
- ➡ Valeurs entre 1 et 20
- ➡ Version pondérée

<http://humansystems.arc.nasa.gov/groups/TLX/>

Mesures qualitatives

Charge de travail : NASA TLX

- ➔ Demande mentale
- ➔ Demande physique
- ➔ Demande temporelle
- ➔ Performance
- ➔ Effort
- ➔ Frustration



<http://humansystems.arc.nasa.gov/groups/TLX/>

Mesures qualitatives

Émotions : PAD

Plaisir

Heureux / Malheureux

Satisfait / Contrarié

Content / Mécontent

Gai / Triste

Optimiste / Pessimiste

Décontracté / Ennuyé

Éveil

Stimulé / Relaxé

Excité / Calme

Frénétique / Endormi

Nerveux / Ennuyé

Éveillé / Endormi

Alerte / Impotent

Domination

Contrôle / Contrôlé

Influent / Influencé

Entretient/ Entretenu

Important / Émerveillé

Dominant / Soumis

Autonome / Guidé

Albert Mehrabian

Pleasure-Arousal-Dominance: A General Framework for Describing and Measuring Individual Differences in Temperament. *Current Psychology: Developmental, Learning, Personality, Social*, Winter, 1996, 14(4), 261-292

Mesures qualitatives

Émotions : PAD

- ➔ Exubérant (+P+A+D) vs. Ennuyé (-P-A-D)
- ➔ Dépendent (+P+A-D) vs. Méprisant (-P-A+D)
- ➔ Relaxé (+P-A+D) vs. Anxieux (-P+A-D)
- ➔ Docile (+P-A-D) vs. Hostile (-P+A+D)

Albert Mehrabian

Pleasure-Arousal-Dominance: A General Framework for Describing and Measuring Individual Differences in Temperament. *Current Psychology: Developmental, Learning, Personality, Social, Winter, 1996, 14(4), 261-292*

Mesures qualitatives

Émotions : PAD

Énervé (-.51, .59, .25)

Ennuyé (-.65, -.62, -.33)

Curieux (.22, .62, -.01)

Digne (.55, .22, .61)

Exultant (.50, .42, .23)

Affamé (-.44, .14, -.21)

Réservé (-.54, -.04, -.41)

Amoureux (.87, .54, -.18)

Interrogatif (-.41, .48, -.33)

Endormi (.20, -.70, -.44)

Imperturbable (-.13, -.41, .08)

Violent (-.50, .62, .38).

Albert Mehrabian

Pleasure-Arousal-Dominance: A General Framework for Describing and Measuring Individual Differences in Temperament. *Current Psychology: Developmental, Learning, Personality, Social*, Winter, 1996, 14(4), 261-292

TP noté, Falcon

Exemples de sujets

- ➡ Boutons haptiques, réglage de dureté, longueur, etc.
- ➡ Cibles magnétiques, réglage de la taille, force, etc.
- ➡ Casse brique, réglage de la force d'impact, etc.
- ➡ Jeu de lancer de ballon, réglage du poids, etc.
- ➡ Votre sujet si vous avez une bonne idée