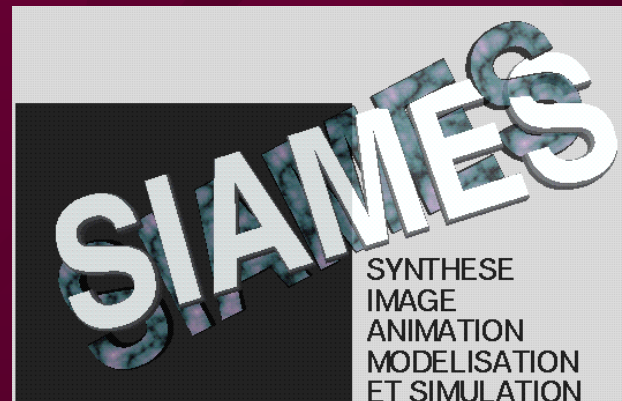


# Intégration Visuo-Haptique

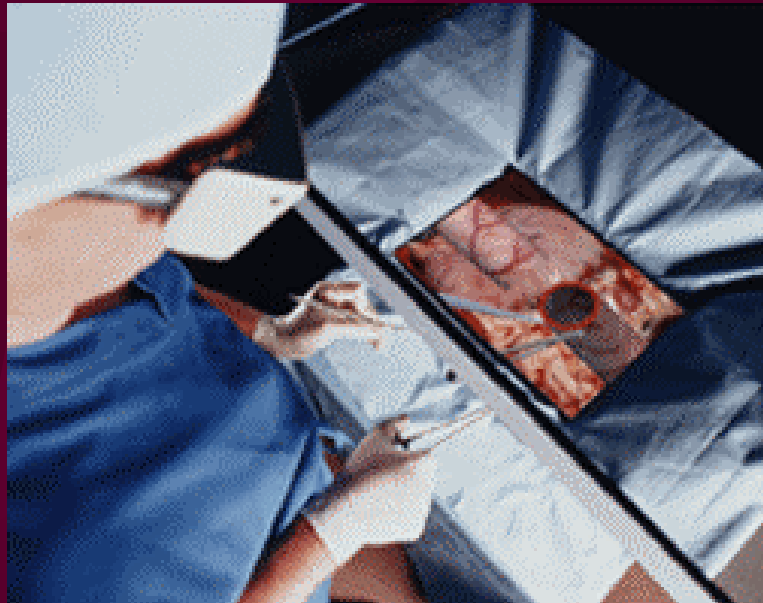
Anatole Lécuyer

[anatole.lecuyer@irisa.fr](mailto:anatole.lecuyer@irisa.fr)



# Intégration visuo-haptique

- Environnements virtuels multimodaux
  - Vision et Toucher sont appelés à collaborer de + en +
- Compréhension de l'intégration des deux modalités
  - > Faciliter la répartition des informations
  - > Compenser manques des interfaces haptiques



# État des connaissances

- **Observations physiologiques**
  - Nombreuses études pour localiser et caractériser l'intégration unimodale et multimodale dans le cerveau
- **Observations psychologiques et psychophysiques**
  - Nombreuses propriétés observées
- **Modélisation**
  - Quelques modèles proposés pour rendre compte des observations faites

# État des connaissances

- Observations physiologiques
  - Nombreuses études pour localiser et caractériser l'intégration unimodale et multimodale dans le cerveau
- Observations psychologiques et psychophysiques
  - Nombreuses propriétés observées
- Modélisation
  - Quelques modèles proposés pour rendre compte des observations faites

# Phénomènes Visuo-Hap. observés

- **Capture, dominance et compromis**
  - Situation expérimentale : conflit sensoriel
  - Cas non naturel, observable en RV
- **Amélioration ou non de la perception (« Multisensory Enhancement » ou MSE)**
  - Situation expérimentale : comparaison V, H, V+H
  - Cas naturel, observable en RV et RR
- **Illusion sensorielle, synesthésie**
  - Tromperie, influence d'une modalité sur une autre
  - Cas naturel, observable en RV et RR
- **Substitution sensorielle**
  - Remplacement d'une modalité par une autre
  - Cas non naturel, observable en RV (et RR / handicap)

# Interactions vision-toucher

- Observations psychologiques faites sur :
- Propriétés communes
  - Propriétés Spatiales
    - Localisation (Position)
    - Orientation
    - Forme
    - Dimensions
  - Propriétés matérielles
    - Texture
    - Contact
- Propriétés spécifiques à l'haptique
  - Force
  - Poids
  - Raideur

# Propriétés spatiales : Dimensions

- Expériences classiques
  - **Conflit sensoriel** pionnier [Rock et Victor, 64]
    - Objets 3D et lentille déformante
    - Conflit portant sur l'estimation de la forme d'un objet (un carré)
    - Lentille déformante (voit un rectangle)
    - Dominance de la vision (choisit un rectangle)
- Classiquement « what you feel is what you see » - **V domine H**

# Dimensions

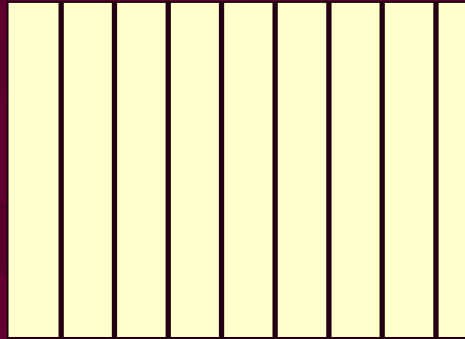
- Modération de la dominance visuelle :
  - Conditions nécessaires:
    - sentiment que les deux stimuli correspondent bien au même objet [Miller 72]
    - voir ou non sa main en train de manipuler
    - dépend également fortement des sujets
  - Plutôt **Compromis** ou **pondération** entre les informations [Ernst et Banks 2002]
  - Tendance à **dominance visuelle**

# Perception des textures

- La perception des textures est le domaine privilégié du toucher.
  - Performances excellentes
  - Meilleur que vision (textures fines)
  - Pas de différence passif/actif > pas d'infos spatiales ?
- **V + H meilleur** [Heller 1982]
  - Pour évaluer la rugosité de papier abrasif
  - Apparemment juste si regarde le mouvement du doigt
- **V + H pas meilleur** [Guest et Spence, 2003]
  - Pour évaluer la rugosité de papier abrasif
  - pas de MSE sur les textures ... ?

# Conflits sur les textures

- **Compromis** entre les deux modalités
- Effet de la consigne expérimentale [Lederman]



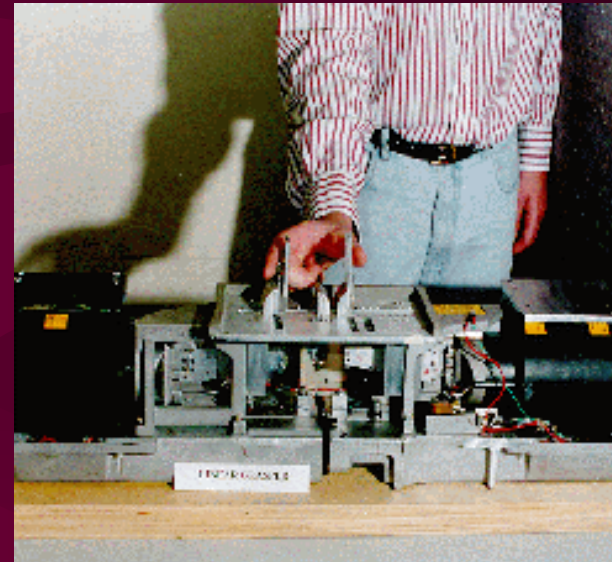
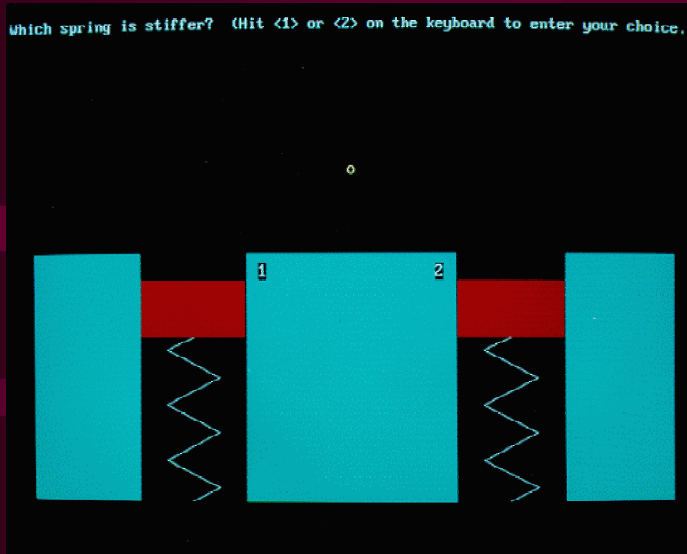
- *Si le conflit porte sur la « Rugosité » : le compromis tourne à l'avantage du toucher*
- *Si le conflit porte sur la « Période spatiale » : le compromis tourne à l'avantage de la vision*

# Propriétés spécifiques haptiques

- La vision peut influencer des propriétés haptiques qu'elle ne peut pas percevoir.
- Poids
  - Illusion size-weight, Illusion material-weight [Lederman]
- Ajouter un retour visuel améliore la capacité de contrôler une **force**
  - Expérience de [Jones 2000] :
    - Contrôler l'intensité d'une force de flexion du coude
    - Haptique seul on peut contrôler sans problèmes
    - avec la vision, la variation de force produite est divisée par 3

# Perception de la raideur

- [Srinivasan et al, 1996]



- Information visuelle contradictoire peut inverser le résultat d'une discrimination de raideur
- Principe de « dominance » visuelle sur le sens kinesthésique et sur l'information proprioceptive de déplacement des doigts
- Retour pseudo-haptique

# Raideur et Luminance

- Expérience de [Jakel et Ernst, 2003]
  - Association systématique entre raideur (softness) et luminance
  - Après apprentissage les performances sont dégradées si la luminance n'est plus « cohérente »
  - ... *Capable d'associer des propriétés (ici visuelle et haptique)*

# Bilan

- Pour la perception *spatiale*, la vision a tendance à *dominer* et à être d'avantage utilisée
- Pour la perception *tactile* (le domaine du toucher), on observe plus un *compromis* entre les deux modalités sensorielles.
  - Question de terminologie ? (rugosité/densité spatiale)
- Il est possible d'améliorer ou de *modifier* la *perception* de propriétés *spécifiquement haptiques*
  - Lié au fait que l'on utilise infos spatiales de la vision?

# État des connaissances

- Observations physiologiques
  - Localiser et caractériser l'intégration unimodale et multimodale dans le cerveau
- Observations psychologiques et psychophysiques
  - Nombreuses propriétés observées
- **Modélisation**
  - Quelques modèles proposés pour rendre compte des observations faites

# Modèles d'intégration visuo-haptique

- Classique : contribution **pondérée** des informations visuelles et haptiques
- La pondération peut être modifiée par :
  - Le contexte expérimental, l'apprentissage et l'expérience [Atkins et al., 2001]
  - Possibilité aussi de ruptures sensorielles ou « switching » (attribution d'un poids nul à l'une des sources), en cas de conflit important par exemple [Heller, 1982]

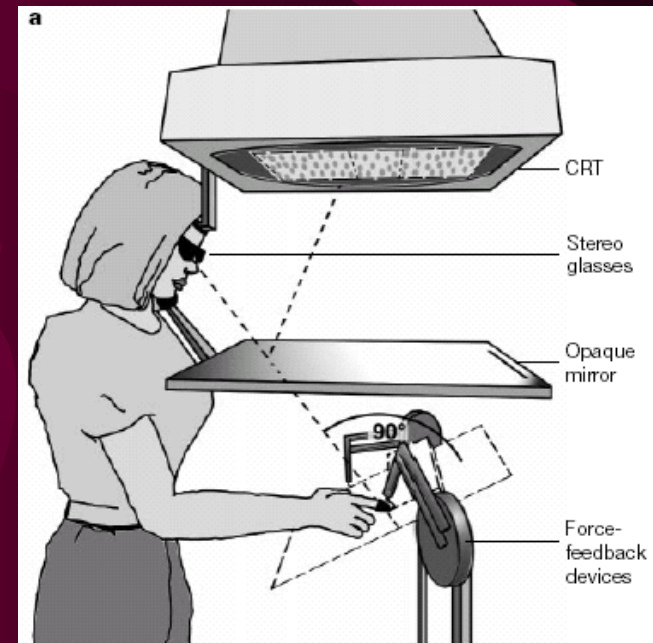
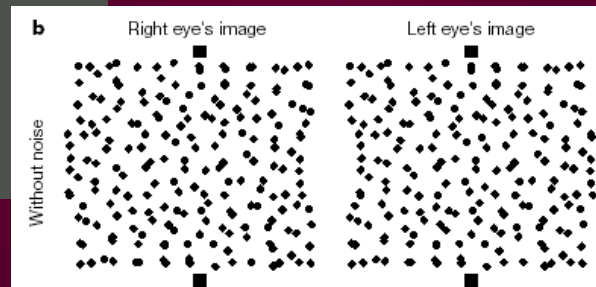
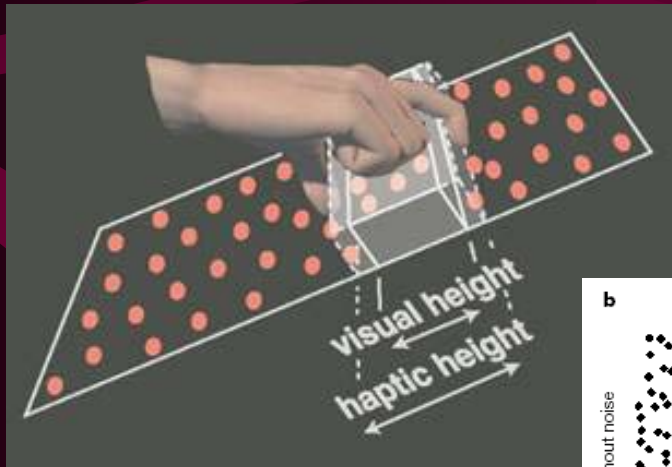
# Pondération

- Poids d'une modalité sensorielle liée à la **fiabilité** (« reliability »)
- la **fiabilité** attribuée à chaque modalité est elle-même liée à :
  - L'**ambiguïté** de la modalité (Jacobs et al.)
  - La **corrélation** avec les autres modalités [Atkins et al., 2001]
  - la **précision** de l'information pour chaque modalité ou l'**efficacité** de la modalité (Pick & al. (1969), Welch & al. (1979), Ernst & Banks. (2002))

# Modèle de [Ernst et Banks, 2002]

- Intégration bi-modale = MLE (« Maximum Likelihood Estimator »)
- le poids de chaque modalité dépend de la variance associée à chaque modalité
- Pondération liée aux **performances** de chaque modalité sensorielle

$$S = \sum_i w_i S_i \quad \text{with} \quad w_i = \frac{1/\sigma_i^2}{\sum_j 1/\sigma_j^2}$$



# Expérience de Ernst et Banks

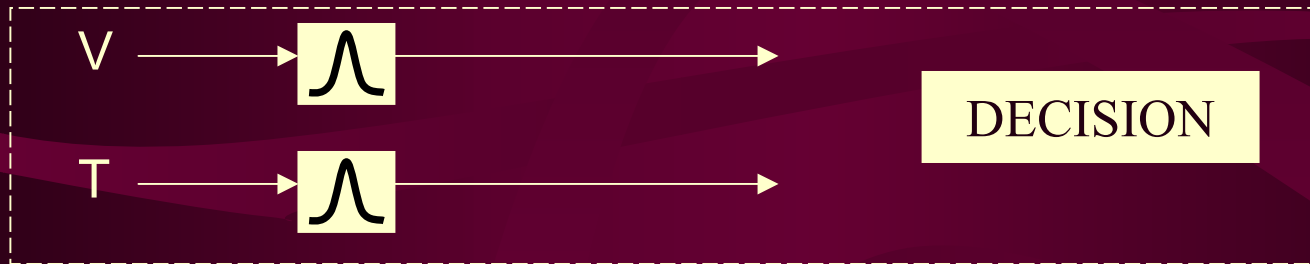
- Performances de discrimination (JND) de *dimension* (taille ou hauteur) d'objet
- Unimodale : obtient la performance et variance de la modalité
- Bi-modale : crée un conflit, mesure le résultat (=le choix du sujet)
- Ajout de bruit sur une modalité : diminue la performance de discrimination de la modalité et donc affaiblit la pondération de cette modalité
- ... Perception bi-modale de la *dimension* fonctionne comme un MLE
  - Cohérent avec pondération
  - Cohérent avec MSE : la variance résultante est moins importante

# Expérience de [Guest et Spence, 2003]

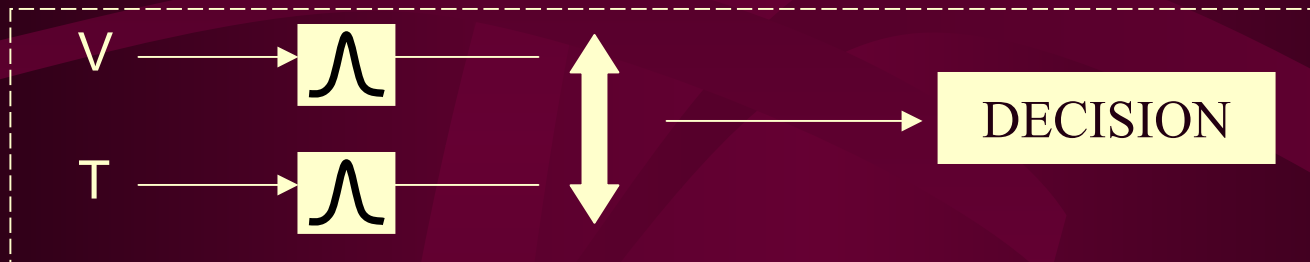
- Performances de discrimination de rugosité de texture
- Montre que **H + V moins bon**
- Analyse des données
  - infirme le modèle de Ernst et Banks
  - Modèle différent pour la perception tactile ?
  - Penche plus en faveur d'une intégration avec un « sharing model »
    - Chaque source contribue indépendamment au process
    - Pas de fonction d'intégration utilisant les 2 sources de manière figée

# Modèles d'attention

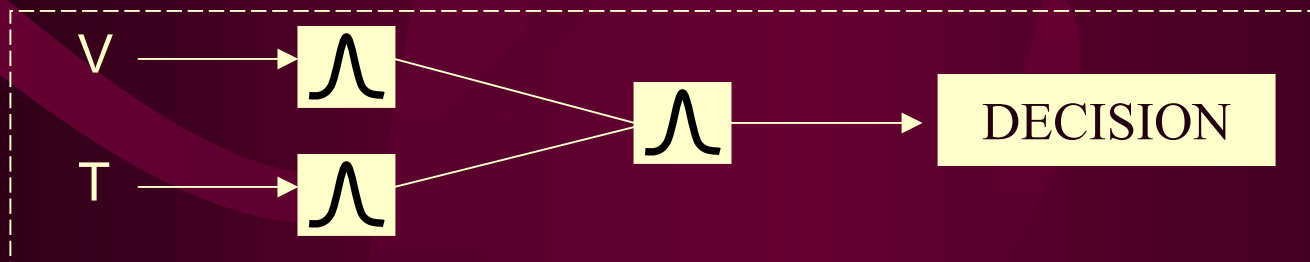
[Shaw, 1982], [Guest et Spence, 2003]



Chaque modalité contribue indépendamment



Une seule modalité contribue (switch)



Les deux modalités sont combinées (1er ordre) pour former une seule variable décisionnelle

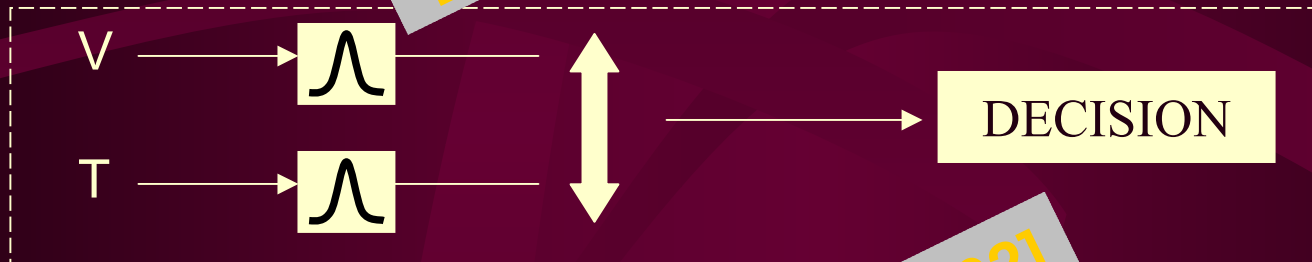
# Modèles d'attention

[Shaw, 1982], [Guest et Spence 2003]

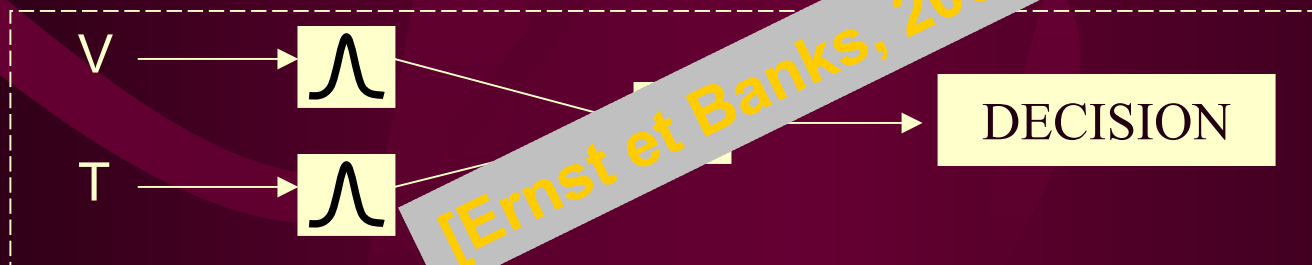


[Guest et Spence, 2003]

Chaque modalité contribue indépendamment



Une seule modalité contribue (switch)



[Ernst et Banks, 2002]

Les deux modalités sont combinées (1er ordre) pour former une seule variable décisionnelle

# CONCLUSION

- Activité cérébrale montre des signes d'activité multimodale
- Dominance *visuelle* dans le « spatial »
- Influence *haptique* pour le « tactile »
- Compromis et pondération des signaux : liée à différents paramètres (bruit, attention, ambiguïté, etc)

*Propriétés utilisables pour la conception des environnements virtuels*