Ce document est réservé aux étudiants inscrits en 3ème année de licence en Informatique à l'université Paris-Saclay. Toute copie ou diffusion est interdite sans l'autorisation de l'auteur.

Interfaces Interactives Avancées

Ouriel Grynszpan
Professeur, Université Paris-Saclay
LISN
www.lisn.upsaclay.fr

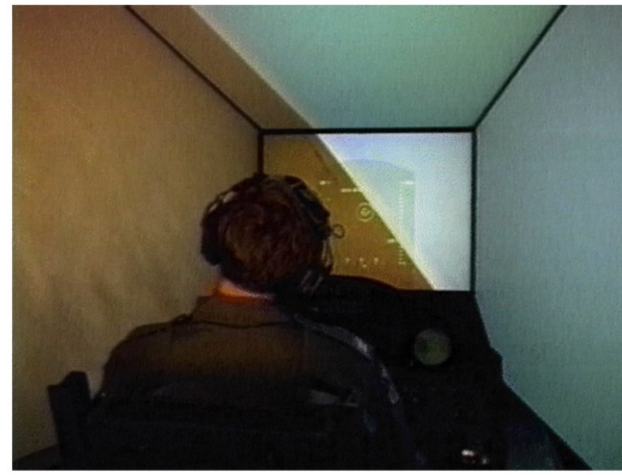
Réalité Virtuelle

Origine du terme

- 1938 : Antonin Artaud, dramaturge (Le Théâtre et son Double)
- 1982 : Damien Broderick, écrivain (The Judas Mandala)
- 1989: Jaron Lanier, fondateur de VPL Research

Simulateurs de vol

- Dès les années 60

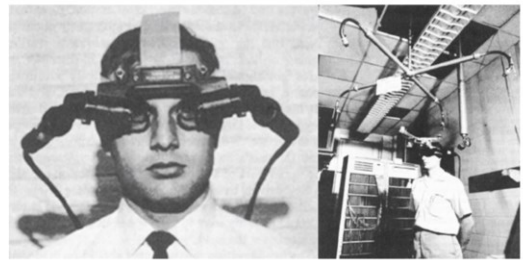


4

Dès les années soixante, on s'intéresse à comment modéliser les vols d'avions. Il était moins onéreux et plus sûr d'entraîner les pilotes dans des mondes virtuels. Ces simulateurs de vol consistaient en des maquettes de cockpits montées sur des plateformes qui permettaient de simuler des mouvements de tangage et de roulis. Les premiers modèles étaient limités du fait de l'absence de champ visuel extérieur au cockpit. Cette absence fut vite remédiée par l'ajout d'écrans vidéo. Ces nouveaux simulateurs ouvraient la voie au calcul d'image scientifique et à la simulation graphique.

Précurseurs

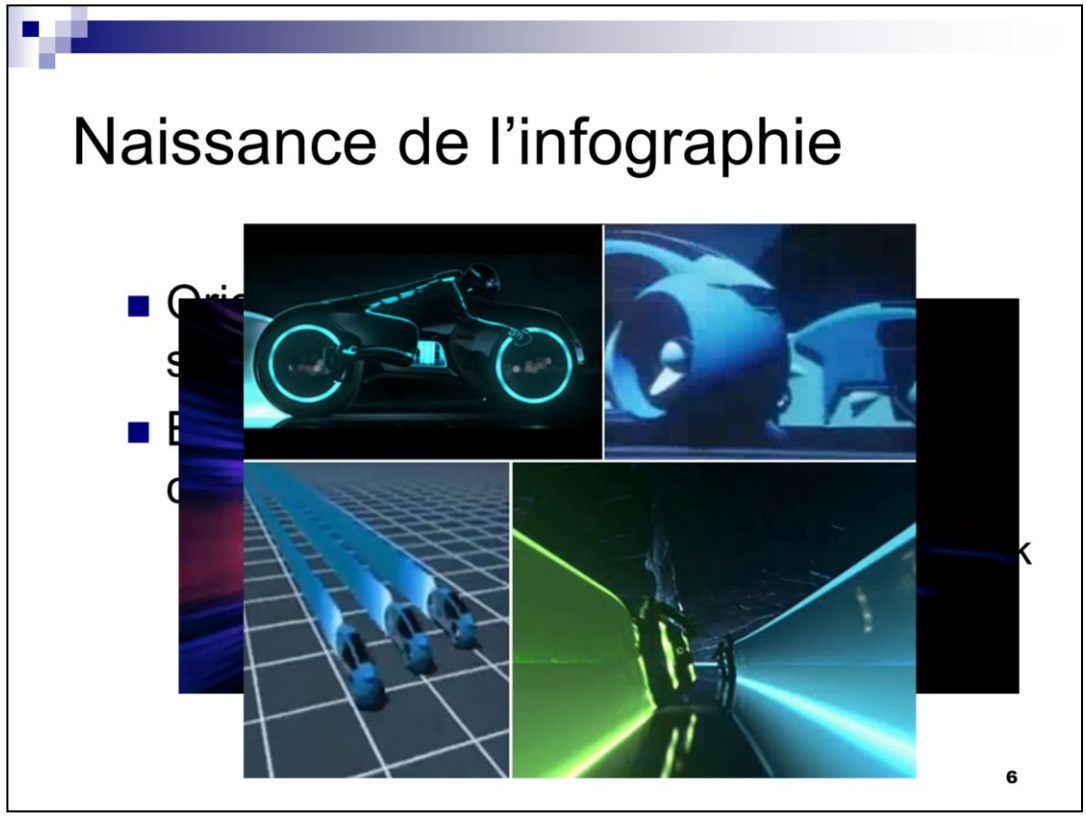
- 1968: Ivan Sutherland (Univ. Utah)



- Années 1970:
  - Fred Brooks (Univ. North Carolina)
    → manipulateur mécanique
  - Myron Krueger (Univ. Wisconsin)
    → Videoplace

5

Ivan Sutherland invente l'ancêtre du casque RV avec 2 écrans cathodiques (un pour chaque oeil) et un système mécanique permettant à l'utilisateur de regarder naturellement autour de lui. Fred Brooks crée un système permettant à l'utilisateur de contrôler des objets graphiques grâce à un manipulateur mécanique. Myron Krueger crée Videoplace, un monde dans lequel l'utilisateur peut interagir avec des créatures graphiques.



Originellement utilisée pour mettre en image des informations conceptuelles ou statistiques (diagrammes, cartes ou schémas), l’infographie devient rapidement un outil essentiel pour l’industrie cinématographique au travers des effets spéciaux.

Dataglove

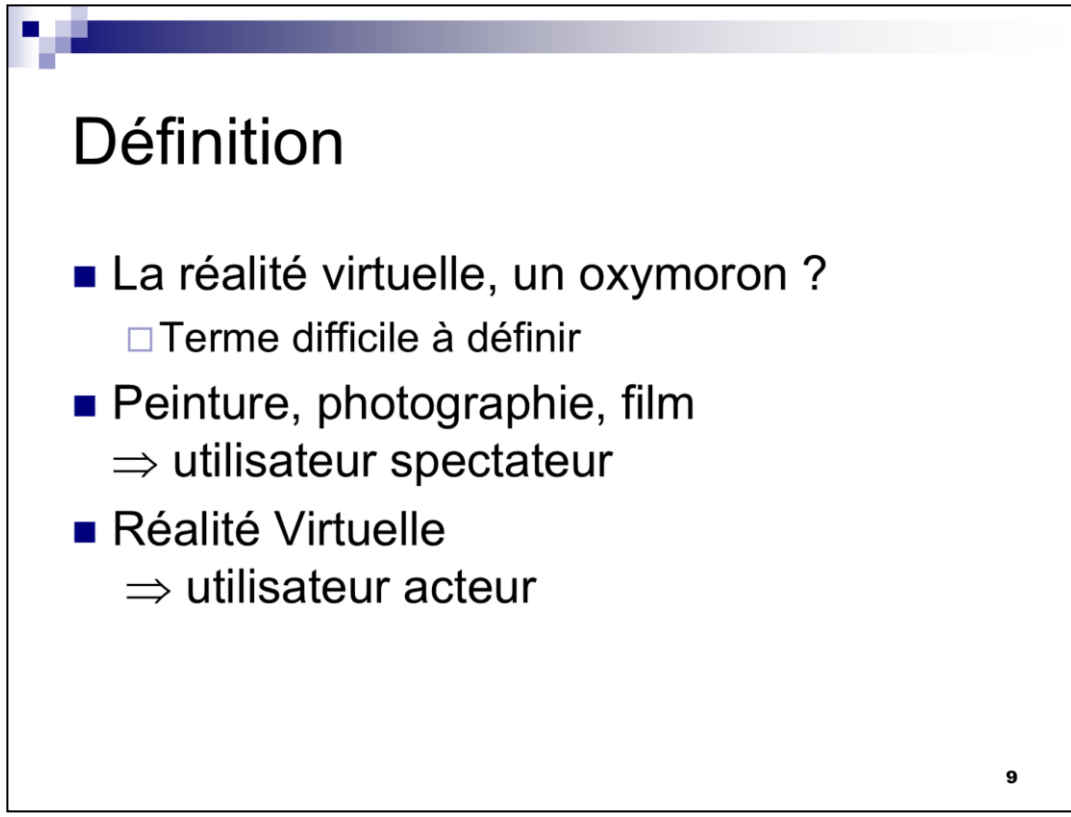
- Gant permettant de détecter les mouvements de la main

7

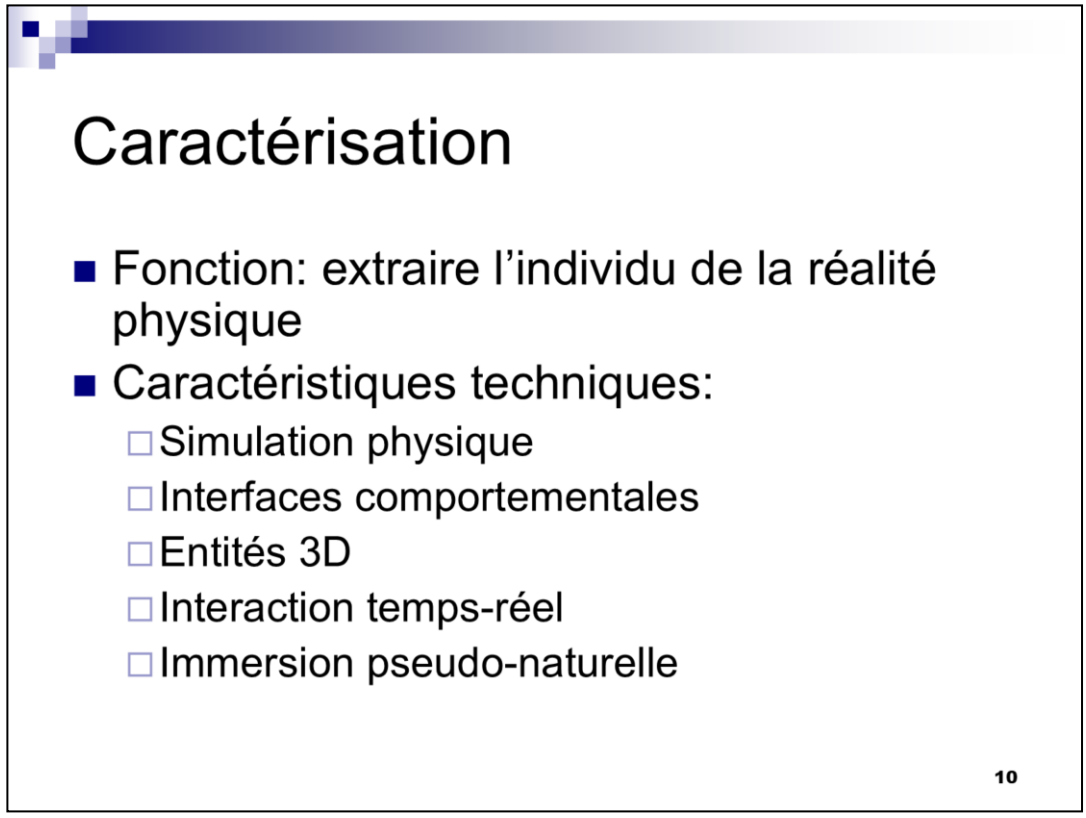
Le gant de données a été initialement inventé pour lier les mouvements de la main à la production de musique par le truchement d'un synthétiseur.

Émergence

- Rapide progression des technologies depuis le début des années 1990
- « disponible dans le commerce avant d'être compris scientifiquement » (Bricken, 1991)
- Décalage des connaissances concernant les facteurs humains

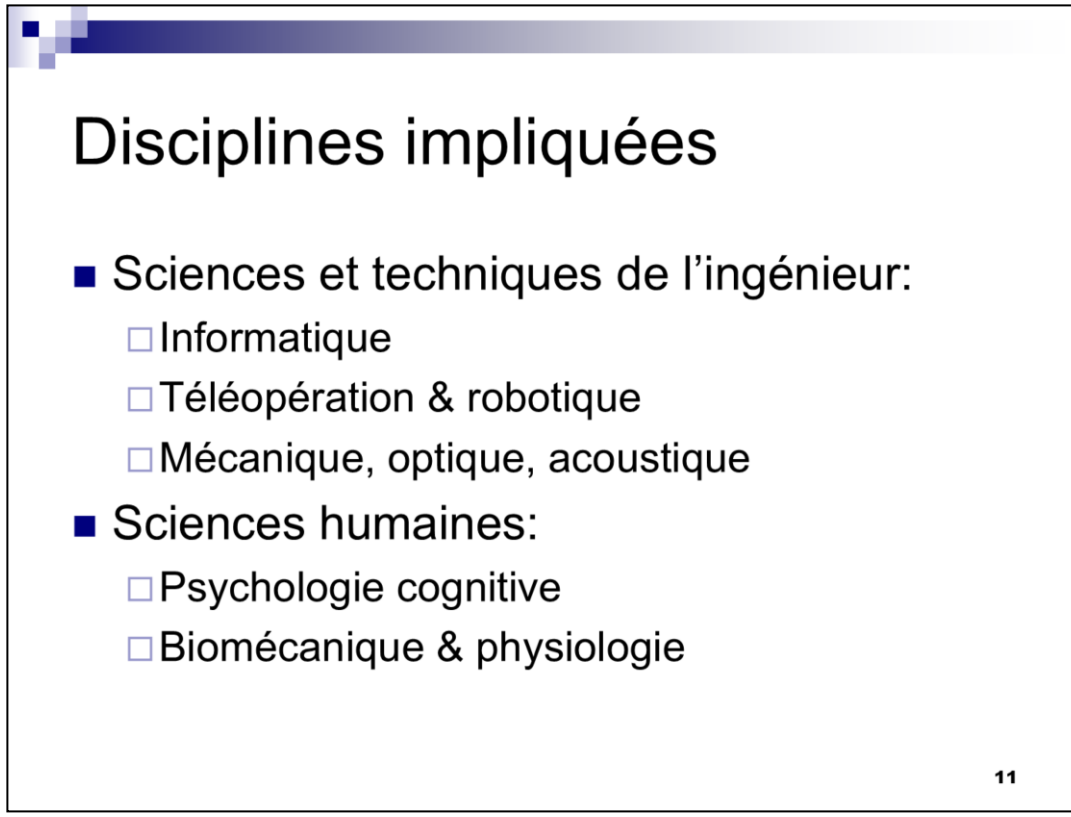


Traité de réalité virtuelle (Fuchs, Arnaldi & Tisseau, 2006): *La finalité de la réalité virtuelle est de permettre à une personne (ou à plusieurs) une activité* ***sensori-motrice*** et cognitive *dans un monde artificiel, créé numériquement, qui peut être imaginaire, symbolique ou une simulation de certains aspects du monde réel.*



Traité de réalité virtuelle (Fuchs, Arnaldi & Tisseau, 2006):

Définition de la RV : *La réalité virtuelle va lui permettre [à l'homme] de s'extraire de la réalité physique pour changer virtuellement de* ***temps****, de* ***lieu*** *et(ou) de type d'****interaction*** *: interaction avec un environnement simulant la réalité ou interaction avec un monde imaginaire ou symbolique.*



De nombreuses disciplines concourent à la réalité virtuelle :

• l'informatique pour le traitement de modèles numériques et la création des environnements virtuels interactifs

• la téléopération et la robotique pour développer de nouveaux dispositifs actifs coopérants avec l'humain

• la mécanique, l'optique et l'acoustique fournissant les modélisations numériques des phénomènes physiques.

Modèle de la réalité virtuelle

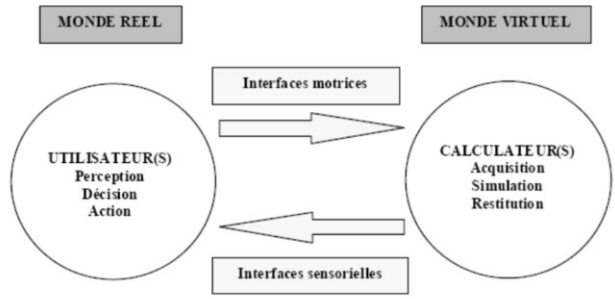


Figure 1.2 : La boucle «perception, cognition, action» passant par le monde virtuel

Fuchs P., Moreau G., *Le traité de la réalité virtuelle*, 2006

Contraintes majeurs: latences et incohérences sensori-motrices

12

L'utilisateur agit sur l'environnement virtuel grâce à l'usage d'interfaces motrices qui captent ses actions (gestes, déplacements, voix, etc.). Ces activités sont transmises au calculateur qui l'interprète comme une demande de modification de l'environnement. Conformément à cette sollicitation de modification, le calculateur évalue les transformations à apporter à l'environnement virtuel et les restitutions sensorielles (images, son, efforts, etc.) à transmettre aux interfaces sensorielles.

Facteurs humains

- Impact sur la santé
- Effets secondaires
- Règles de sécurité
- Champs d'applications

13

Cybermalaise

- Anglais: « cybersickness »
- Cinétoses (mal des transports) :
  - Mal de mer
  - Malaise en voiture
  - Mal de l'espace
  - Malaise dans les simulateurs

Symptômes

- Nausée
- Pâleur
- Rougissement
- Transpiration froide
- Désordres abdominaux
- Migraine
- Modifications de la motilité gastrique
- Modifications du niveau hormonal
- Modifications cardiovasculaires
- Modifications de la respiration

15

Cybermalaise

- Prévalence: entre 30% et 50%
- Peut apparaître rapidement (<5mn)
- Souvent lié au mode de navigation en RV
- Diminue avec l'expérience d'utilisation

16

Théories explicatives

- Conflit entre le système visuel et vestibulaire
- Types de conflits :
  - Le paysage virtuel défile alors que l'utilisateur est immobile
  - Le délai d'affichage en réponse à un mouvement de tête est perceptible

Évaluation :

No_____ Date_____

SIMULATOR SICKNESS QUESTIONNAIRE

Kennedy, Lane, Berbaum, & Lilienthal (1993)***

Instructions : Circle how much each symptom below is affecting you right now.

1. General discomfort	None	Slight	Moderate	Severe
2. Fatigue	None	Slight	Moderate	Severe
3. Headache	None	Slight	Moderate	Severe
4. Eye strain	None	Slight	Moderate	Severe
5. Difficulty focusing	None	Slight	Moderate	Severe
6. Salivation increasing	None	Slight	Moderate	Severe
7. Sweating	None	Slight	Moderate	Severe
8. Nausea	None	Slight	Moderate	Severe
9. Difficulty concentrating	None	Slight	Moderate	Severe
10. « Fullness of the Head »	None	Slight	Moderate	Severe
11. Blurred vision	None	Slight	Moderate	Severe
12. Dizziness with eyes open	None	Slight	Moderate	Severe
13. Dizziness with eyes closed	None	Slight	Moderate	Severe
14. *Vertigo	None	Slight	Moderate	Severe
15. **Stomach awareness	None	Slight	Moderate	Severe
16. Burping	None	Slight	Moderate	Severe

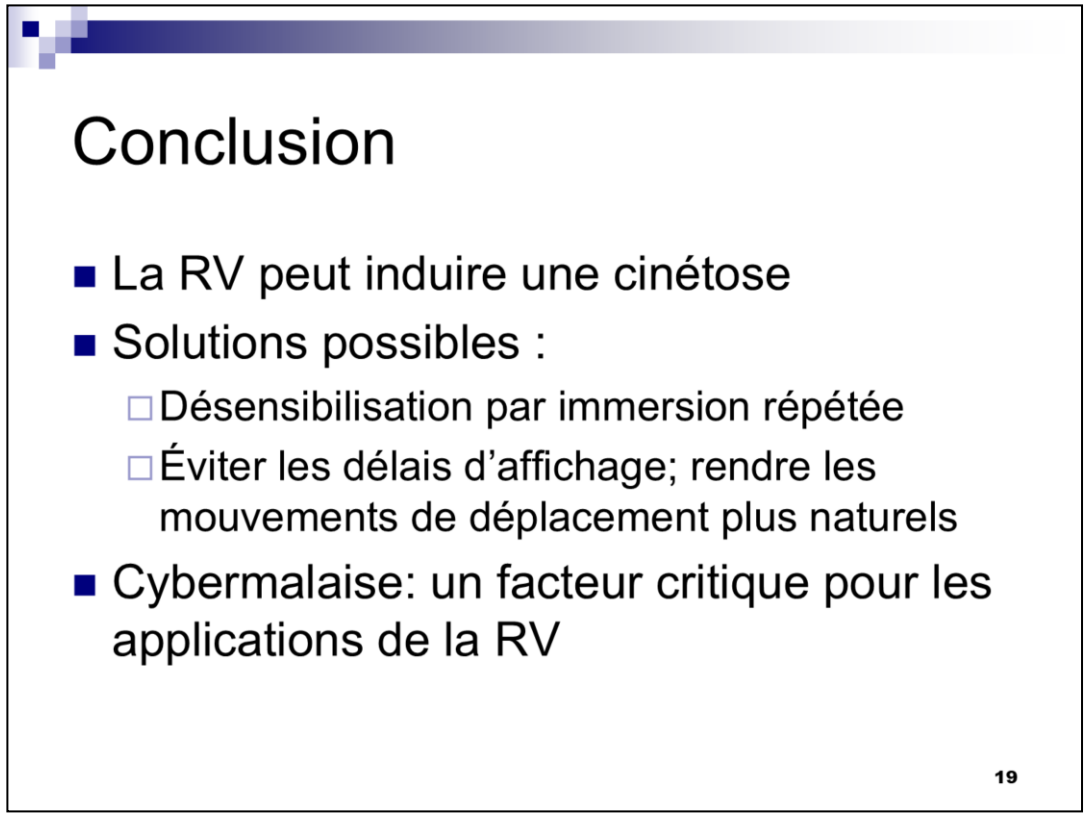
* Vertigo is experienced as loss of orientation with respect to vertical upright.

** Stomach awareness is usually used to indicate a feeling of discomfort which is just short of nausea.

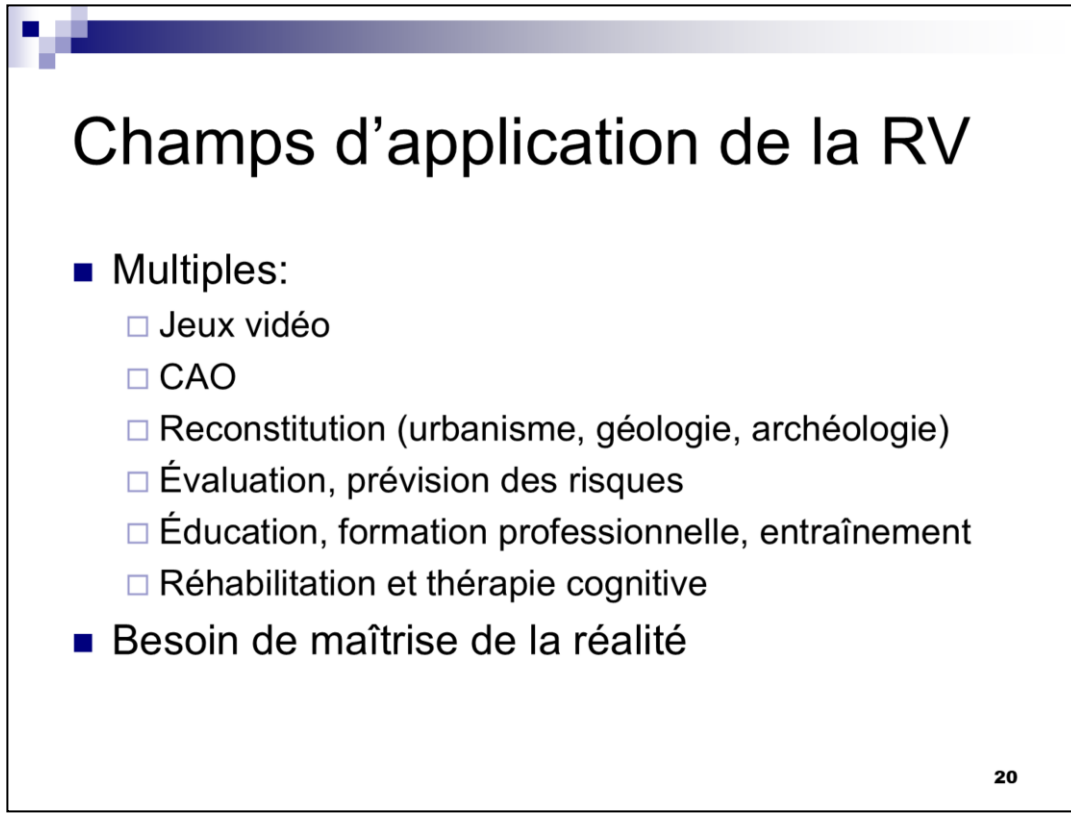
Last version : March 2013

***Original version : Kennedy, R.S., Lane, N.E., Berbaum, K.S., & Lilienthal, M.G. (1993). Simulator Sickness Questionnaire: An enhanced method for quantifying simulator sickness. *International Journal of Aviation Psychology, 3*(3), 203-220.

18

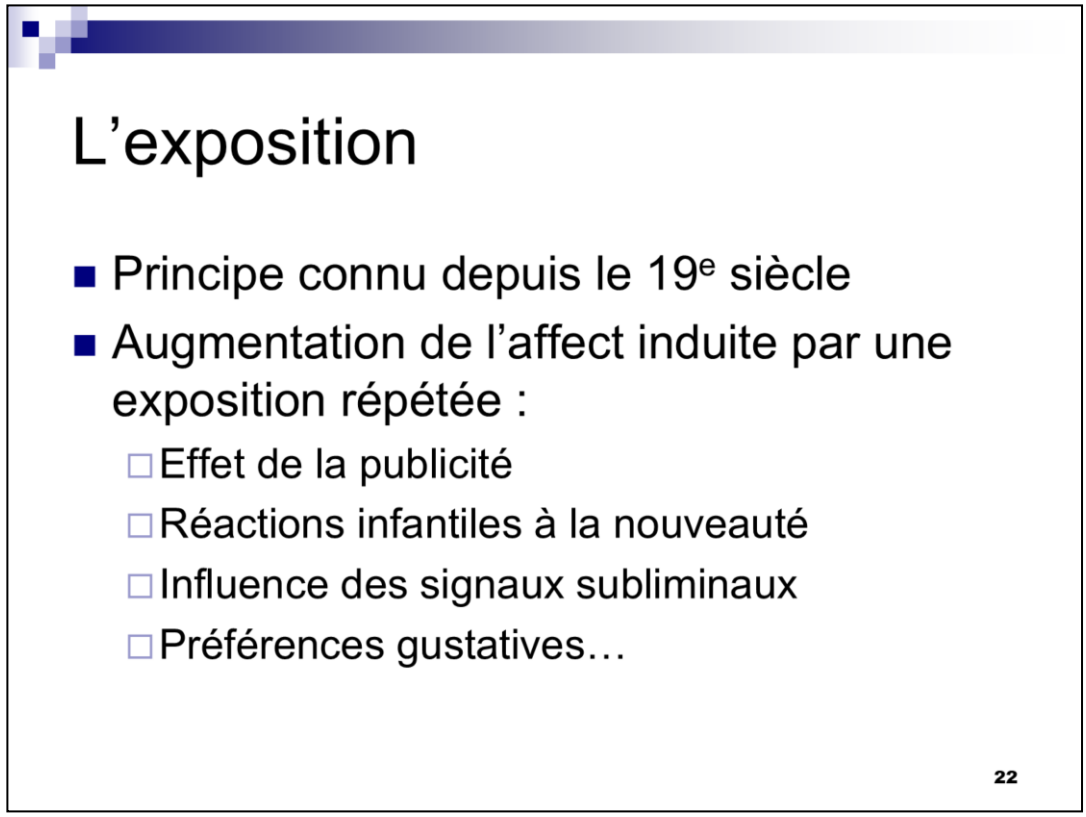


L'immersion en réalité virtuelle peut induire un malaise relevant de la cinétose, dû fait d'un conflit sensoriel. Les solutions à ce problème sont de deux types: désensibilisation par immersions répétées, amélioration des systèmes de RV pour éviter les délais d'affichage et rendre les mouvements de déplacements plus naturels. Pour conclure, le cybermalaise est un facteur critique pour les applications de la RV.

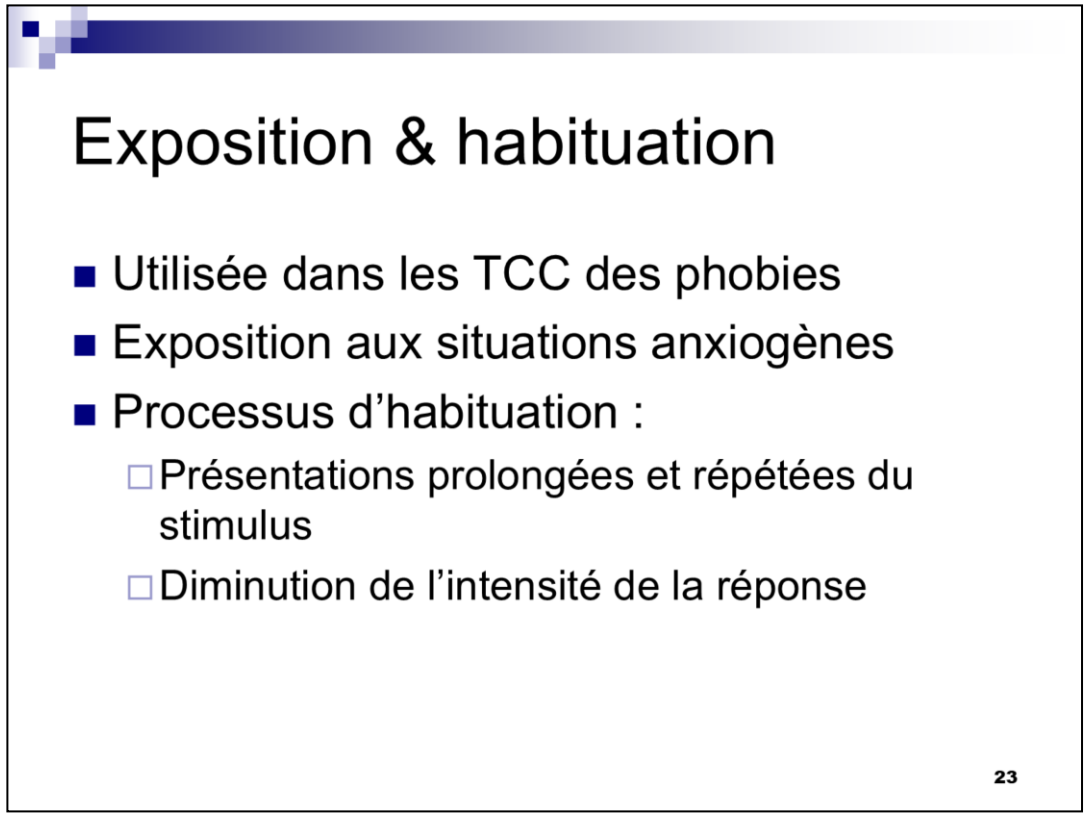


Il existe de multiples champs d'applications pour la réalité virtuelle. Il s'agit généralement de domaines où il est nécessaire de contrôler des phénomènes réalistes. La compréhension du fonctionnement de l'humain est un facteur clef pour ces applications. Dans la suite, nous présenterons particulièrement la thérapie en réalité virtuelle.

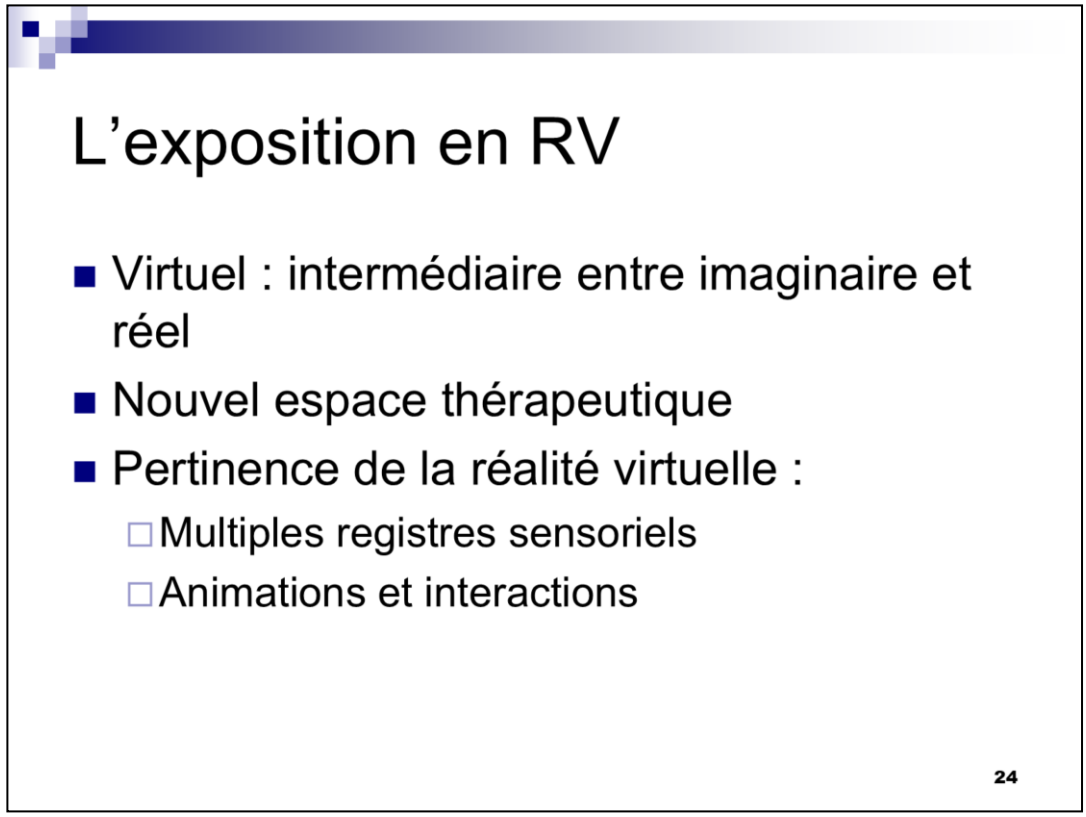
Il existe de nombreux projets utilisant la réalité virtuelle dans un but psychothérapeutique, notamment pour le traitement des phobies, des troubles de stress post-traumatique et des addictions. Elle s'appuie généralement sur un paradigme d'exposition. Il s'agit, comme je vais vous l'expliquer, de placer le patient face à une représentation virtuelle du stimulus anxiogène de manière à induire un phénomène de désensibilisation vis-à-vis du stimulus.



Ces thérapies en réalité virtuelle fonctionne selon une approche dite d'exposition. L'exposition est un principe connu des psychologues depuis le 19ème siècle. Dans sa forme la plus général, il stipule une augmentation positive de l'affect envers un stimulus induite par une exposition répétée à ce stimulus : la familiarité avec le stimulus tend à rendre le stimulus plus agréable. Ce principe a été observé dans de nombreux domaines : l'effet de la publicité, la réaction des enfants à la nouveauté, l'influence des signaux subliminaux, les préférences gustatives, l'apprentissage verbal etc..



Une des explications de ce phénomène est qu'en habituant une personne à un stimulus, on réduit l'excitation automatique liée à l'apparition d'un stimulus nouveau. Le principe d'exposition aux situations anxiogènes est l'un des plus connus utilisés dans les thérapies comportementales et cognitives. L'exposition consiste à présenter des objets, des êtres vivants, des évènements ou des situations anxiogènes au patient dans un contexte thérapeutique. Des présentations prolongées et répétées au stimulus anxiogène entraînent une habituation au stimulus qui se traduit par la diminution de l'intensité de la réponse émotionnelle associée.



Le virtuel, par sa qualité d'intermédiaire entre la réalité et l'imaginaire pur, offre un nouvel espace de travail pour l'approche d'exposition. Il permet de présenter le stimulus anxiogène en dehors du contexte réel, tout en conservant une forme physique extérieure à l'imaginaire du patient. Malgré l'aspect réel des stimuli anxiogènes, l'utilisateur sait pertinemment que l'objet de sa peur n'est pas réel.

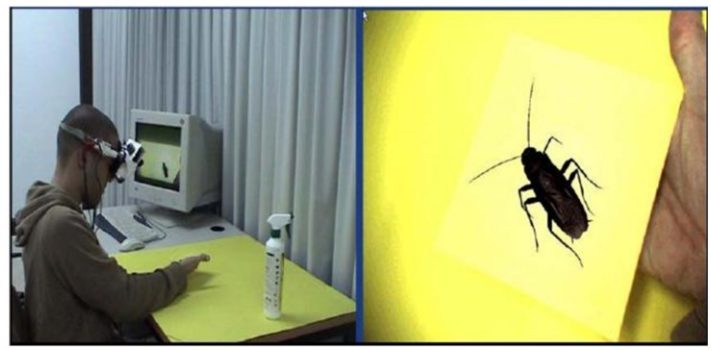
Stress Post-Traumatique

Scenes from VRMC's Virtual Baghdad, an immersive, highly realistic environment comprised of both sight and sound, which is used in combination with CBT to treat PTSD. (The combination is known as virtual reality graded exposure therapy, or VRGET.) Users can freely navigate the environment and its structures and interact with virtual people.

(Wiederhold & Wiederhold, 2006)

25

Réalité augmentée

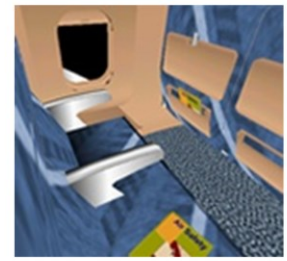


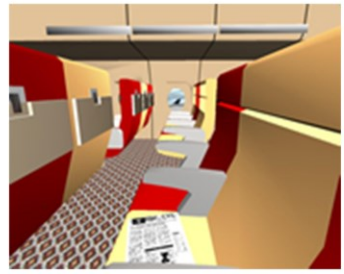
(Juan et al, 2006)

26

La réalité augmentée est une technique où des éléments virtuels sont projetés dans un environnement réel. Par exemple, l'utilisateur porte des lunettes munies d'une mini-caméra qui filme ce qu'il y a devant eux. Un système informatique projette ce flux vidéo sur les lunettes en y insérant des éléments virtuels en temps réel. L'utilisateur a donc l'impression de voir des objets virtuels dans le réel. Exemple: Juan et collègues (2006) ont développé un système de réalité augmenté pour traiter des patients ayant une phobie des petits animaux.

Aérophobie





27

Coût moindre de la RV, possibilité de se placer dans différentes conditions météorologiques.

Environnement pour la phobie sociale par « Virtually Better »©

Source: Skip Rizzo, International Conference on Virtual Rehabilitation (ICVR) 2011

VR Anxiety Disorders Meta-Analysis

ELSEVIER

Journal of Anxiety Disorders 22 (2008) 561–569

Anxiety Disorders

Review

Virtual reality exposure therapy for anxiety disorders: A meta-analysis

2008

Mark B. Powers *, Paul M.G. Emmelkamp

University of Amsterdam, The Netherlands

Received 1 March 2007; received in revised form 11 April 2007; accepted 20 April 2007

Abstract

There is now a substantial literature investigating virtual reality exposure therapy (VRET) as a viable treatment option for anxiety disorders. In this meta-analysis we provide effect size estimates for virtual reality treatment in comparison to in vivo exposure and control conditions (waitlist, attention control, etc.). A comprehensive search of the literature identified 13 studies ($n = 397$) that were included in the final analyses. Consistent with prediction the primary random effects analysis showed a large mean effect size for VRET compared to control conditions, Cohen's $d = 1.11$ (S.E. = 0.15, 95% CI: 0.82–1.39). This finding was consistent across secondary outcome categories as well (domain-specific, general subjective distress, cognition, behavior, and psychophysiology). Also as expected in vivo treatment was not significantly more effective than VRET. In fact, there was a small effect size favoring VRET over in vivo conditions, Cohen's $d = 0.35$ (S.E. = 0.15, 95% CI: 0.05–0.65). There was a trend for a dose–response relationship with more VRET sessions showing larger effects ($p = 0.06$). Outcome was not related to publication year or sample size. Implications are discussed.

© 2007 Elsevier Ltd. All rights reserved.

Keywords: Virtual reality; Exposure therapy; Anxiety disorders; Meta-analysis

Journal of Anxiety Disorders

ELSEVIER

Available online at www.sciencedirect.com

ScienceDirect

Journal of Behavior Therapy and Experimental Psychiatry ▮ (▮▮▮▮) ▮▮▮–▮▮▮

Journal of behavior therapy and experimental psychiatry

www.elsevier.com/locate/jbtep

Affective outcomes of virtual reality exposure therapy for anxiety and specific phobias: A meta-analysis

Thomas D. Parsons*, Albert A. Rizzo

Institute for Creative Technologies, University of Southern California, 13274 Fiji Way, Office 301, Marina del Rey, CA 90292-4019, USA

Received 24 October 2006; received in revised form 6 July 2007; accepted 18 July 2007

Abstract

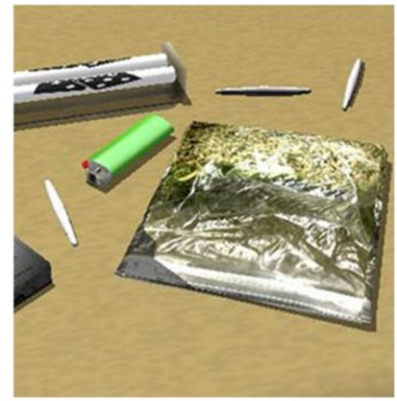
Virtual reality exposure therapy (VRET) is an increasingly common treatment for anxiety and specific phobias. Lacking is a quantitative meta-analysis that enhances understanding of the variability and clinical significance of anxiety reduction outcomes after VRET. Searches of electronic databases yielded 52 studies, and of these, 21 studies (300 subjects) met inclusion criteria. Although meta-analysis revealed large declines in anxiety symptoms following VRET, moderator analyses were limited due to inconsistent reporting in the VRET literature. This highlights the need for future research studies that report uniform and detailed information regarding presence, immersion, anxiety and/or phobia duration, and demographics.

© 2007 Elsevier Ltd. All rights reserved.

Keywords: Virtual reality exposure therapy; Anxiety; Meta-analysis; Phobia; Affective neuroscience

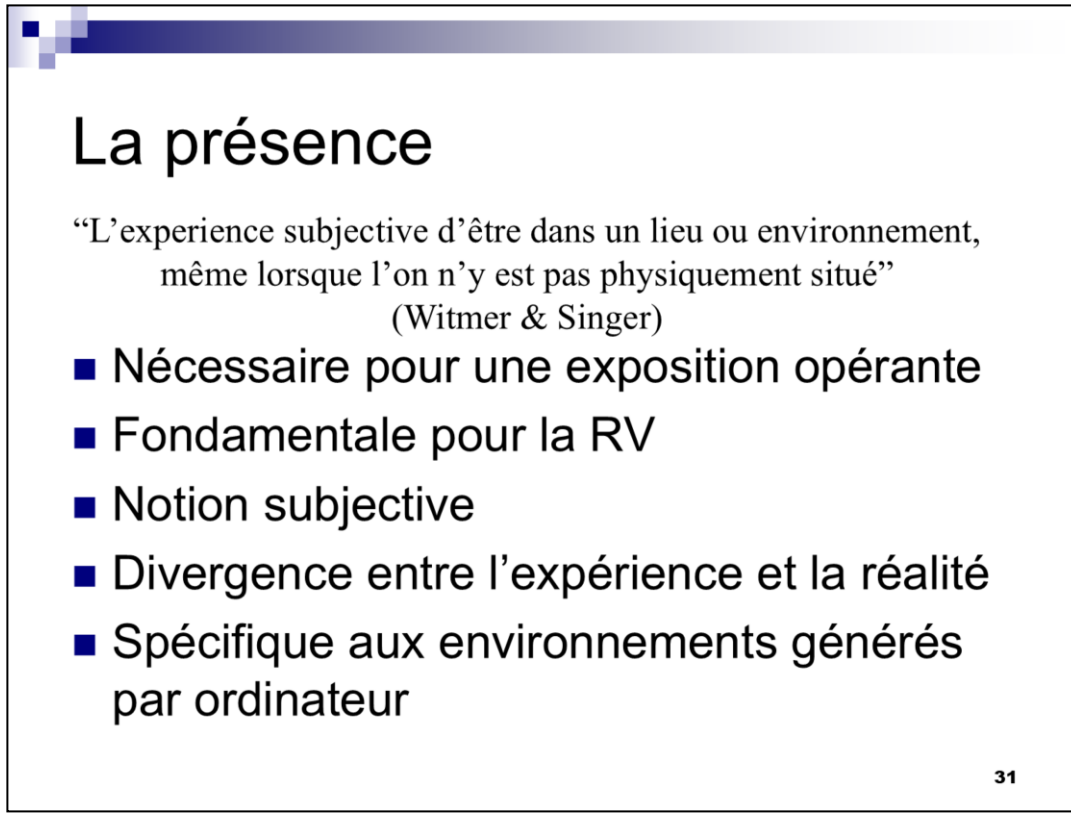
Journal of Behavior Therapy and Experimental Psychiatry

Virtualité Augmentée
Virtually Better©



30

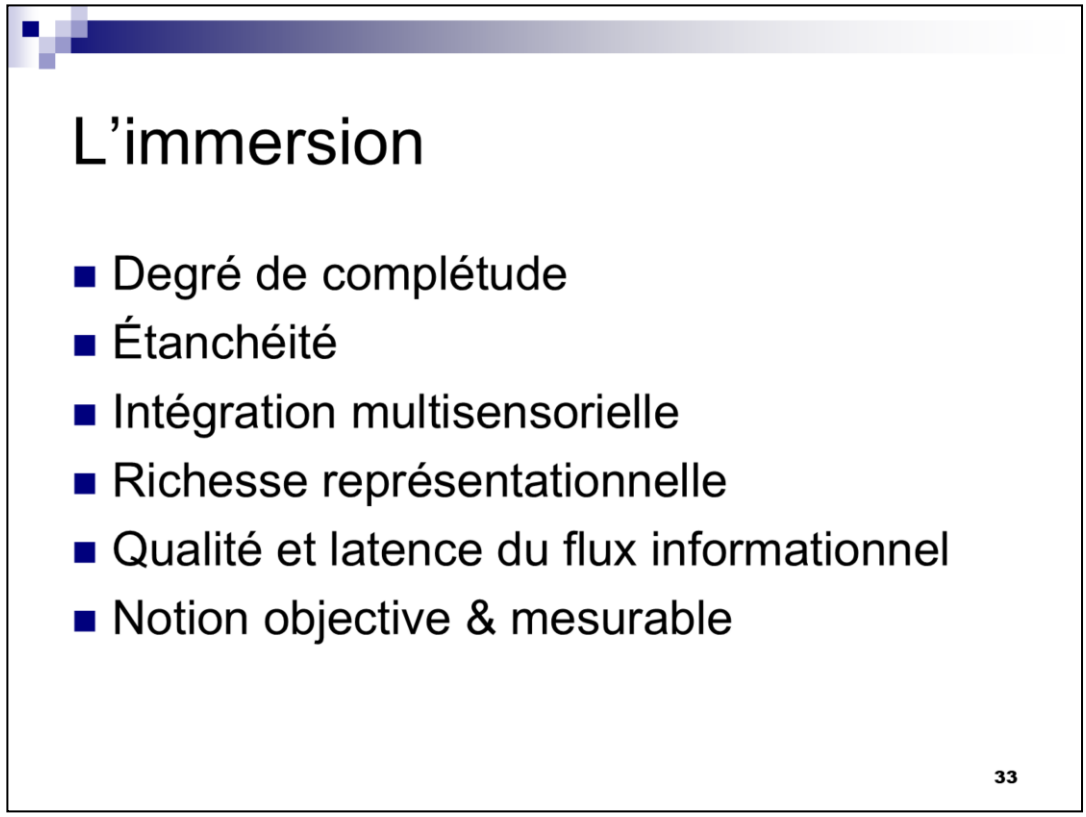
Une société américaine, Vitrually Better© (http://www.virtuallybetter.com/), conçoit des environnements en virtualités augmentées pour le traitement des addictions, comme l'addiction à la drogue. La virtualité augmentée correspond à des environnements virtuels où sont insérés des éléments vidéo réels.



Pour que l'exposition soit opérante en réalité virtuelle, les patients doivent se sentir « présent » dans l'environnement virtuelle. Cette notion de « présence » apparaît comme un aspect fondamental de la RV. Witmer & Singer définissent la présence comme « l'expérience subjective d'être dans un lieu ou environnement, même lorsque l'on n'y est pas physiquement situé ». Selon ces auteurs, « la présence se réfère à l'expérience d'un environnement généré par ordinateur plutôt qu'à un lieu réellement physique ». La présence est fortement liée à l'immersion et au réalisme, termes ayant davantage une connotation technique.

Réalisme

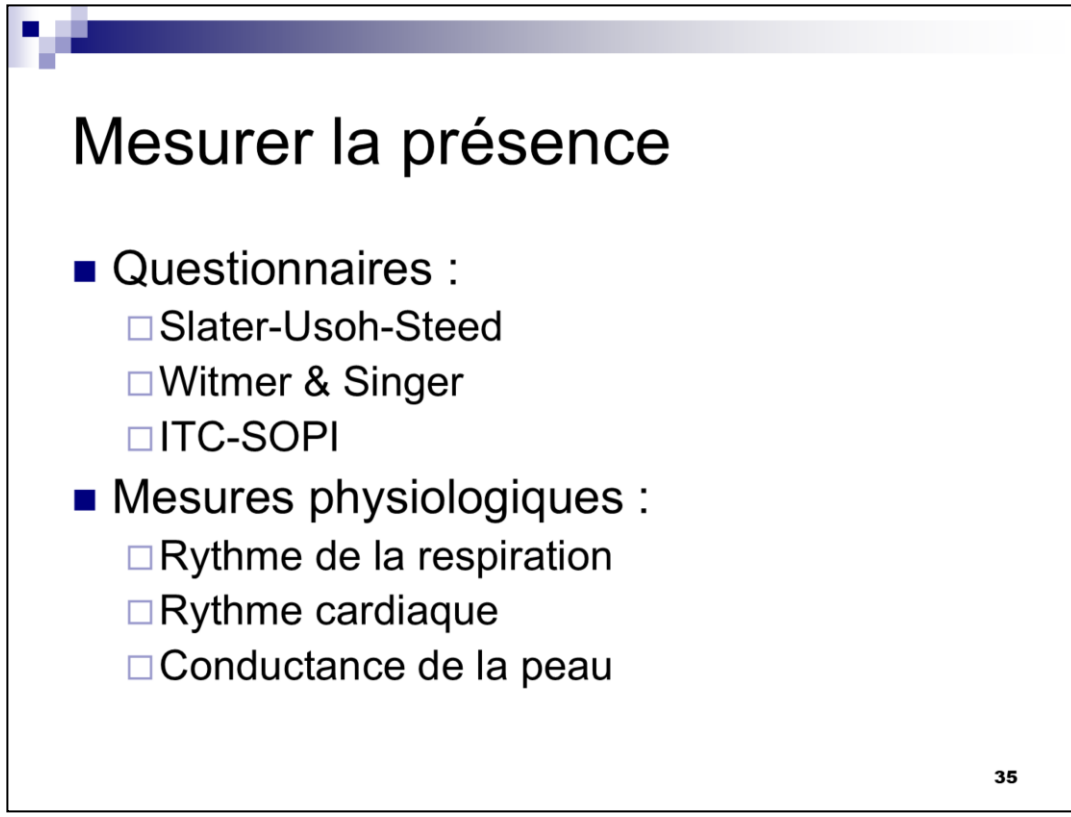
- « fidélité de la simulation »
- Jugement de l'apparence, esthétique
- Crédibilité des phénomènes naturels, comportementaux
- Qualité de la modélisation des processus perceptifs



Bien qu'il y ait des divergences d'opinions, nous retiendrons la définition de l'immersion suivante: l'immersion correspond au degré de complétude d'un environnement virtuel: à quel point un système protège des sensations provenant du monde réel? A quel degré le système intègre plusieurs modalités sensorielles? Quelle est la richesse des capacités représentationnelles ? Il s'agit d'une notion objective et mesurable. La présence est un sentiment subjectif et personnel alors que l'immersion correspond à un degré d'intégration et de réalisme des stimuli virtuels. La présence évalue une impression de l'utilisateur alors que l'immersion évalue les performances du système.

Exemples

Environnements non-immersif	**Environnements immersifs**
Téléphone portable	Visiocasque
PC, écran, souris	Lunette de Réalité Augmentée
Console de jeux	CAVE



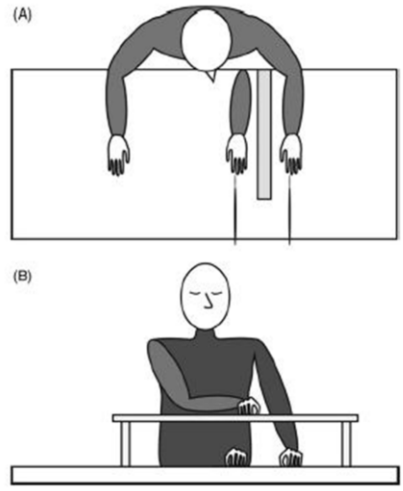
Comme toute notion subjective, mesurer le sentiment de présence n'est pas tâche facile. Une manière de faire consiste à recueillir le témoignage des utilisateurs. Pour pouvoir estimer les degrés de présence et effectuer des comparaisons, plusieurs questionnaires ont été conçus par des chercheurs. Une autre façon de procéder consiste à estimer l'état émotionnel induit par la réalité virtuelle en effectuant des mesures physiologiques.

Études sur l'humain

- Études des conflits sensoriels
- Exploration des troubles mentaux :
  - « out-of-body » expériences
- Induire l'illusion d'être présent ailleurs

Rubber Hand Illusion

(Botvinick & Cohen, *Nature*, 1998)



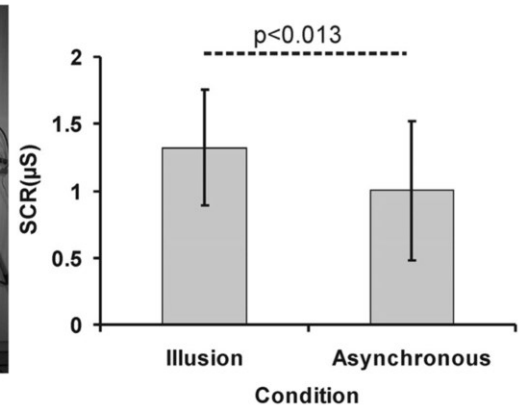
From (Haans et al., 2008)

Out-of-body Experiences

- Stimulation multimodale

A

B

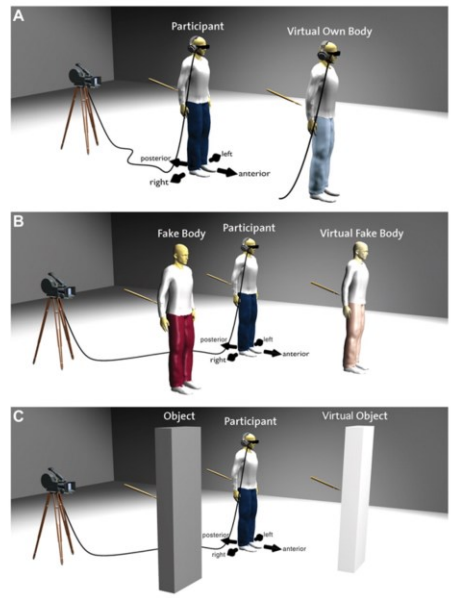


(Ehrsson 2007)

38

SCR: mesure de conductance cutanée

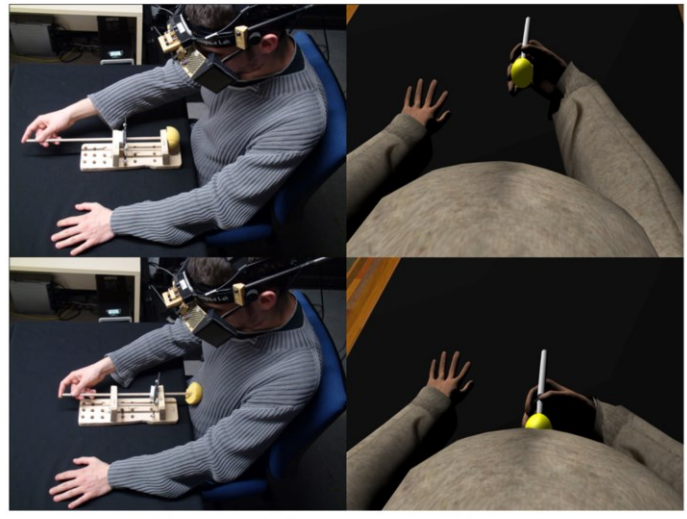
Délocalisation du corps en Réalité Virtuelle



(Lenggenhager et al. 2007)

39

Virtual Big Belly



Normand, Slater et al., 2010
EventLab, Université de Barcelone

40