8

Facteurs humains en réalité virtuelle

Immersion, présence, incarnation et confort

Étienne Peillard
IMT Atlantique

NOTES DE COURS

Un même système technique peut produire des expériences et des résultats différents. L'immersion décrit ses capacités ; la présence et l'incarnation décrivent des dimensions du vécu ; le confort et les symptômes concernent d'autres conséquences de l'usage. Distinguer ces dimensions permet d'expliquer et d'évaluer ce qui se passe pour le participant.

Plan du cours

Immersion et présence

8.1

Corps et incarnation

8.2

Cybercinétose, confort et évaluation

8.3

NOTES DE COURS

Un même système technique peut produire des expériences et des résultats différents. L'immersion décrit ses capacités ; la présence et l'incarnation décrivent des dimensions du vécu ; le confort et les symptômes concernent d'autres conséquences de l'usage. Distinguer ces dimensions permet d'expliquer et d'évaluer ce qui se passe pour le participant.

Le parcours relie les thèmes suivants : Immersion et présence ; Corps et incarnation ; Cybercinétose, confort et évaluation.

Diapositive 3 / 62

Diapositive en ligne ↗

Partie 1 sur 3

8.1

Immersion et présence

NOTES DE COURS

Séparez les caractéristiques du système, l’expérience subjective et les résultats des tâches. Ils peuvent s’influencer mutuellement sans être équivalents. Une présence élevée n'est pas une preuve d'apprentissage, un avatar détaillé n'est pas une preuve d’appartenance corporelle et une application techniquement stable peut toujours être inconfortable à utiliser. Le cours évalue donc plusieurs dimensions ensemble.

Diapositive 4 / 62

Diapositive en ligne ↗

8.1 Immersion et présence

Système, expérience et résultat

Niveau	Qu’est-ce qui est décrit ?
Système	Immersion, suivi et retour
Expérience	Présence, incarnation et inconfort
Résultat	Performance des tâches, apprentissage et comportement

NOTES DE COURS

Séparez les caractéristiques du système, l’expérience subjective et les résultats des tâches. Ils peuvent s’influencer mutuellement sans être équivalents. Une présence élevée n'est pas une preuve d'apprentissage, un avatar détaillé n'est pas une preuve d’appartenance corporelle et une application techniquement stable peut toujours être inconfortable à utiliser. Le cours évalue donc plusieurs dimensions ensemble.

Caractériser l’immersion

Étendue sensorielle

Quelles modalités sont stimulées ?

Fidélité sensorielle

Quelles informations chacun peut-il véhiculer ?

Couverture

Quelle quantité d’apport physique reste-t-il ?

Interactivité

Comment la stimulation répond à l’action

NOTES DE COURS

L’immersion décrit les capacités sensorielles et interactives du système. L’étendue concerne les modalités stimulées ; la couverture concerne la place occupée par les stimulations du système parmi les informations environnantes ; la qualité concerne les informations reproduites. L’interactivité concerne leur évolution avec les actions de l’utilisateur. Ces propriétés décrivent le dispositif, tandis que la présence relève d’une expérience variable entre personnes.

Présence

Une localisation subjective

Vivre le lieu représenté comme là où l’on se trouve

Une expérience continue

Cela peut changer au cours d'une séance



Un lieu virtuel vécu à travers un système immersif

NOTES DE COURS

Witmer, Singer et Slater décrivent la présence en termes d'être dans l'environnement représenté malgré l'emplacement physique ailleurs. Cette expérience n'exige pas que le participant croie intellectuellement que la simulation est réelle. Il peut fluctuer, se casser et se rétablir au cours d'une activité.

Placer l’illusion et la plausibilité

Illusion de lieu

Le sentiment d'être dans le lieu représenté

Plausibilité

Le sentiment que les événements se produisent réellement

NOTES DE COURS

Le cadre de Slater sépare l’illusion du lieu de la plausibilité. Les relations sensorimotrices aident à expliquer le premier, tandis que les événements et les réponses cohérents impliquant le participant aident à expliquer le second. Le participant peut conserver des connaissances sur la simulation. Ce sont des constructions explicatives plutôt que deux noms interchangeables pour le réalisme visuel.

Présence sociale

D'autres personnes

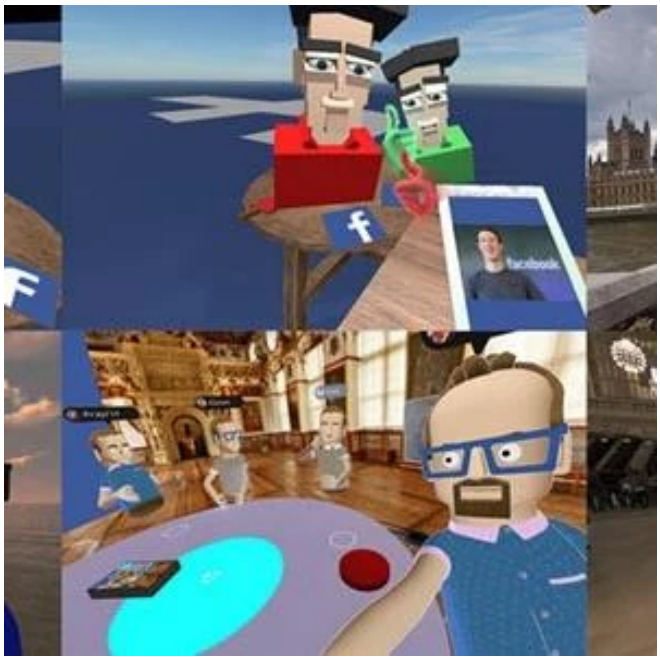
Un sentiment d'être ensemble

Indices incarnés

Position, regard, geste et action

Activité partagée

Coordination autour d’événements communs



Communication dans un environnement virtuel partagé

NOTES DE COURS

La présence sociale concerne l’expérience d’autrui comme interlocuteur ou agent socialement disponible. La coprésence concerne le fait de se sentir ensemble dans une situation partagée. Les canaux de communication rendent l’échange possible, mais la relation vécue dépend aussi de la réactivité, du comportement des avatars et de l’activité. Partager une géométrie ne suffit pas à établir une compréhension ou une attention mutuelle.

Attention et présence spatiale

Informations spatiales

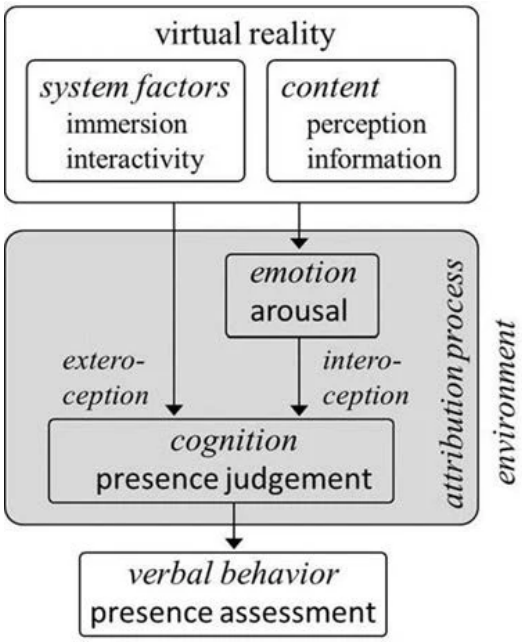
Une représentation de l'environnement représenté

Attention

Ressources allouées à la situation virtuelle

Localisation de soi

L’environnement devient la première référence spatiale



Un modèle structurel reliant RV, émotion et jugement

NOTES DE COURS

La présence spatiale peut être comprise comme la construction d’une interprétation dans laquelle l’environnement médiatisé devient le lieu vécu de l’action. Le modèle MEC relie les informations spatiales, l’attention et l’interprétation que l’utilisateur fait de sa localisation. La pertinence de la tâche, les attentes et l’implication émotionnelle peuvent intervenir dans ce processus. Le schéma représente un cadre explicatif, et non une mesure directe de la présence.

Attention dans une expérience

Tâche

Explorez une ville virtuelle

Tâche sonde

Des sons sans rapport avec la tâche

Observations

Réponses cérébrales liées à l'attention



Environnements de villes virtuelles dans une étude de l'attention

NOTES DE COURS

Kober et Neuper (2012) ont mesuré les réponses aux sons liées aux événements lors de l'exploration virtuelle. Les résultats rapportés soutiennent une association entre la présence et l'attention accordée à l'environnement virtuel. Un corrélat physiologique n'est pas une lecture d'identification unique de la présence ; d'autres influences doivent être prises en considération.

Pourquoi la présence est importante

Comportement

Réponses aux événements virtuels

Interprétation expérimentale

Pertinence par rapport à la situation cible

Objectif de l'application

Une activité ou une rencontre convaincante



Une scène virtuelle liée à la hauteur

NOTES DE COURS

La présence aide à expliquer pourquoi les gens réagissent à une situation simulée tout en sachant qu'elle est artificielle. Cela est important dans les scénarios expérimentaux et certaines expériences appliquées. Cela ne reste qu’une partie de la preuve : un score élevé ne valide pas tous les aspects d’une simulation ni n’établit un bénéfice clinique.

Facteurs système et présence

Contrôle

Action disponible et prévisible

Informations sensorielles

Les repères utiles et leur cohérence

Conditions de visualisation

Propriétés d'affichage et calibrage

NOTES DE COURS

L’interaction, le contrôle, les modalités sensorielles et les propriétés de visualisation peuvent influencer la présence. Leurs effets dépendent de la tâche et de la mesure. Clemente et ses collègues sont cités pour une distinction entre les réponses neuronales et les résultats du questionnaire. C’est une raison pour éviter de supposer que chaque mesure change simultanément.

Émotion et fidélité visuelle

Contenu de la scène

Situations neutres ou affectives

Propriétés d'affichage

Une interaction possible avec le contenu

Réponse

La présence et l'émotion peuvent varier



Différents contextes affectifs dans un environnement virtuel

NOTES DE COURS

Baños et ses collègues comparent les environnements affectifs et neutres. Cela montre que l'effet de la qualité d'affichage peut dépendre du contenu de la scène. La littérature citée sur l’anxiété fait état d’associations dans des conditions particulières ; cela ne justifie pas une règle universelle selon laquelle une certaine personnalité produit toujours une présence plus élevée.

Différences individuelles

Facteurs visuels et spatiaux

À quelles informations un utilisateur peut accéder

Attention et émotion

Comment la situation engage la personne

Expérience et attentes

Ce que la personne apporte à la séance



Conditions d'étude neutres et parlant en public

NOTES DE COURS

L’étude de Ling et ses collègues a impliqué 85 participants et a comparé les conditions neutres et celles de prise de parole en public. Elle a pris en compte l’acuité visuelle, l'empathie, les tendances immersives, l'expérience antérieure et d'autres variables. Certains effets rapportés diffèrent des travaux antérieurs. Présentez les résultats comme étant spécifiques à l’étude et évitez de traiter toutes les caractéristiques mesurées comme des prédicteurs confirmés.

Style avatar et exposition répétée

Représentation

Avatars abstraits ou plus humains

Familiarité

Expérience avec l'environnement

Interprétation

Les effets dépendent de la tâche et de la conception



Représentations d'avatar dans l'étude source

NOTES DE COURS

Le style des avatars et la répétition des expositions interviennent de façons différentes dans l’expérience. Les travaux de Gerhard et ses collègues examinent la représentation, tandis que ceux de Gamito et ses collègues portent sur la familiarisation. Ces facteurs ne fondent pas une règle universelle selon laquelle le réalisme visuel améliorerait toujours l’expérience sociale. La cohérence des comportements et la qualité de la communication participent aussi à la relation avec une personne représentée.

8.1 Immersion et présence

L'éclairage et la fosse virtuelle

Manipulation

Conditions d'éclairage et de réflexion

Expérience

Réponses au questionnaire sur la scène

Réponse

Réactions physiologiques à un environnement lié à une menace



Conditions de rendu dans l'expérience de fosse virtuelle

NOTES DE COURS

L’exemple décrit la comparaison des conditions de rendu par Slater, Khanna, Mortensen et Yu. Il rapporte des différences dans les réponses physiologiques ainsi que des questions de présence. Préserver la distinction entre manipulation, mesures et interprétation. L'activité électrodermique et la fréquence cardiaque peuvent refléter l'excitation ainsi que d'autres processus, donc ni l'un ni l'autre n'est spécifique à la présence.

Des modalités supplémentaires sont-elles toujours utiles ?

Informations

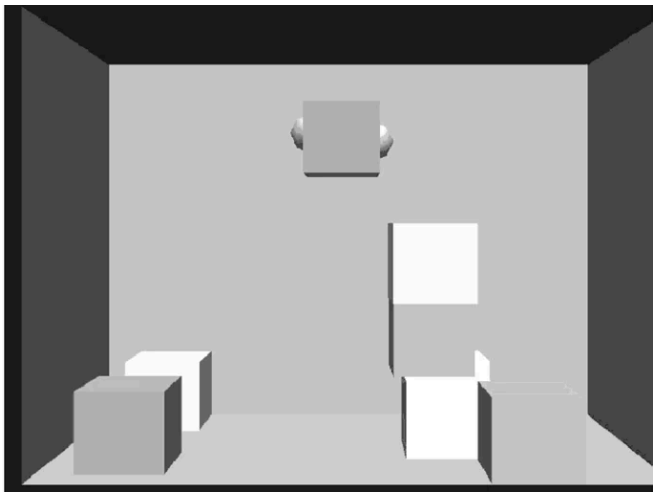
À quoi contribue le signal supplémentaire ?

Redondance

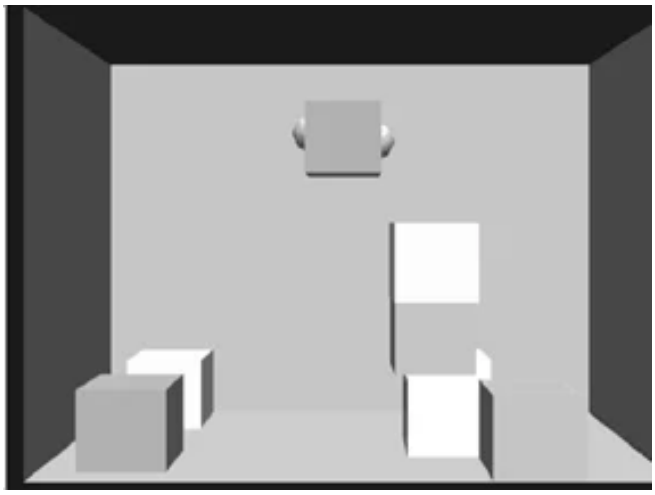
Une autre chaîne est-elle déjà suffisante ?

Tâche

Le signal soutient-il l'activité ?



Une tâche de collaboration audiovisuelle-haptique



Une comparaison des conditions de communication et haptiques

NOTES DE COURS

Les exemples de Sallnäs comparent les canaux visuels, auditifs et haptiques en collaboration. Un signal haptique supplémentaire peut contribuer différemment selon que la communication verbale est présente ou absente. La leçon est un bénéfice conditionnel, non pas que chaque canal supplémentaire augmente la présence. Examinez la tâche, les informations de base et les mesures dépendantes.

L'immersion et la présence sont distinctes

Propriétés du système

Peut être spécifié et mesuré

Expérience personnelle

Varie selon les utilisateurs et les sessions

Relation

Influencé par le contenu, l'action et l'attention

NOTES DE COURS

Il faut distinguer les descriptions objectives de l'immersion de la présence subjective. La relation n’est pas une simple conversion individuelle. Cela ne veut pas dire que le matériel n’a jamais d’importance. Cela signifie que les changements dans les capacités du système doivent être interprétés en fonction de la tâche, du contenu, des attentes et de l'expérience individuelle.

Une réaction visible, une expérience à interroger

Comportement

Recul, mouvements, hésitation

Vécu rapporté

Présence, émotion, inconfort

Mesure

Questionner et comparer

NOTES DE COURS

La vidéo suivante montre une première expérience avec un casque. Elle sert ici à distinguer un comportement observable de l’expérience subjective : reculer ou bouger ne suffit pas à mesurer la présence, et une réaction forte ne prouve pas un inconfort.

Après le visionnage, recueillir ce que la personne dit avoir ressenti et distinguer présence, émotion et symptômes. La section suivante présente les méthodes de mesure de la présence ; le confort et les symptômes sont traités dans la troisième partie. Une réaction individuelle ne se généralise pas à tous les utilisateurs.

Une première expérience avec un casque



Une première expérience avec un casque

Lire la vidéo ↗

NOTES DE COURS

La vidéo suivante montre une première expérience avec un casque. Elle sert ici à distinguer un comportement observable de l’expérience subjective : reculer ou bouger ne suffit pas à mesurer la présence, et une réaction forte ne prouve pas un inconfort.

Après le visionnage, recueillir ce que la personne dit avoir ressenti et distinguer présence, émotion et symptômes. La section suivante présente les méthodes de mesure de la présence ; le confort et les symptômes sont traités dans la troisième partie. Une réaction individuelle ne se généralise pas à tous les utilisateurs.

Mesurer la présence

Questionnaires

IPQ, PQ et Slater – Usoh – Steed

Comportement

Réponses et ruptures dans l’expérience

Physiologie

Observations complémentaires et non spécifiques

NOTES DE COURS

Choisissez un instrument pour le concept et le contexte, en conservant sa formulation et sa procédure de notation. Dans la recherche de présence, SUS peut faire référence à Slater – Usoh – Steed ; l'échelle d'utilisabilité du système utilise le même acronyme pour une construction différente. Les observations physiologiques nécessitent une interprétation indépendante et ne remplacent pas une définition opérationnelle claire.

Diapositive 22 / 62

Diapositive en ligne ↗

Partie 2 sur 3

8.2
Corps et incarnation

NOTES DE COURS

Le cadre de Riva rassemble des informations sur et provenant du corps. La perception corporelle de soi dépend de l'intégration plutôt que d'une seule image visuelle. Cela jette un pont entre les mécanismes sensoriels et la question de savoir pourquoi un corps virtuel peut parfois être vécu comme le sien.

Diapositive 23 / 62

Diapositive en ligne ↗

8.2 Corps et incarnation

Perception de son corps

Signaux externes

Voir et toucher le corps

Signaux internes

Intéroception et état corporel

Mouvement et posture

Informations proprioceptives et vestibulaires

NOTES DE COURS

Le cadre de Riva rassemble des informations sur et provenant du corps. La perception corporelle de soi dépend de l'intégration plutôt que d'une seule image visuelle. Cela jette un pont entre les mécanismes sensoriels et la question de savoir pourquoi un corps virtuel peut parfois être vécu comme le sien.

Schéma corporel et image du corps

Schéma corporel

Représentations soutenant l’action et la posture

Image du corps

Représentations perceptuelles, conceptuelles et affectives

Plasticité

Les représentations peuvent s’adapter

NOTES DE COURS

Le schéma corporel concerne les représentations du corps engagées dans le contrôle de l’action, tandis que l’image du corps concerne ses représentations perceptives et d’autres dimensions de la relation à son propre corps. Leur frontière varie selon les approches théoriques. Aucun des deux ne se réduit à une photographie du corps. Modifier les informations visuelles, proprioceptives ou tactiles permet d’étudier leurs contributions à l’action et à la perception corporelle de soi.

L'illusion de la main en caoutchouc

Une vraie main cachée

Reçoit une stimulation tactile

Une main artificielle visible

Reçoit une stimulation visuelle correspondante

Un changement possible

La main artificielle semble liée au corps



Main gauche



Main artificielle

NOTES DE COURS

Dans l’expérience de la main en caoutchouc de Botvinick et Cohen, la main réelle est cachée et une main artificielle reste visible. Des événements visuels et tactiles correspondants peuvent produire le sentiment que cette main visible appartient à son corps. Comparer des stimulations synchrones et asynchrones permet d’examiner cette relation temporelle. La disposition spatiale et la compatibilité anatomique contraignent aussi l’effet : l’apparence seule ne suffit pas à établir l’appartenance corporelle.

Diapositive 26 / 62

Diapositive en ligne ↗

8.2 Corps et incarnation

Une explication multisensorielle de l’appartenance corporelle

1. **Voir**
   Contact sur le corps artificiel
2. **Ressentir**
   Contact sur le corps physique
3. **Intégrer**
   Preuve d'un événement commun
4. **Attribut**
   Le corps vu peut ressembler au sien

NOTES DE COURS

Une interprétation multisensorielle de l’appartenance corporelle examine si les signaux visuels, tactiles et corporels peuvent être attribués à un même corps. Des correspondances temporelles et spatiales favorisent cette interprétation. Des retards, des positions

incompatibles ou des incohérences anatomiques peuvent l’affaiblir. Cette intégration n’exige pas une décision explicite de croire la main artificielle réelle : le ressenti et la connaissance de la situation peuvent différer.

Le sentiment d’incarnation

Appartenance corporelle

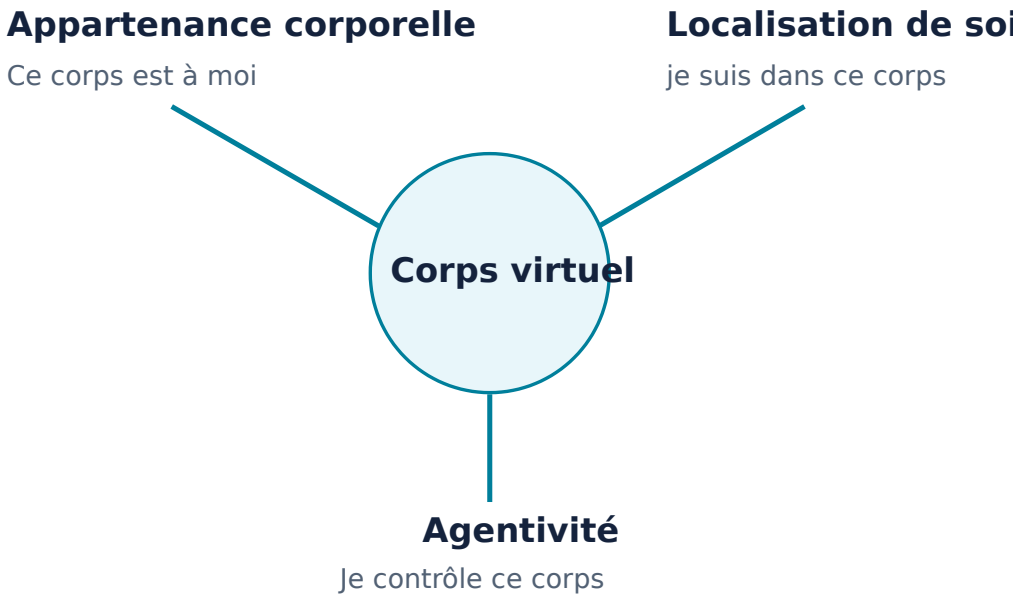
Ce corps est à moi

Localisation de soi

Je suis situé dans ce corps

Agentivité

Je contrôle ce corps



NOTES DE COURS

Kilteni, Groten et Slater distinguent l’appartenance corporelle, la localisation de soi et l’agentivité dans le sentiment d’incarnation. L’appartenance concerne le corps ressenti comme sien ; la localisation concerne le lieu où l’on se sent situé ; l’agentivité concerne le fait de se sentir à l’origine d’une action. Ces composantes peuvent varier séparément. Contrôler un outil ne le transforme pas nécessairement en partie du corps, et ressentir une localisation corporelle ne suppose pas de contrôler volontairement chaque mouvement.

Appartenance corporelle

Auto-attribution

Le corps ressemble au mien

Source sensorielle

Les événements semblent arriver à ce corps

Manipulation

Moment, comparution et correspondance

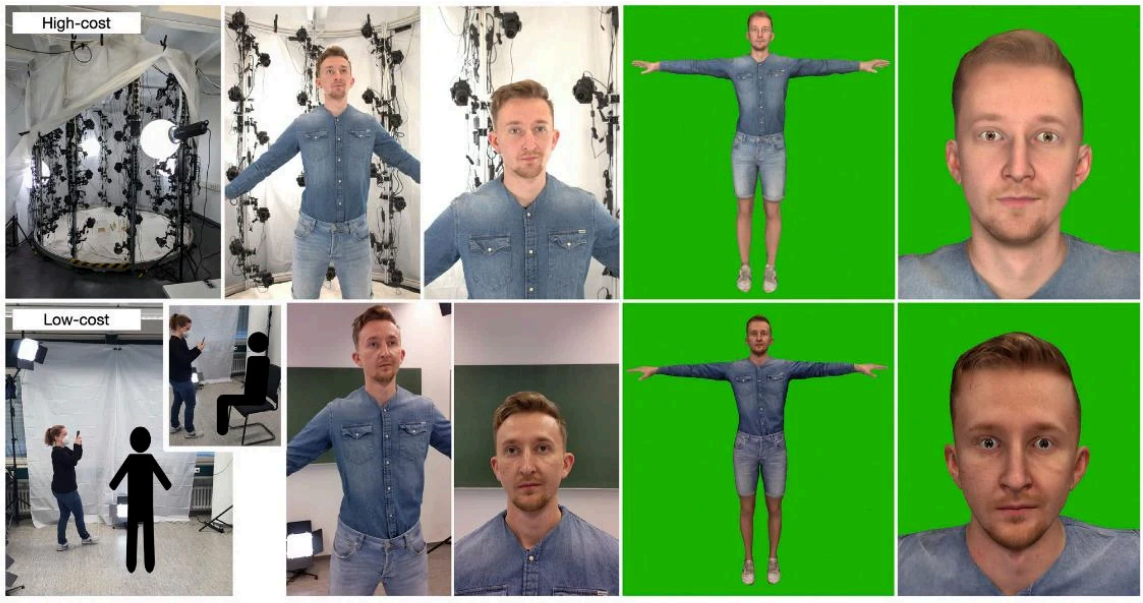


FIGURE 1 | The high-cost (top) and the low-cost (bottom) scan process.

Représentations humaines virtuelles dans une étude liée à l'appartenance corporelle

NOTES DE COURS

l'appartenance corporelle consiste à s'attribuer un corps ou une partie du corps. Les facteurs pertinents comprennent des contraintes structurelles et morphologiques et des avatars personnalisés. L'individualisation peut contribuer à la reconnaissance de soi, mais la similitude à elle seule ne garantit pas l'appropriation. Le comportement, le point de vue et la cohérence multisensorielle doivent être pris en compte.

Localisation de soi

Localisation corporelle

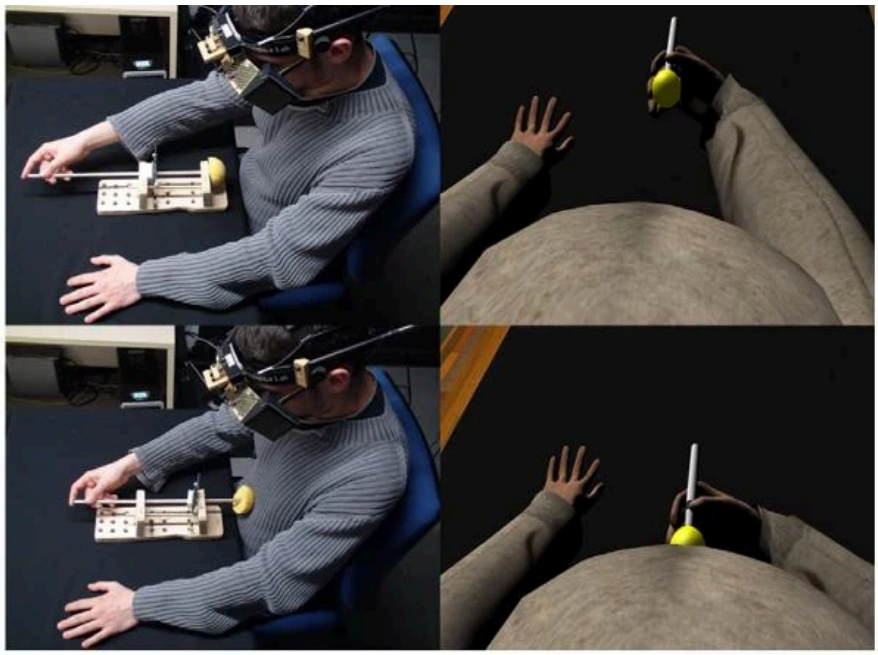
Où je m'expérimente

Point de vue à la première personne

Un point de vue associé au corps

Point de vue externe

Un autre rapport au corps vu



Un corps vu sous différentes perspectives spatiales

NOTES DE COURS

La localisation de soi concerne la relation entre soi et un corps. Les informations de point de vue et somatosensorielles y contribuent. Les perspectives à la première personne et externes manipulent plus que la composition de l'écran : elles modifient la relation spatiale entre l'observateur, le corps visible et le monde. Un point de vue particulier ne détermine pas de manière unique l’expérience.

8.2 Corps et incarnation

Autolocalisation et présence

Concept	Relation spatiale
Localisation de soi	Soi en relation avec un corps
Présence	Soi en relation avec un environnement

NOTES DE COURS

La localisation de soi concerne le lieu où la personne se sent située en relation avec un corps, tandis que la présence spatiale concerne le fait de se sentir dans un environnement. Ces relations peuvent interagir sans être identiques. Une personne peut se sentir présente dans un lieu virtuel sans voir de corps virtuel. Une illusion corporelle peut aussi modifier la localisation vécue sans présenter un monde virtuel entièrement environnant.

8.2 Corps et incarnation

Sentiment d’agentivité

Intention motrice

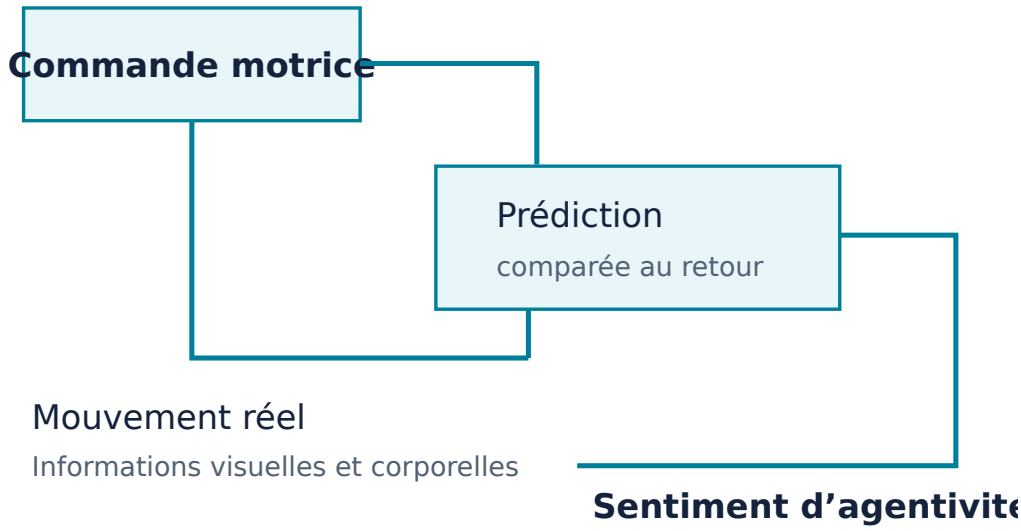
Une action prévue

Prédiction

Conséquences attendues

Retour

Mouvement observé et résultat



NOTES DE COURS

L’agentivité est le sentiment d’être à l’origine d’une action et de ses conséquences. Le modèle du comparateur relie les conséquences prédites d’une commande motrice aux retours observés. Un retard ou une transformation du mouvement peut modifier cette correspondance, sans qu’un seuil temporel universel suffise à expliquer l’agentivité. Ce modèle permet de distinguer le contrôle effectif du sentiment de causer ce qui se produit.

Facteurs de l’incarnation

Forme du corps

Structure, morphologie et reconnaissance de soi

Point de vue

Relation entre observateur et corps

Correspondance des mouvements

Alignement spatial et temporel

NOTES DE COURS

Les trois facteurs sont liés aux trois composants sans former une liste de contrôle individuelle. Une manipulation du point de vue peut influencer l’appartenance corporelle ainsi que l'emplacement. Un mouvement retardé peut influencer à la fois l’action et l’appartenance corporelle. Évaluez les composants séparément et vérifiez si la manipulation modifie également la présence ou l'inconfort.

Induction visuotactile et visuomotrice

Visuotactile

Les contacts vus et ressentis correspondent

Visuomoteur

Le mouvement vu suit l’action

Condition de contrôle

Modifier la correspondance concernée



Correspondance visuomotrice



Une configuration d'induction visuotactile

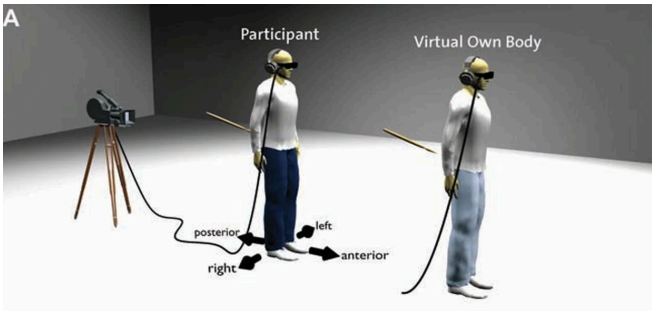
NOTES DE COURS

L’induction visuotactile relie le contact vu au toucher ressenti. L’induction visuomotrice relie le mouvement du corps virtuel visible au mouvement de la personne. Ces correspondances peuvent contribuer au sentiment d’appartenance corporelle. Une comparaison doit préciser la relation modifiée, car le délai, la difficulté et l’attention peuvent aussi varier. Une mesure d’appartenance porte sur le vécu corporel plutôt que sur le plaisir général.

Mains, visages et corps entiers



L'enfacement : une illusion liée au visage



Un arrangement expérimental sur tout le corps

NOTES DE COURS

Les expériences sur l’appartenance corporelle s’étendent des mains aux visages et aux corps entiers. Les études d’enfacement examinent comment des événements sensoriels correspondants modifient la relation à un visage vu ; les expériences de corps entier portent sur la relation vécue à un corps représenté. Elles diffèrent par le point de vue, la stimulation et les mesures. Une terminologie proche n’implique pas des procédures ou des effets identiques.

Des corps aux propriétés différentes

Bras étendu

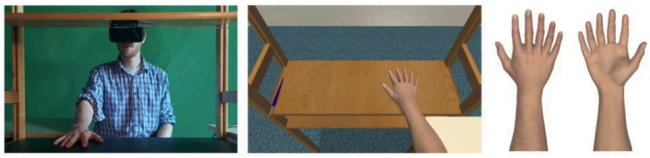
Une géométrie des membres modifiée

Doigt supplémentaire

Un élément contrôlé supplémentaire

Taille modifiée

Un rapport modifié à l’environnement



Expériences avec des propriétés corporelles modifiées



Recherche sur la perception de la taille du corps

NOTES DE COURS

Modifier la taille apparente, les proportions ou les parties disponibles du corps permet d’explorer la flexibilité de sa représentation. L’adaptation peut associer l’apprentissage d’une nouvelle correspondance de contrôle et le sentiment que la représentation est son corps. Ce sont deux résultats distincts. Un effet dépend de la géométrie, de l’entraînement, des correspondances sensorielles et de la mesure ; réussir le contrôle ne démontre pas à lui seul l’appartenance corporelle.

Avatar en marche et point de vue

Point de vue

Vue à la première personne ou vue externe

Mouvement du corps

Mouvement observé de l'avatar

Expérience

agentivité, appartenance corporelle et marche apparente



Conditions d’avatar à pied et de point de vue

NOTES DE COURS

L’exemple de Kokkinara, Kilteni, Blom et Slater examine la relation entre le point de vue, l’incarnation et la locomotion apparente. Il connecte cette unité à la navigation. Le mouvement physique du participant, le mouvement corporel affiché et les constructions du questionnaire doivent être spécifiés indépendamment.

Faire l’expérience d’un corps à la taille d’un enfant

Point de vue

Une perspective relative au corps

Congruence

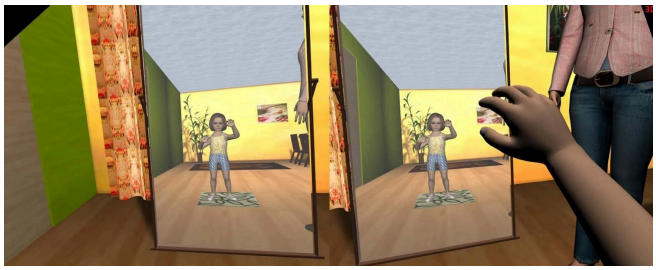
Informations sensorielles correspondantes

Résultat

Perception et réponses liées au corps



Une étude sur l’incarnation du corps de l’enfant



Une vue lors de l’expérience corps-enfant

NOTES DE COURS

Un corps virtuel de taille enfantine modifie la relation entre l’échelle apparente du corps et l’environnement. L’expérience distingue l’induction d’un vécu incarné de la mesure de ses effets perceptifs ou comportementaux. Le point de vue et le contrôle doivent être précisés, car ils influencent aussi l’interprétation. La démonstration montre le dispositif ; les propos du participant et ses réponses aux tâches renseignent sur son expérience.

Banakou, Groten et Slater : incarnation dans un corps d’enfant

Banakou, Groten et Slater : incarnation dans un corps d’enfant

Lire la vidéo ↗

NOTES DE COURS

Un corps virtuel de taille enfantine modifie la relation entre l’échelle apparente du corps et l’environnement. L’expérience distingue l’induction d’un vécu incarné de la mesure de ses effets perceptifs ou comportementaux. Le point de vue et le contrôle doivent être précisés, car ils influencent aussi l’interprétation. La démonstration montre le dispositif ; les propos du participant et ses réponses aux tâches renseignent sur son expérience.

Recherche sur la distorsion de la taille du corps

Question

Comment est estimée la taille corporelle ?

Manipulation

Une illusion de tout le corps

Mesure

Estimations avant et après exposition



Fig 2. Experimental set up. Experimenter touching participants' actual abdomen with a movement sensor, stroking movements are displayed in VR (inlay).

La configuration de l'étude pour les estimations de la taille du corps

NOTES DE COURS

L’exemple décrit des recherches sur la taille du corps liées à l'anorexie et cite Keizer et ses collègues. Il rapporte une surestimation réduite des épaules, de l'abdomen et des hanches après l'induction expérimentale, avec des observations de suivi. Il s’agit d’un résultat d’étude portant sur une mesure perceptuelle, et non d’une preuve d’un effet général du traitement ou d’une preuve que tous les symptômes cliniques ont changé.

Membres fantômes et retour visuel

Sensation de membre fantôme

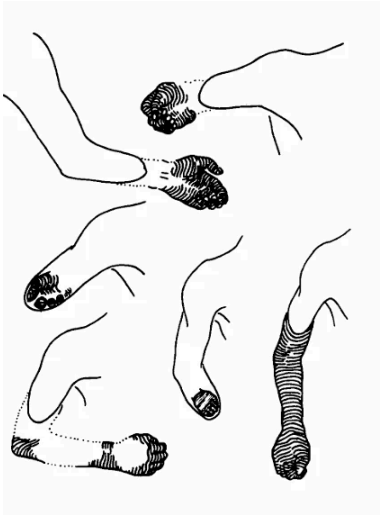
Un membre manquant perçu

Retour visuel par miroir

Un rapport visuel au mouvement

Retour visuel en RV

Une représentation contrôlable des membres



Un arrangement en forme de boîte à miroir

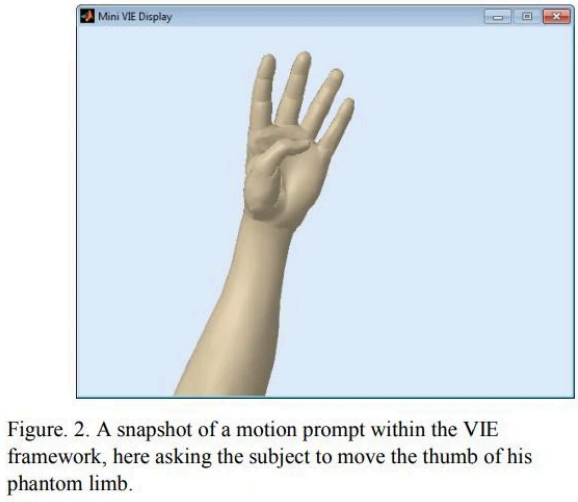


Figure. 2. A snapshot of a motion prompt within the VIE framework, here asking the subject to move the thumb of his phantom limb.

Un membre virtuel utilisé dans la recherche en réadaptation

NOTES DE COURS

Les sensations de membre fantôme et la douleur fantôme sont des phénomènes distincts. Les approches par miroir et par environnement virtuel fournissent un retour visuel associé à l'action. Dans l'exemple de Perry et ses collègues, une entrée liée à l'EMG commande une représentation virtuelle. Les résultats concernent cette étude et ce protocole. Le lien conceptuel commun relie l'action voulue, les retours sensoriels et la représentation du corps.

Évaluer l'incarnation

Questionnaires

appartenance corporelle, emplacement et agentivité séparés

Comportement

Une réponse ou une estimation liée à une tâche

Conditions de contrôle

Tester la source proposée de l'effet

NOTES DE COURS

Utilisez des mesures spécifiques aux composants et une condition de comparaison justifiée. Une réponse à une menace peut fournir des preuves complémentaires mais donne lieu à de multiples interprétations. Une estimation de taille modifiée mesure un résultat perceptuel plutôt que de mesurer directement chaque composant de l'incarnation. Indiquez la procédure d'intégration, les caractéristiques des participants et le moment de l'évaluation.

Diapositive 42 / 62

Diapositive en ligne ↗

Partie 3 sur 3

8.3

Cybercinétose, confort et évaluation

NOTES DE COURS

Le confort ne se réduit pas à l’absence de cybermalaise. La pression du casque, la chaleur, l’effort visuel et le maintien des bras peuvent rendre difficile l’usage d’une scène pourtant stable. Ces manifestations ont des causes différentes et demandent des observations distinctes. Une modification peut améliorer un aspect tout en en dégradant un autre ; l’évaluation porte donc sur l’activité entière et sur les symptômes particuliers.

Diapositive 43 / 62

Diapositive en ligne ↗

8.3 Cybercinétose, confort et évaluation

Le confort comme résultat du design

Cybercinétose

Nausées, vertiges et désorientation

Confort visuel

Fatigue oculaire et exigences visuelles

Confort physique

Forme, chaleur, posture et effort

Exigences cognitives

Attention, complexité et contrôle

NOTES DE COURS

Le confort ne se réduit pas à l’absence de cybermalaise. La pression du casque, la chaleur, l’effort visuel et le maintien des bras peuvent rendre difficile l’usage d’une scène pourtant stable. Ces manifestations ont des causes différentes et demandent des observations distinctes. Une modification peut améliorer un aspect tout en en dégradant un autre ; l’évaluation porte donc sur l’activité entière et sur les symptômes particuliers.

Cybercinétose et mal des transports

Contexte	Situation typique
Mal des transports	Mouvement physique dans un environnement tel qu'un véhicule
Cybercinétose	Symptômes associés à une exposition virtuelle, souvent accompagnée d'un mouvement visuel

NOTES DE COURS

Un mouvement visuel peut s’accompagner de symptômes alors que le corps reste immobile. Le mal des transports implique un mouvement physique, mais les situations peuvent se combiner, notamment sur une plateforme animée avec simulation visuelle. Une même exposition ne produit pas la même réponse chez tous. Le mouvement présenté, les indices corporels, la durée et la susceptibilité individuelle comptent davantage que le seul type de dispositif.

Dimensions des symptômes

Nausée

Nausées et symptômes corporels associés

Symptômes oculomoteurs

Fatigue oculaire, vision floue ou maux de tête

Désorientation

Vertiges et orientation spatiale perturbée

NOTES DE COURS

La nausée, les symptômes oculomoteurs et la désorientation décrivent des dimensions différentes des symptômes associés à la simulation. Elles peuvent se recouper, et une réaction visible ne détermine ni un score ni un diagnostic. L’évaluation utilise un instrument précisé, à des moments définis par rapport à l’exposition. L’inconfort général, la transpiration et la fatigue peuvent aussi compter selon la question étudiée.

Conflit sensoriel

Informations visuelles

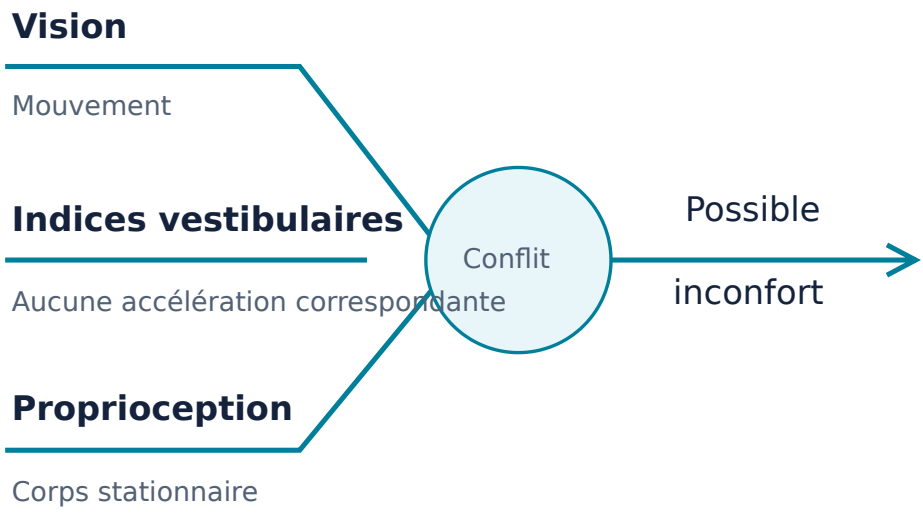
Le monde suggère le mouvement de soi

Informations vestibulaires

Aucune accélération physique correspondante

Informations corporelles

Une posture stationnaire ou un mouvement différent



NOTES DE COURS

Les approches par conflit sensoriel expliquent l’inconfort par des désaccords entre les signaux de mouvement ou entre ces signaux et les relations attendues. Un cas courant présente un déplacement visuel alors que les informations vestibulaires et corporelles indiquent un corps immobile. Ce mécanisme éclaire un problème important de conception, sans expliquer toute expérience inconfortable. L’ergonomie physique, la susceptibilité individuelle et la tâche interviennent aussi.

Explications complémentaires

Instabilité posturale

Difficulté à maintenir une relation corporelle stable

Incohérence sensorimotrice

Relations action-perception inattendues

Inconfort de l'appareil

Pression, masse et chaleur

NOTES DE COURS

Les exemples comprennent l’instabilité posturale et l’incohérence sensorimotrice ainsi que l’inconfort de l’appareil physique. Ce sont des considérations complémentaires avec des prédictions et des preuves différentes. La pression de l’appareil ne doit pas être présentée comme un mécanisme symptomatique de conflit sensoriel. Une évaluation de conception peut mesurer plusieurs cheminements sans supposer une seule cause.

Facteurs techniques

Latence

Une conséquence sensorielle retardée

Gigue et dérive

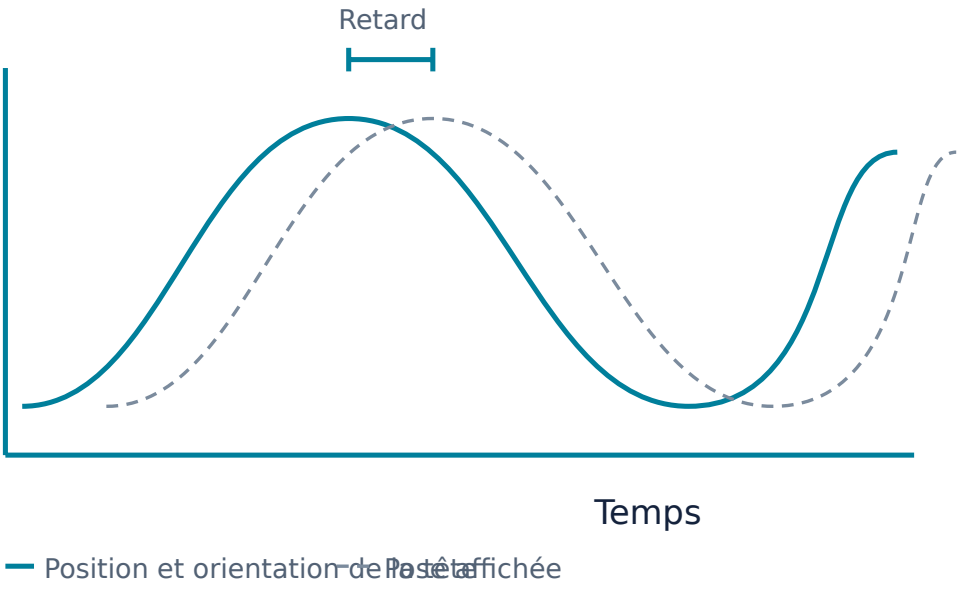
Une relation spatiale instable

Blocages de l’affichage

Mises à jour d'images interrompues

Mises à jour de la caméra

Changements inattendus de point de vue



NOTES DE COURS

La latence, l’irrégularité des images, l’instabilité du suivi et les mises à jour incorrectes de la caméra peuvent rompre la relation attendue entre mouvement et retour. La fréquence d’images moyenne masque des blocages brefs et des variations. Le comportement temporel et la précision spatiale doivent donc être considérés ensemble. La stabilité technique favorise le confort, sans supprimer les autres causes d’inconfort liées à l’activité, à la locomotion ou à l’ergonomie physique.

Locomotion et virage

Options	Conséquence perceptuelle	Considération de conception
Mouvement continu	Voyage visuel soutenu	L'inadéquation des mouvements et l'exposition sont importantes
Téléportation	Un changement de point de vue discret	L'arrivée et l'orientation comptent toujours
Rotation continue	Flux optique continu	La vitesse et le contrôle comptent
Rotation par paliers	Étapes angulaires discrètes	La taille du pas et les préférences comptent

NOTES DE COURS

La locomotion et les rotations peuvent être mises en œuvre de plusieurs façons. Il s'agit de tendances et d'options de conception plutôt que d'un classement universel. Une accélération douce ne garantit pas à elle seule une trajectoire confortable : la durée, le profil de mouvement, le contrôle et le contexte visuel comptent également. Proposez des options configurables et évaluez la tâche cible et les participants.

Flux optique

Direction

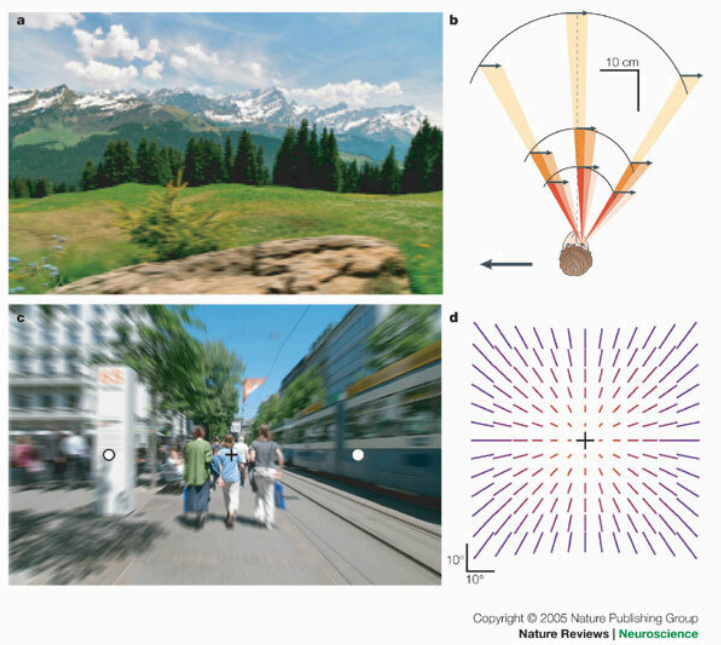
Comment l'image change pendant le mouvement

Vitesse

La rapidité avec laquelle les entités traversent la vue

Périphérie

Les grandes régions visuelles peuvent contenir des signaux de mouvement puissants



Flux optique — parcours de confort original

NOTES DE COURS

Le flux optique décrit les changements structurés dans le champ visuel associés au mouvement relatif. Cela contribue à la perception des mouvements de soi. Un mouvement visuel périphérique élevé peut être lié à un inconfort, mais sa suppression modifie également les informations disponibles pour l'orientation. L'illustration présente un motif visuel plutôt qu'une prédiction quantitative.

Réduction dynamique du champ de vision

Pendant le mouvement

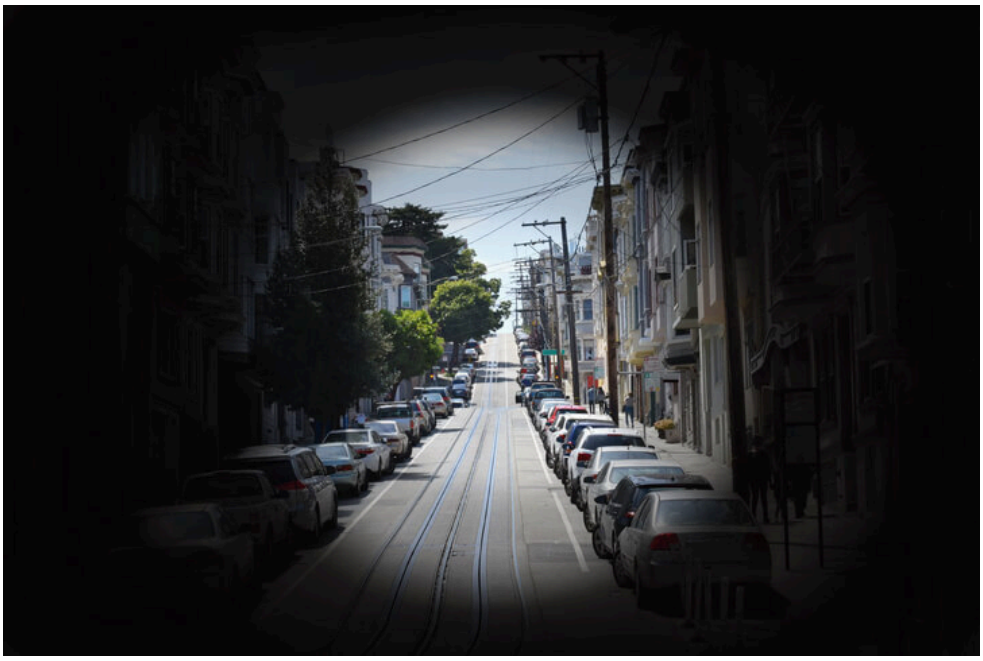
Masquer une partie de la vue périphérique

Au repos

Restaurer la vue plus large

Compromis

Moins d'informations sur le mouvement et moins de contexte spatial



Masquage visuel dynamique — parcours de confort original

NOTES DE COURS

Une vignette, ou effet tunnel, masque une partie de l’image pendant le déplacement. Elle modifie l’exposition au mouvement visuel sans changer les propriétés optiques physiques du casque. Réduire la stimulation périphérique peut aussi cacher des cibles et des repères d’orientation. Son intérêt dépend donc des paramètres du masque, de la tâche et de l’équilibre entre confort et informations nécessaires à l’action.

Cohérence spatiale

Échelle du monde virtuel

Les objets et le corps partagent des dimensions significatives

Hauteur du point de vue

Convient au participant et à la tâche

Horizon

Reste cohérent avec la gravité

Mouvement de la tête

Conserve l'effet attendu sur la vue

NOTES DE COURS

L’échelle, la hauteur de caméra et l’orientation de l’horizon établissent le cadre spatial de l’action. Un retard de caméra, des oscillations artificielles de marche ou un balancement ajouté peuvent modifier ce cadre indépendamment du mouvement réel. Ces manipulations touchent des indices différents et peuvent créer des incohérences. Un point de vue cohérent avec les mouvements de tête fournit une base stable pour juger les objets, se déplacer et s’orienter.

Confort visuel et vision de près

Alignement de l'affichage

Ajustement et positionnement approprié des yeux

Exigences de profondeur

Vergence et accommodation

Lisibilité

Contenu lisible sans contrainte soutenue

NOTES DE COURS

Le confort visuel s'étend au-delà de la locomotion. L'alignement optique et le placement en profondeur des tâches visuelles soutenues sont importants. Les changements fréquents de demande de vergence peuvent être fatiguants avec les optiques stéréo classiques à focale

fixe. Évitez de présenter une distance de visualisation fixe adaptée à chaque casque, conception optique et utilisateur.

Ergonomie physique

Casque

Masse, pression et chaleur

Posture

Angle du cou et position soutenue

Zone d’atteinte

Élévation, répétition et appui des bras

Accès

Options assises et commandes alternatives

NOTES DE COURS

Une technique de pointage précise peut encore être fatigante si elle nécessite une élévation soutenue du bras. Les menus peuvent se rapprocher d’une posture neutre ou utiliser une interaction prise en charge. L'ajustement du casque et la charge thermique peuvent également influencer une expérience par ailleurs stable. Évaluez les utilisateurs présentant des différences pertinentes en termes de portée, de vision et de mobilité.

Mesurer les symptômes

Avant l'exposition

Un état symptomatique de base

Pendant l'exposition

Brèves vérifications, le cas échéant

Après exposition

Symptômes, calendrier et récupération

NOTES DE COURS

Mesurez la ligne de base, car les participants peuvent arriver avec des symptômes. Conservez la procédure de l'instrument choisi et enregistrez le moment où les observations sont prises. Fournissez un moyen de faire une pause ou d'arrêter, et n'exigez pas qu'un participant persiste malgré l'augmentation des symptômes. L'attrition et l'arrêt précoce sont des résultats significatifs, et ne sont pas de simples données manquantes.

Le Simulator Sickness Questionnaire (SSQ)

Instrument

Un questionnaire structuré sur les symptômes

Dimensions

Nausées, oculomotrices et désorientation

Procédure

Gardez la formulation et la notation cohérentes

General discomfort	None	Slight	Moderate	Severe
Fatigue	None	Slight	Moderate	Severe
Headache	None	Slight	Moderate	Severe
Eye strain	None	Slight	Moderate	Severe
Difficulty focusing	None	Slight	Moderate	Severe
Increased salivation	None	Slight	Moderate	Severe
Sweating	None	Slight	Moderate	Severe
Nausea	None	Slight	Moderate	Severe
Difficulty concentrating	None	Slight	Moderate	Severe
"Fullness of the head"	None	Slight	Moderate	Severe
Blurred vision	None	Slight	Moderate	Severe
Dizzy (eyes open)	None	Slight	Moderate	Severe
Dizzy (eyes closed)	None	Slight	Moderate	Severe
Vertigo (Giddiness)	None	Slight	Moderate	Severe
Stomach awareness	None	Slight	Moderate	Severe
Burping	None	Slight	Moderate	Severe

SSQ — Kennedy et coll. (1993), via le cours de confort original

NOTES DE COURS

Le SSQ de Kennedy et ses collègues est largement utilisé, mais il est issu de la recherche sur simulateur et présente des limites lorsqu'il est appliqué à des contextes RV particuliers. N'étiquetez pas trois évaluations informelles de symptômes de 0 à 10 comme un score SSQ. Sélectionnez l'instrument pour l'étude et utilisez sa procédure validée plutôt que d'inventer une conversion.

Évaluations informelles et instruments validés

Mesure	Interprétation
Évaluation des symptômes en classe	Une mesure locale clairement labellisée
SSQ ou une autre échelle sélectionnée	Les éléments propres et la notation de l’instrument
Comportement et arrêt	Observations complémentaires avec une procédure définie

NOTES DE COURS

Le laboratoire compagnon utilise des évaluations de nausées, d’étourdissements et de fatigue oculaire allant de zéro à dix. Celles-ci permettent une comparaison en classe mais ne constituent pas automatiquement une échelle composite validée. Signalez clairement chaque mesure et ses limites. Les instruments plus complexes nécessitent leur propre justification, leur propre administration et leur propre notation.

Comparaison des caractéristiques de confort

1. **Référence**
   Définir la condition de référence
2. **Variante**
   Modifier une fonctionnalité spécifiée
3. **Exposition**
   Gardez les tâches et les délais comparables
4. **Analyse**
   Comparez les symptômes et les performances

Laboratoire de cybermaladie et de confort ↗

NOTES DE COURS

Utilisez des commutateurs de fonctionnalités indépendants pour qu’une comparaison ait une interprétation claire. Contrebalancer l’ordre des conditions et tenir compte de l’exposition, de la pratique et du report antérieurs. La récupération peut nécessiter plus qu’une courte pause fixe. De petits échantillons de classe illustrent les méthodes mais n'établissent pas de règles de conception universelles. Préserver la possibilité d'arrêter une session.

Choix de confort et compromis

Stabilité technique

Suivez et effectuez un rendu cohérent

Contrôle utilisateur

Rendre le mouvement prévisible et facultatif

Options de mouvement

Offrir des choix de locomotion et de virage adaptés

Ergonomie des tâches

Réduire les efforts soutenus inutiles

NOTES DE COURS

Les choix de confort impliquent des compromis dépendant de l’activité. Un horizon stable, une échelle appropriée et un point de vue cohérent peuvent favoriser le confort, tandis que le mouvement configurable permet de répondre à différentes préférences. Une atténuation peut réduire les informations visuelles ou le contrôle. Enregistrez à la fois l’avantage recherché et le coût introduit.

Présence, incarnation et inconfort

Expériences associées

Ils peuvent s'influencer mutuellement

Des mesures distinctes

Un score ne représente pas les trois

Résultat de la conception

Une tâche utile avec des exigences acceptables

NOTES DE COURS

Une expérience corporelle ou spatiale forte ne garantit pas le confort, et l’inconfort peut interrompre l’engagement. Gardez les constructions séparées dans la conception et l’analyse. Un participant peut terminer la tâche tout en présentant des symptômes importants. À

l’inverse, des symptômes faibles n’établissent pas que le système prend en charge l’activité prévue.

Évaluation de la conception intégrée

Quelle activité est prise en charge ?

Quels indices et correspondances sont essentiels ?

Qu’est-ce qui pourrait perturber la présence ou l’incarnation ?

Comment le confort et la réussite de la tâche seront-ils évalués ?

NOTES DE COURS

Revenir sur une application du cours 3. Justifier ses choix d'affichage, de suivi, d'interaction et de navigation en s'appuyant sur les fondements théoriques. Précisez un contrôle technique et une mesure des participants pour chaque exigence importante. Identifiez une condition dans laquelle la conception devrait être modifiée.

Sources et lectures complémentaires

Ressources pédagogiques

Cours d’origine et crédits des illustrations

Références de recherche

Références propres à chaque étude

Table de correspondance des sources

Références conservées au point d'utilisation

Slater et coll. (2022), Placer l’illusion et la plausibilité ↗

Kilteni, Groten et Slater (2012), Le sens de l'incarnation ↗

Kennedy et al. (1993), Simulator Sickness Questionnaire ↗ Tous les supports de cours ↗

NOTES DE COURS

Les travaux scientifiques permettent de relier un résultat à une question, une méthode et des conditions d’observation. Une démonstration montre une possibilité ; une étude compare des conditions et mesure leurs effets. La portée d’une conclusion dépend de cette distinction et des limites de l’évaluation.