4

Perception et fondements théoriques

Les mécanismes derrière l’expérience immersive

Étienne Peillard
IMT Atlantique

NOTES DE COURS

Une expérience de RV dépend de la production et de l’interprétation d’informations sensorielles en relation avec l’action. Les définitions et les modèles cadrent l’activité ; les mécanismes spatiaux et multisensoriels expliquent comment un environnement peut être perçu. Le couplage sensorimoteur et les illusions révèlent les possibilités et les limites de cette construction.

Plan du cours

Définitions et modèles

4.1

Perception de l’espace

4.2

Perception multisensorielle

4.3

Couplage sensorimoteur

4.4

Illusions perceptives

4.5

NOTES DE COURS

Une expérience de RV dépend de la production et de l’interprétation d’informations sensorielles en relation avec l’action. Les définitions et les modèles cadrent l’activité ; les mécanismes spatiaux et multisensoriels expliquent comment un environnement peut être perçu. Le couplage sensorimoteur et les illusions révèlent les possibilités et les limites de cette construction.

Le parcours relie les thèmes suivants : Définitions et modèles ; Perception de l’espace ; Perception multisensorielle ; Couplage sensorimoteur ; Illusions perceptives.

Diapositive 3 / 48

Diapositive en ligne ↗

Partie 1 sur 5

4.1
Définitions et modèles

NOTES DE COURS

Le terme ne se comprend pas seulement en opposant réel et irréel. Dans l'anglais courant, virtual peut désigner quelque chose qui est presque tel ou qui en remplit les effets, sans en avoir exactement le statut. L'usage informatique désigne aussi une réalisation par simulation numérique.

Diapositive 4 / 48

Diapositive en ligne ↗

4.1 Définitions et modèles

« Virtual reality » : que disent les mots ?

Une expression anglaise, plusieurs lectures en français

Virtual · anglais

De fait · presque · qui en a les effets

Virtuel · philosophie

En puissance, par opposition à actuel — aussi en français

Un oxymore apparent

Si « virtuel » est compris comme « irréel », « réalité virtuelle » semble contradictoire

> Pour la RV : un environnement simulé qui fait fonction de réalité pour percevoir et agir.

NOTES DE COURS

Le terme ne se comprend pas seulement en opposant réel et irréel. Dans l'anglais courant, virtual peut désigner quelque chose qui est presque tel ou qui en remplit les effets, sans en avoir exactement le statut. L'usage informatique désigne aussi une réalisation par simulation numérique.

La racine historique renvoie à la force ou à la puissance. Mais « potentiel » et « en puissance » ne constituent pas une spécificité anglaise : le français virtuel possède précisément ce sens philosophique, opposé à actuel. Il serait donc trompeur de présenter virtual comme signifiant simplement potentiel tandis que virtuel signifierait uniquement irréel.

L'expression française peut sonner comme un oxymore lorsque virtuel est assimilé à irréel. Ce paradoxe dépend du sens retenu, et non d'une contradiction nécessaire de la technique. La formulation finale fait le lien avec notre approche : simuler la relation de perception et d'action avec un environnement.

Un nom qui n'allait pas de soi

Plusieurs termes ont coexisté ; chacun met l'accent ailleurs.

Réalité artificielle

L'accent sur un environnement construit

Réalité vicariante

L'accent sur la substitution : ce qui fait fonction de réalité

Réalité de synthèse

L'accent sur la création numérique — FranceTerme, 2007

> L'usage a consacré « réalité virtuelle » — malgré les réserves terminologiques.

NOTES DE COURS

Le vocabulaire n'a pas été fixé d'un seul coup. Ces propositions et usages concurrents montrent que le choix du nom ne faisait pas l'unanimité. Les trois cartes présentent des accents conceptuels, pas une succession chronologique stricte.

La proposition réalité vicariante est notamment discutée par Philippe Fuchs. Vicariant signifie qui remplace ou supplée quelque chose. Le terme souligne donc une substitution fonctionnelle, et non simplement une existence potentielle ni la nécessité d'une copie visuellement identique du monde réel.

Réalité de synthèse figure dans FranceTerme avec une publication au Journal officiel du 20 avril 2007. Cette recommandation terminologique n'implique pas qu'elle ait supplanté l'usage réalité virtuelle. La lettre ÉduNum de décembre 2022 rappelle que réalité virtuelle s'est imposée dans l'usage courant malgré ces autres propositions.

Plusieurs définitions, plusieurs points de vue

Finalité

L’activité humaine à soutenir

Fonction

Changer de temps, de lieu ou d’interaction

Technique

Simulation et interfaces comportementales

Interface

La relation entre la personne et le monde

Rapport au réel

Ce que la simulation fait remarquer

Perception

L’interprétation de l’expérience

NOTES DE COURS

Ces définitions éclairent des objets différents : l’activité, la fonction, le système technique, l’interface, l’interprétation philosophique et la perception. Leur pertinence dépend du contexte et de la question étudiée.

Fuchs et ses collègues distinguent l'objectif de la réalité virtuelle de ses possibilités fonctionnelles et de sa mise en œuvre technique. Cela empêche de définir le champ par un appareil particulier. Une application peut recréer une situation réelle, amplifier un phénomène ou soutenir une activité imaginaire. La conception commence par l'activité, puis sélectionne les mécanismes et les interfaces.

Définir par la finalité

> La finalité de la RV 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.

> Burkhardt et Fuchs · 2006

Point de vue **L’activité humaine**

NOTES DE COURS

La définition par la finalité part de l’activité humaine plutôt que du casque. L’activité sensorimotrice associe perception et action physique ; la cognition concerne l’interprétation et l’organisation de cette activité. L’environnement peut reproduire des aspects d’une situation réelle, donner forme à une relation abstraite ou créer un monde imaginaire. L’enjeu est l’activité rendue possible par ce monde artificiel.

Une définition fonctionnelle

> La RV va permettre à l’individu 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.
>
> Burkhardt et Fuchs · 2006

Point de vue **Changer le cadre des possibles**

NOTES DE COURS

Une définition fonctionnelle décrit ce que l’expérience permet : agir dans un autre lieu, un autre temps ou une autre situation. L’environnement peut reproduire une activité réelle ou fournir des conditions physiquement inaccessibles. Cette perspective permet d’exprimer les besoins avant de choisir les dispositifs : observer un phénomène invisible et répéter un geste habituel demandent des médiations différentes.

Une définition technique

> La RV est un domaine scientifique et technique exploitant l’informatique et des interfaces comportementales en vue de simuler dans un monde

> virtuel le comportement d’entités 3D, qui sont en interaction en temps réel entre elles et avec un ou des utilisateurs en immersion pseudo-naturelle par l’intermédiaire de canaux sensorimoteurs.
>
> Burkhardt et Fuchs · 2006

Point de vue **Simulation, interfaces et temps réel**

NOTES DE COURS

La définition technique relie une simulation en temps réel à des interfaces qui captent les comportements et produisent des retours sensoriels. Un mouvement doit être mesuré, interprété et suivi d’un changement approprié dans l’environnement. L’expérience dépend donc de toute la boucle, notamment des délais et des transformations de coordonnées. Une scène numérique détaillée ne fournit pas à elle seule cette relation.

Définir la relation d’interface

> La substitution de l’interface entre une personne et l’environnement physique par une interface avec un environnement simulé.
>
> Jaron Lanier

Point de vue **Médiatiser la relation personne–monde**

NOTES DE COURS

Cette définition place l’interface au centre de la relation entre la personne et le monde. Les sorties sensorielles remplacent ou médiatisent les informations normalement reçues de l’environnement physique, tandis que le suivi et les dispositifs d’entrée médiatisent l’action. Le monde virtuel peut différer profondément de la pièce réelle tout en conservant une relation cohérente entre ce que la personne fait et ce qu’elle perçoit.

Diapositive 11 / 48

Diapositive en ligne ↗

4.1 Définitions et modèles

Définir un rapport au réel

> Une réalité simulée, plus grossière, favorise, par comparaison, l'appréciation de la profondeur de la réalité physique. À mesure que la RV progressera, la perception humaine s'en nourrira et apprendra à trouver toujours davantage de profondeur dans la réalité physique.
>
> Jaron Lanier

Point de vue **Interroger l'expérience du réel**

NOTES DE COURS

Un environnement simulé fournit un point de comparaison avec la perception ordinaire. Simplifier ou modifier des relations familières peut rendre perceptibles des informations habituellement prises pour acquises. L'intérêt de la RV ne se limite donc pas à s'éloigner du monde physique : elle peut révéler comment nous le percevons et comment notre corps participe à cette expérience.

Diapositive 12 / 48

Diapositive en ligne ↗

4.1 Définitions et modèles

Définir le rôle de la perception

> Une technologie qui mobilise le cerveau pour combler les manques et masquer les erreurs d'un simulateur, afin qu'une réalité simulée paraisse meilleure qu'elle ne devrait l'être.
>
> Jaron Lanier

Point de vue **L'utilisateur participe à l'expérience**

NOTES DE COURS

L'expérience perçue ne reproduit pas point par point les sorties du système. La perception interprète des signaux incomplets, mobilise des attentes et intègre les informations issues du mouvement et de plusieurs sens. Des relations cohérentes peuvent rendre convaincante une

simulation simplifiée, tandis qu'une incohérence peut devenir manifeste malgré des graphismes détaillés. L'activité perceptive de l'utilisateur participe au fonctionnement du système.

Diapositive 13 / 48 Diapositive en ligne ↗

4.1 Définitions et modèles

Réalité virtuelle et LSD : un monde partagé

> … les utilisateurs de RV peuvent partager objectivement un monde, même fantastique, alors que les utilisateurs de LSD ne le peuvent pas.
>
> Jaron Lanier · Dawn of the New Everything (2017)

Point de vue **L'expérience d'un monde commun**

NOTES DE COURS

Dans ce passage, Lanier répond à la comparaison entre réalité virtuelle et LSD en mettant l'accent sur le partage d'un même monde. Il s'agit ici de son point de vue sur la RV comme medium de communication, plutôt que d'une définition technique supplémentaire.

Diapositive 14 / 48 Diapositive en ligne ↗

4.1 Définitions et modèles

Les I² : immersion et interaction

I² désigne le couple immersion–interaction

Immersion : percevoir le monde virtuel

Le dispositif sollicite les sens et permet à l'utilisateur de s'approprier un nouvel espace de perception. Exemple : tourner la tête pour explorer la scène.

Interaction : agir dans le monde virtuel

L'utilisateur agit et perçoit les conséquences de ses actions en temps réel. Exemple : saisir une pièce et la voir suivre le mouvement de la main.

> Dans 3I², ce couple se décline à trois niveaux : sensorimoteur, cognitif et fonctionnel.

NOTES DE COURS

Les deux I renvoient à l'immersion et à l'interaction. La notation I² associe ces deux notions étroitement liées. Le chiffre 3 désigne les niveaux sensorimoteur, cognitif et fonctionnel, détaillés dans la diapositive suivante.

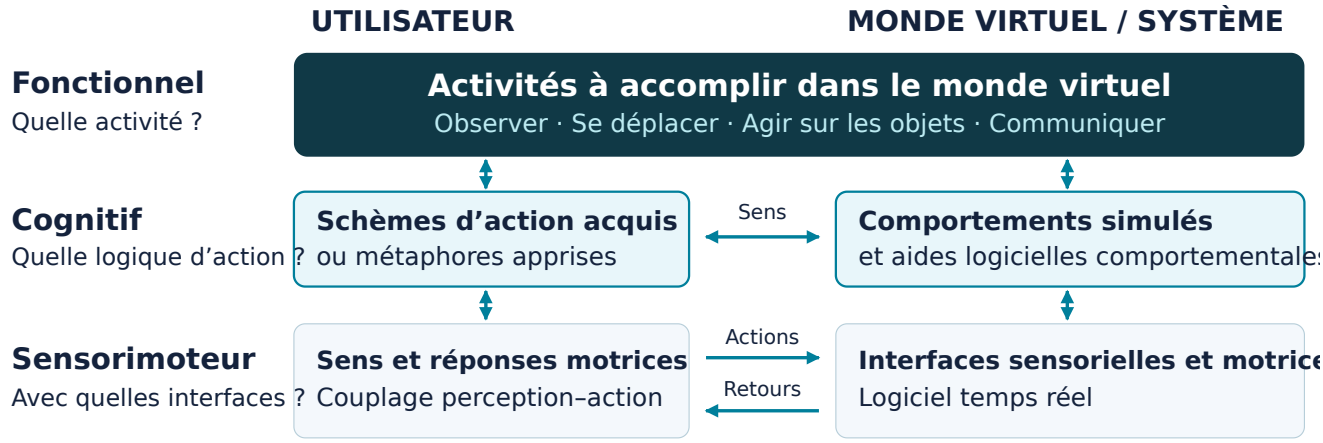
Dans l'approche d'Auvray et Fuchs, la perception est une activité : l'utilisateur découvre les régularités entre ses actions et les retours sensoriels. L'immersion dépend donc aussi de la manière dont il s'approprie le dispositif pour percevoir et agir. Elle ne se réduit ni à porter un casque ni à recevoir des images réalistes.

Tourner la tête pour explorer une scène mobilise déjà une action et son retour perceptif. Saisir une pièce illustre le même couplage : le mouvement de la main commande celui de l'objet, que l'utilisateur peut voir. Les deux exemples distinguent les notions pour les expliquer, tout en montrant leur interdépendance.

Référence : M. Auvray et P. Fuchs (2007), Perception, immersion et interactions sensorimotrices en environnement virtuel, Intellectica 45, pp. 23–35, sections 1 et 2. https://intellectica.org/SiteArchives/archives/n45/45-1-Auvray.pdf

Le modèle de référence 3I²

3 niveaux × (Immersion + Interaction)



> Partir de l'activité ; vérifier la cohérence entre les trois niveaux.

NOTES DE COURS

3I² signifie trois niveaux d'immersion ET d'interaction : sensorimoteur, cognitif et fonctionnel. Il s'agit d'un cadre de référence pour concevoir et évaluer une application de réalité virtuelle, et non d'un score d'immersion. Les deux colonnes mettent en relation l'activité de la personne et la construction technique du monde virtuel.

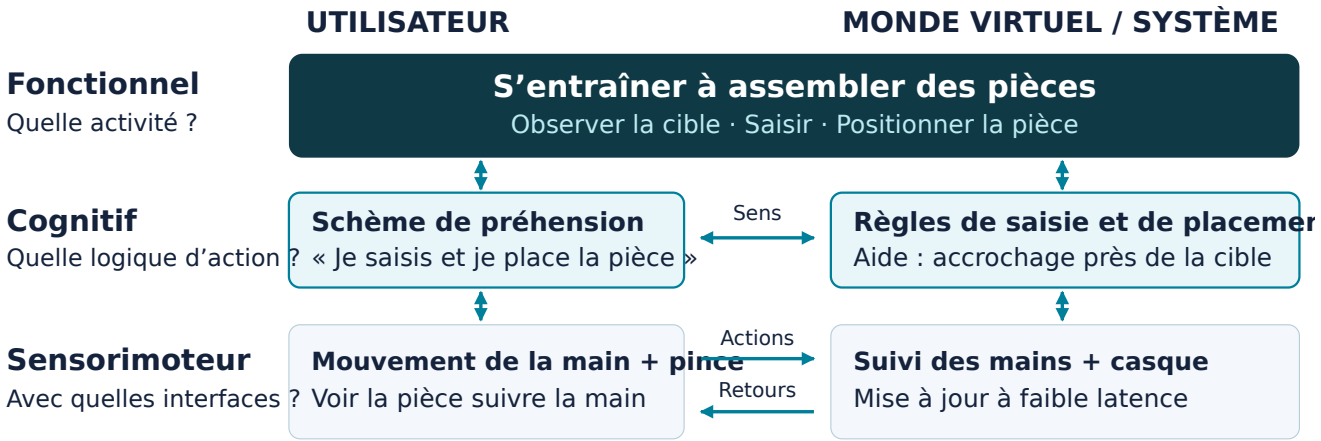
Au niveau sensorimoteur, les sens et les réponses motrices sont couplés au monde simulé par les interfaces sensorielles et motrices, leurs pilotes et le calcul en temps réel. On examine notamment le suivi des mouvements, la latence, la résolution sensorielle et la cohérence entre les actions et les retours.

Au niveau cognitif, la personne s'approprie une manière de percevoir et d'agir. Elle peut transférer un schème d'action acquis dans le monde réel ou apprendre une métaphore d'interaction. Côté système, des modèles comportementaux et des aides logicielles soutiennent ces actions. Un geste familier ne suffit pas à garantir une interaction compréhensible et utilisable.

Au niveau fonctionnel, on définit l'activité que l'application doit permettre et sa finalité. Cette activité peut être décomposée en observation, déplacement, action sur le monde virtuel et communication. Il faut partir de l'activité nécessaire avant de choisir les interfaces. Les liens bidirectionnels indiquent des dépendances entre niveaux, et non trois étapes successives ni trois qualités indépendantes.

3I² en pratique : saisir une pièce

Une tâche d'assemblage, trois questions de conception liées



> Trop de latence → saisie difficile → tâche d'assemblage compromise.

NOTES DE COURS

Cet exemple pédagogique applique le modèle à un exercice d'assemblage virtuel. Au niveau fonctionnel, l'apprenant doit saisir une pièce et la placer sur une cible. La finalité et le critère de réussite précèdent le choix du dispositif : quels placements, contraintes et tolérances sont pertinents pour l'objectif d'apprentissage ?

Au niveau cognitif, l’interaction repose sur un schème familier de préhension et de placement, adapté à un geste de pince suivi par le dispositif. L’application doit proposer des règles compréhensibles d’attachement, de déplacement et de lâcher. L’accrochage automatique près de la cible est un exemple d’aide logicielle comportementale ; sa pertinence dépend de ce que l’apprenant doit exercer.

Au niveau sensorimoteur, le suivi des mains capte le mouvement et le geste de pince tandis que le casque fournit un retour visuel. Une faible latence et un suivi stable aident à percevoir la pièce comme solidaire de la main. Un retour retardé peut rendre la saisie instable, perturber le schème d’action et empêcher l’assemblage. Inversement, un dispositif réactif ne prouve pas que l’objectif d’apprentissage est atteint.

La fidélité dépend de la tâche

Fidélité physique

Comment la stimulation correspond à la situation cible

Fidélité fonctionnelle

Si les actions pertinentes sont possibles

Fidélité psychologique

Si les réponses pertinentes se produisent

NOTES DE COURS

La fidélité a du sens par rapport à une cible. Un simulateur d’aiguille peut nécessiter une mécanique de contact précise. Une tâche d'aménagement spatial peut nécessiter une échelle et une occlusion correctes. Une expérience émotionnelle peut donner la priorité à une situation crédible plutôt qu'à des textures détaillées. Ces dimensions peuvent diverger, évitez donc un seul score de réalisme indifférencié.

Diapositive 18 / 48

Diapositive en ligne ↗

Partie 2 sur 5

4.2
Perception de l’espace

NOTES DE COURS

Cette vue d’ensemble suit l’ordre de la partie. Nous examinons d’abord les indices disponibles dans une image, puis la disparité binoculaire, puis les déplacements relatifs dans l’image lorsque le point de vue se déplace. La démonstration avec suivi de tête illustre cette troisième famille.

Diapositive 19 / 48

Diapositive en ligne ↗

4.2 Perception de l’espace

Perception de l’espace : le fil conducteur

Quelles informations permettent de percevoir profondeur, distance et échelle ?

1. Indices monoculaires de l’image

Occlusion · perspective · texture · taille et hauteur · ombres

2. Disparité binoculaire

Différences entre les images reçues par les deux yeux

3. Parallaxe de mouvement

Déplacements relatifs dans l’image quand le point de vue se déplace

4. Vergence et accommodation

Alignement des yeux et mise au point optique

5. Distance et échelle perçues

Mise en contexte : hauteur du point de vue, taille familière et champ de vision

NOTES DE COURS

Cette vue d’ensemble suit l’ordre de la partie. Nous examinons d’abord les indices disponibles dans une image, puis la disparité binoculaire, puis les déplacements relatifs dans l’image lorsque le point de vue se déplace. La démonstration avec suivi de tête illustre cette troisième famille.

Nous distinguons ensuite la vergence de l’accommodation, avec une vidéo de mise au point comme analogie du foyer optique. Ce sont deux mécanismes différents, bien qu’ils soient généralement liés en vision naturelle.

La dernière slide revient au résultat : la distance et l’échelle perçues. La hauteur du point de vue, la taille familière et le champ de vision apportent du contexte ; cette dernière étape ne constitue pas une famille supplémentaire et indépendante d’indices de profondeur. Les familles se recoupent : la parallaxe de mouvement peut être perçue avec un seul œil et la taille familière figure déjà parmi les indices monoculaires.

Indices de profondeur monoculaires

Occlusion

Quelle surface en cache une autre ?

Perspective et texture

Variation des motifs avec la profondeur

Taille et hauteur

Objets relatifs à des références familières

Ombres

Indices de contact et de position



Point de vue



Dégradé de texture



Un exemple de profondeur picturale



Un exemple de profondeur picturale

NOTES DE COURS

La perception de la profondeur combine plusieurs indices. Les informations illustrées peuvent prendre en charge la profondeur sur un affichage conventionnel. Les indices pertinents comprennent les relations d'horizon, les dégradés de texture et les ombres. Ces signaux peuvent entrer en conflit les uns avec les autres ou avec des informations stéréo, modifiant ainsi l'échelle ou la distance perçue. Un affichage environnant n’est pas la seule source d’informations spatiales.

Disparité binoculaire

Deux points de vue

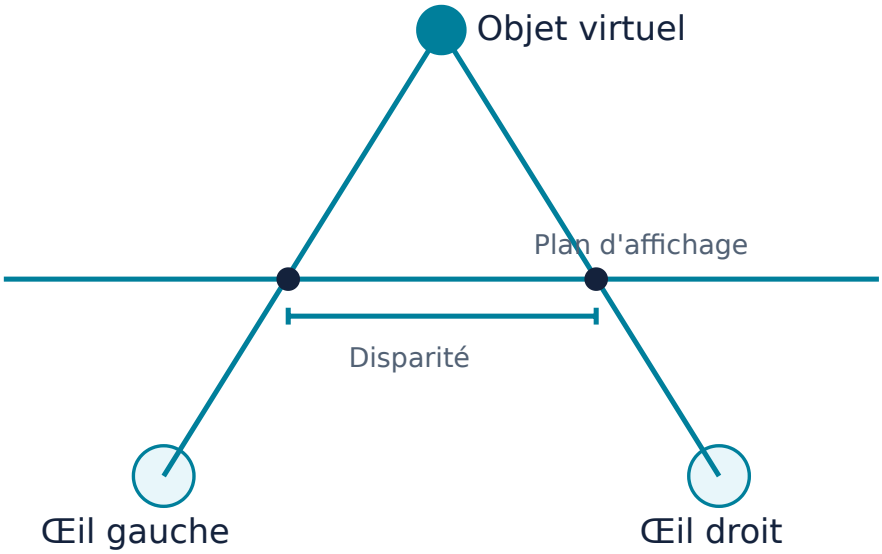
Les yeux occupent différentes positions

Deux projections

Un même point se projette différemment sur les rétines

Interprétation en profondeur

La disparité contribue à la distance perçue

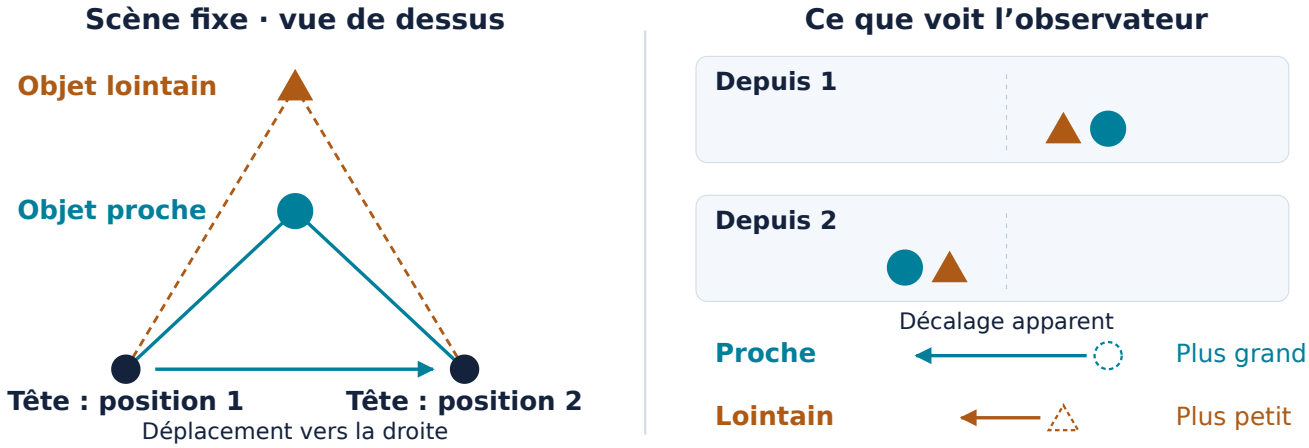


NOTES DE COURS

La stéréoscopie dépend de la différence entre les images atteignant les deux yeux. Le système doit utiliser une séparation interoculaire appropriée et une géométrie de projection correcte. La disparité binoculaire est un indice de profondeur parmi plusieurs. Distinguez-le de l'accommodation et de la vergence, qui concernent la concentration et l'alignement des yeux.

Parallaxe de mouvement

Deux objets fixes · déplacement de la tête sans rotation



> En RV, le rendu doit suivre la position de la tête pour reproduire cet indice de profondeur.

NOTES DE COURS

La parallaxe de mouvement fournit un indice de profondeur lorsque l'observateur se déplace. Le schéma considère deux objets fixes et une translation de la tête vers la droite, sans rotation : à déplacement égal, l'objet proche présente un décalage apparent plus grand que l'objet lointain. Les objets ne bougent pas dans le monde ; leur direction par rapport à l'observateur change.

À gauche, les traits relient chaque position de tête aux deux objets, vus de dessus. À droite, les deux cadres utilisent la même orientation et la même échelle de projection. Le cercle bleu représente le proche et le triangle brun le lointain. Du premier au second point de vue, tous deux se décalent vers la gauche, mais davantage pour le proche. Les deux flèches du bas comparent ces décalages.

Cet indice de profondeur est disponible avec un seul œil. Le cas représenté suppose une orientation constante ; suivre visuellement un objet peut modifier le sens des mouvements rétiniens relatifs, sans supprimer la différence entre profondeurs.

Pour restituer cet effet en RV, le système doit suivre la position de la tête et recalculer le point de vue. Le suivi de rotation seul ne suffit pas. Sur un écran fixe, cela demande notamment une projection adaptée à la position des yeux, comme dans la démonstration vidéo suivante.

Le point de vue suit les mouvements de la tête

Johnny Lee · 21 décembre 2007



Le point de vue suit les mouvements de la tête

Lire la vidéo ↗

NOTES DE COURS

La démonstration de Johnny Lee adapte la projection à la position suivie de la tête devant un écran fixe. En se déplaçant, l'observateur voit la scène sous des points de vue différents, comme une fenêtre ouverte sur un espace en profondeur. Observer les variations de position relative et d'occlusion ; une simple rotation de la tête ne reproduit pas la même géométrie.

Vergence et accommodation

Vergence

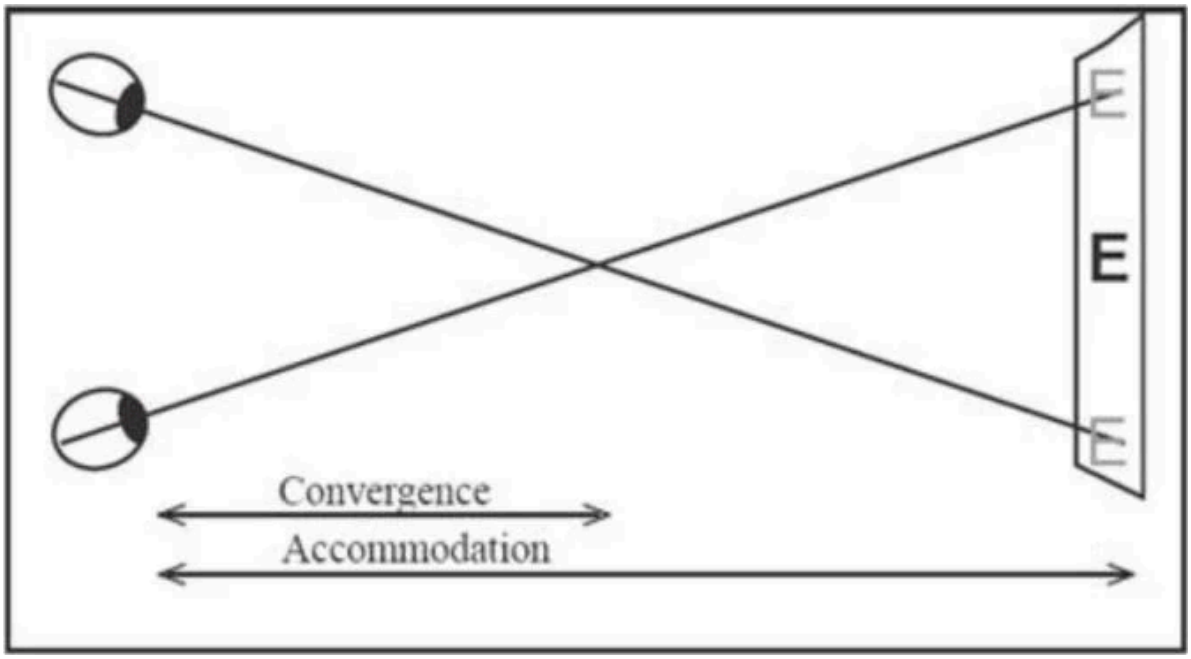
Aligner les deux yeux sur une cible

Accommodation

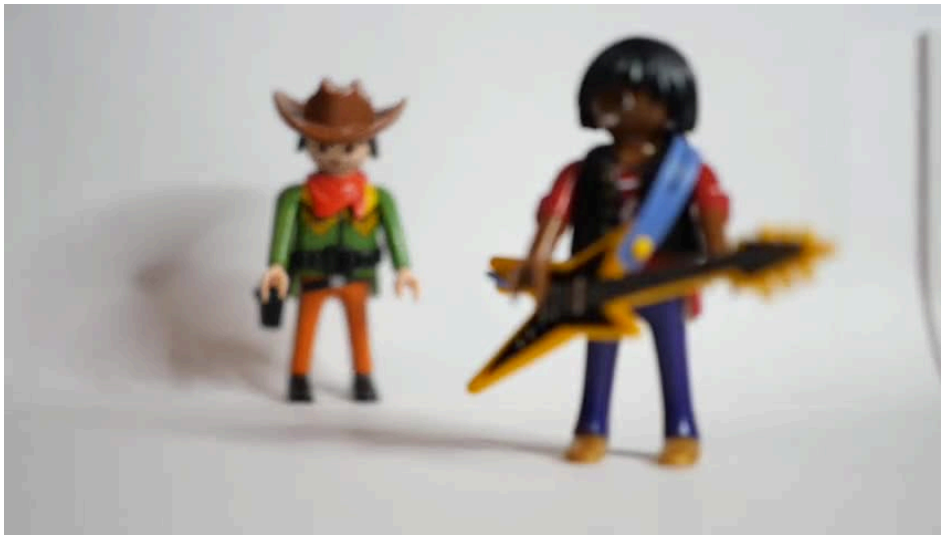
Focaliser l'optique de l'œil

Écrans stéréo conventionnels

Ces demandes peuvent différer



Géométrie de vergence et d'accommodation



Accommodation : changement du plan de mise au point

Lire la vidéo ↗

NOTES DE COURS

En vision naturelle, la distance de l’objet relie généralement vergence et accommodation. Dans de nombreux écrans stéréo, la mise au point reste à une distance d'affichage optique tandis que la disparité demande aux yeux de converger ailleurs. Cette inadéquation peut contribuer à la fatigue visuelle. Les architectures optiques alternatives abordent certains aspects du problème ; leur efficacité dépend de la tâche d'affichage et de visualisation.

Regardez comment l'image nette alterne entre deux personnages à des distances différentes. Cette séquence de mise au point de l'appareil photo illustre la mise au point sélective et le flou. Il n’affiche pas de vues stéréo gauche/droite et ne mesure pas directement l’accommodation oculaire du spectateur. Reliez l’image à la distinction présentée sur cette slide entre vergence et foyer optique.

Distance et échelle perçues

Hauteur du point de vue

Une référence pour la scène

Taille familière

Un indice sur les dimensions des objets

Champ de vision disponible

Modifie le contexte spatial visible

NOTES DE COURS

La distance et l’échelle sont estimées à partir de la géométrie de vision, des dimensions familières, de la hauteur du point de vue et du contexte visuel disponible. Modifier ces relations peut changer la taille apparente d’un objet ou d’une pièce. Les distances peuvent être sous-estimées dans certaines conditions virtuelles, sans constituer un facteur correctif constant. Des unités cohérentes et un point de vue bien défini sont nécessaires pour interpréter un jugement spatial.

Diapositive 26 / 48

Diapositive en ligne ↗

Partie 3 sur 5

4.3
Perception multisensorielle

NOTES DE COURS

L’extéroception renseigne sur l’environnement, la proprioception sur la position et le mouvement du corps, et l’intéroception sur ses états internes. Les informations vestibulaires contribuent à l’estimation des mouvements de tête et de l’orientation. Ces signaux sont intégrés plutôt que traités comme des mesures interchangeables. Leurs relations aident à comprendre la localisation du corps, le contrôle de l’action et les expériences de cohérence ou de conflit en RV.

Diapositive 27 / 48

Diapositive en ligne ↗

4.3 Perception multisensorielle

Canaux sensoriels et informations

Extéroception

Signaux sur le monde environnant

Proprioception

Position et mouvement du corps

Intéroception

Signaux provenant de l’intérieur du corps

Informations vestibulaires

Mouvement de la tête et orientation par rapport à la gravité

NOTES DE COURS

L’extéroception renseigne sur l’environnement, la proprioception sur la position et le mouvement du corps, et l’intéroception sur ses états internes. Les informations vestibulaires contribuent à l’estimation des mouvements de tête et de l’orientation. Ces signaux sont intégrés plutôt que traités comme des mesures interchangeables. Leurs relations aident à comprendre la localisation du corps, le contrôle de l’action et les expériences de cohérence ou de conflit en RV.

Audition spatiale

Localisation

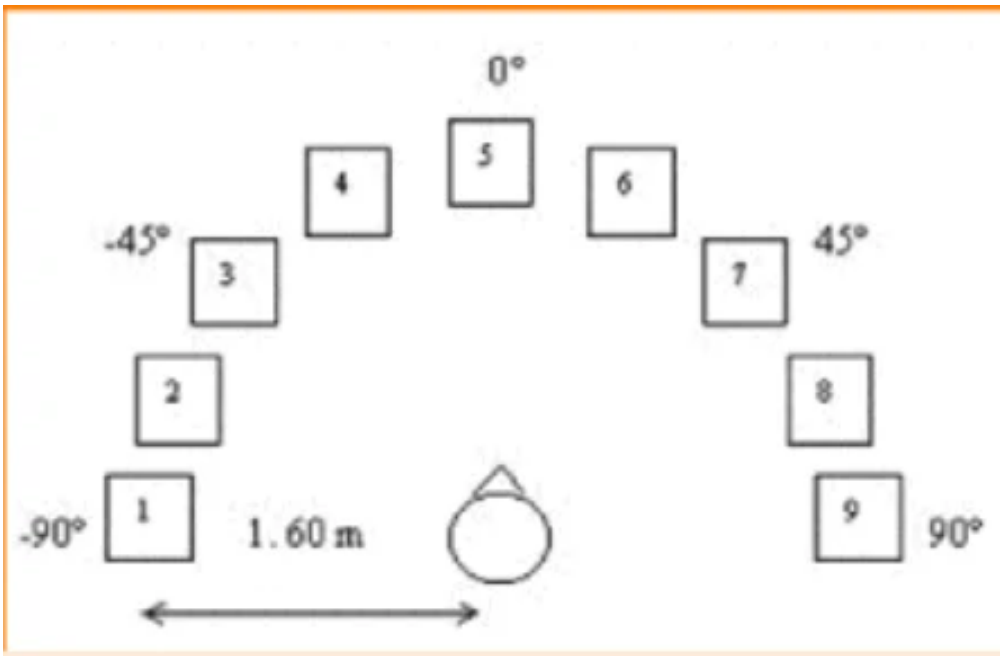
Indices de direction et de distance

Matériau et événement

Que s’est-il passé et sur quel matériau ?

Attention

Un signal en dehors de la vue actuelle



Localisation spatiale du son

NOTES DE COURS

Le son renseigne sur la position, l’action et le matériau. Les différences temporelles et d’intensité entre les oreilles, ainsi que les indices spectraux, participent à la localisation. Le rendu sonore doit rester cohérent avec l’environnement lorsque l’auditeur bouge. L’audio spatial sert aussi au guidage et à la communication.

Toucher et exploration active

Informations cutanées

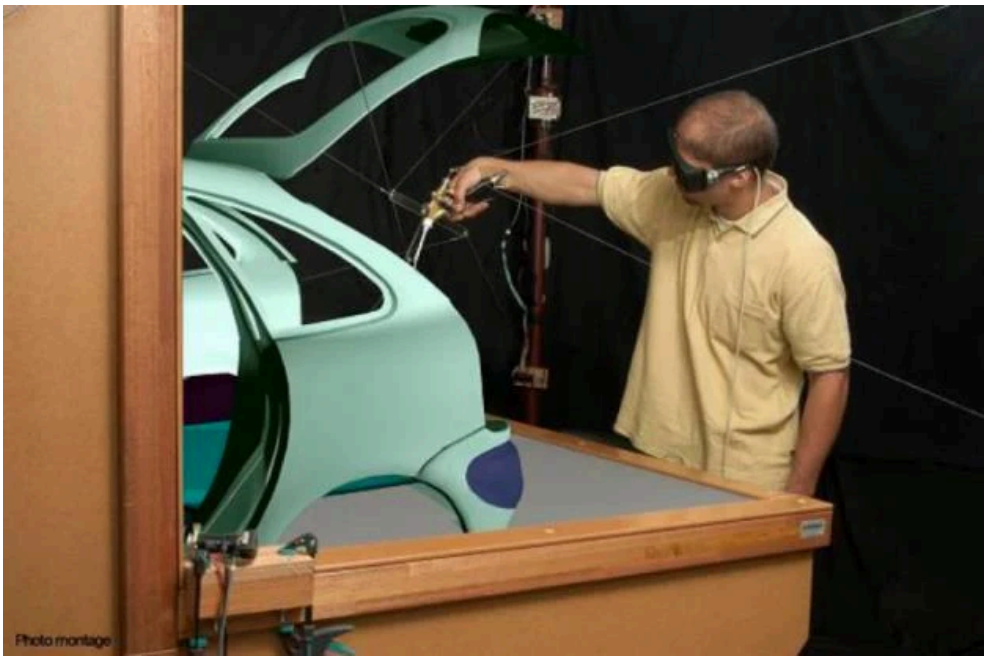
Pression, vibration et texture

Informations kinesthésiques

Mouvement, forces et résistance

Exploration active

Le toucher combiné au mouvement



Contact avec une surface virtuelle activement explorée

NOTES DE COURS

Il faut distinguer la stimulation cutanée passive de l’exploration haptique active. L'exploration d'un objet combine des informations cutanées avec des signaux proprioceptifs et moteurs. Une vibration n’est pas équivalente à la force qui empêche une main de traverser une surface. Cette distinction est importante lors du choix d'une interface de manipulation ou de formation.

Retour corporel : surface de marche mobile



Retour corporel : surface de marche mobile

Lire la vidéo ↗

NOTES DE COURS

Cette démonstration étend le retour haptique aux pieds et à l'ensemble du corps. Identifiez le support physique, le mouvement des jambes et les forces de contact. Comparez ces signaux physiques avec le mouvement visuellement simulé. Le même dispositif est revisité dans le cours technique comme interface de locomotion.

Retour corporel : Virtusphere



Retour corporel : Virtusphere

Lire la vidéo ↗

NOTES DE COURS

Observez la combinaison de la marche active, du contact avec la sphère en mouvement et du retour visuel. Le corps reçoit des signaux de mouvement physique même si la trajectoire virtuelle et le déplacement à l'échelle de la pièce diffèrent. Il s'agit d'une démonstration matérielle et non d'une mesure de la précision perceptuelle.

Retour corporel : surface d’appui mobile



Retour corporel : surface d’appui mobile

Lire la vidéo ↗

NOTES DE COURS

L'enregistrement montre une surface d'appui actionnée. Identifiez les forces et mouvements physiques qui peuvent accompagner l’affichage virtuel. Discutez des signaux provenant d’un contact réel et de ceux qui doivent être interprétés à partir de la vision.

Le système vestibulaire

Canaux semi-circulaires

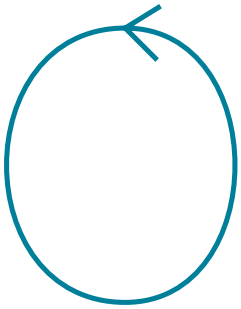
Accélération angulaire

Organes otolithiques

Accélération linéaire et gravité

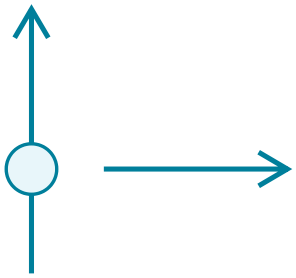
Estimation intégrée

Mouvement et équilibre



Accélération angulaire

Canaux semi-circulaires



Accélération linéaire

Organes otolithiques
Également sensible à la gravité

NOTES DE COURS

Les canaux semi-circulaires et les organes otolithiques apportent des informations complémentaires sur les mouvements de tête et l'orientation par rapport à la gravité. Ils ne signalent pas directement la vitesse attribuée à une caméra virtuelle. Un déplacement visuel peut donc contredire les indices vestibulaires et d'autres indices corporels. La perception du mouvement résulte de leur combinaison, en relation avec l'action et les attentes de la personne.

Odorat et goût

Odorat

Identité, mémoire et contexte

Goût

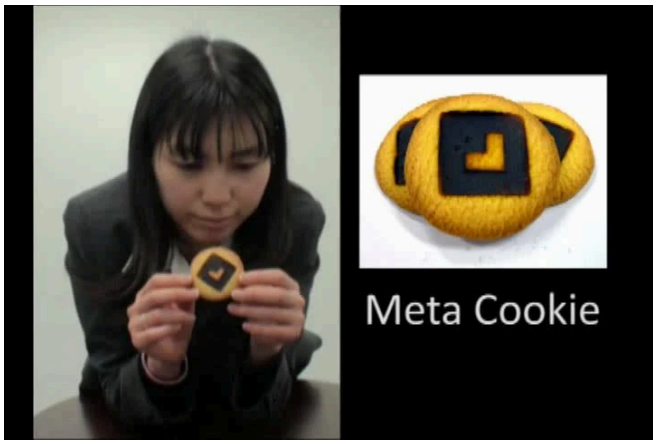
Expérience chimiosensorielle et multisensorielle

Contrainte pratique

Diffusion et persistance



Une démonstration gustative multisensorielle



Contexte visuel et perception des aliments

NOTES DE COURS

L’odorat peut contribuer à identifier une situation et à son contexte émotionnel. Une expérience gustative dépend aussi des interactions entre les signaux, notamment ce qui est vu et senti. Leur production demande des interfaces spécialisées. Une odeur peut persister après sa diffusion : arrêter et renouveler la stimulation diffère du remplacement d’une image à l’écran. Le canal sensoriel doit correspondre au scénario et à son déroulement temporel.

Démonstration gustative multisensorielle



Démonstration gustative multisensorielle

Lire la vidéo ↗

NOTES DE COURS

L’odorat peut contribuer à identifier une situation et à son contexte émotionnel. Une expérience gustative dépend aussi des interactions entre les signaux, notamment ce qui est vu et senti. Leur production demande des interfaces spécialisées. Une odeur peut persister après sa diffusion : arrêter et renouveler la stimulation diffère du remplacement d’une image à l’écran. Le canal sensoriel doit correspondre au scénario et à son déroulement temporel.

Intégration multisensorielle

Redondance

Plusieurs indices indiquent le même événement

Complémentarité

Différents signaux ajoutent des informations différentes

Congruence

Le timing et l’alignement spatial soutiennent une cause commune

NOTES DE COURS

La perception multisensorielle combine les signaux plutôt que de simplement les accumuler. Des indices congruents peuvent soutenir une interprétation stable, tandis que des différences peuvent créer une ambiguïté ou une illusion. L'utilité d'un signal dépend de sa fiabilité et de la pertinence de la tâche. L'ajout d'une autre modalité peut avoir peu d'effet lorsque les informations requises sont déjà disponibles.

4.4

Couplage sensorimoteur

NOTES DE COURS

Une contingence sensorimotrice est une relation régulière entre action et changement sensoriel. Dans une scène suivie, les conséquences du mouvement de la tête doivent être adaptées à ce mouvement. Les techniques d'interaction peuvent intentionnellement modifier la correspondance, mais le changement doit encore être suffisamment compréhensible et stable pour l'activité.

Contingences sensorimotrices

Une action

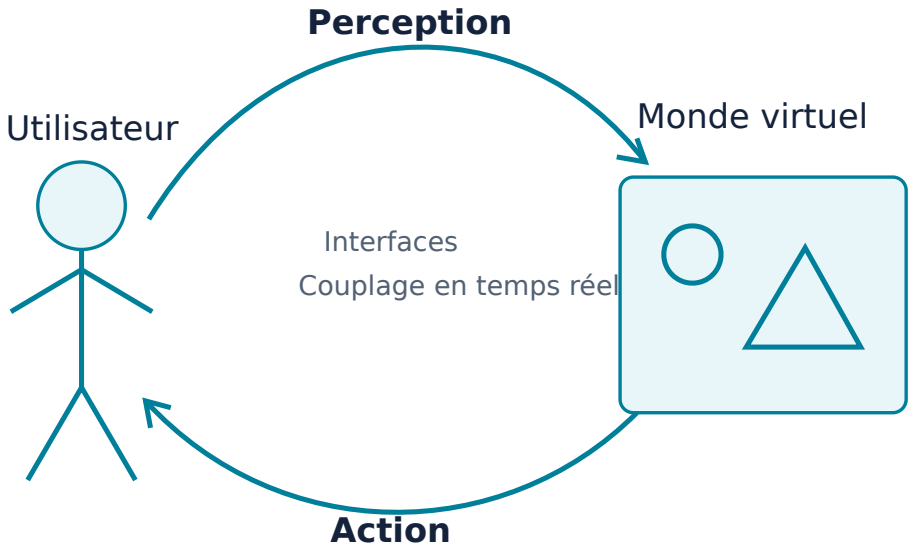
La tête tourne ou la main se déplace

Un changement attendu

La vue ou la main doit être mise à jour

Un résultat perçu

Le retour confirme ou contredit les attentes



NOTES DE COURS

Une contingence sensorimotrice est une relation régulière entre action et changement sensoriel. Dans une scène suivie, les conséquences du mouvement de la tête doivent être adaptées à ce mouvement. Les techniques d'interaction peuvent intentionnellement modifier la correspondance, mais le changement doit encore être suffisamment compréhensible et stable pour l'activité.

Cohérence spatiale et temporelle

Espace

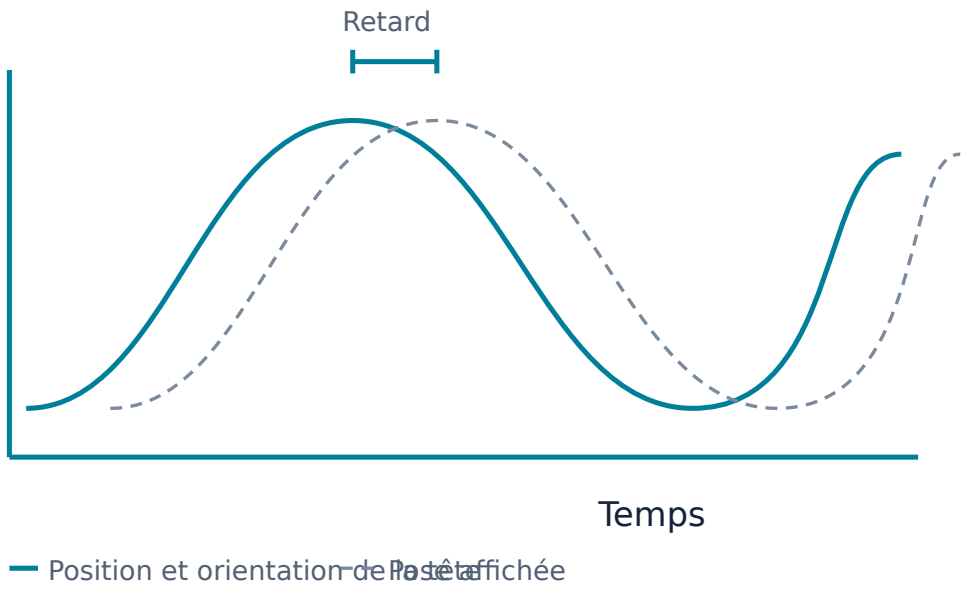
Les entrées et les sorties partagent un alignement

Temps

Les retours suivent l'action avec un délai limité

Modalités

Les événements s’accordent sur tous les canaux sensoriels



NOTES DE COURS

Un décalage spatial peut éloigner la main visible de la main physique. Un décalage temporel peut faire en sorte que l'aiguille suive en retard. Les décalages transmodaux peuvent séparer le contact vu et ressenti. Ces erreurs affectent différemment l’action, l’incarnation et le confort. Une latence moyenne faible ne suffit pas à supprimer la gigue ou les blocages intermittents.

Environnement physique et virtuel

Support physique

Les accessoires ou l'équipement servent la tâche

Fond neutre

Certains indices réels restent hors de propos

Interférence

Les indices réels contredisent la situation virtuelle

NOTES DE COURS

La discussion de Biocca distingue la manière dont l’environnement physique contribue à l’immersion. Un véritable instrument chirurgical peut prendre en charge une procédure simulée. Des bruits de pièce sans rapport peuvent distraire ou contredire le scénario. La fraction d'un canal sensoriel occupée par la stimulation virtuelle est différente de la fidélité ou de la pertinence de cette stimulation.

Diapositive 41 / 48

Diapositive en ligne ↗

Partie 5 sur 5

4.5
Illusions perceptives

NOTES DE COURS

Les exemples de Lécuyer modifient la relation entre l’entrée de l’utilisateur et le mouvement ou la déformation affichés. Ralentir un objet dans une zone peut suggérer un frottement ; modifier sa déformation pour une même entrée peut suggérer une rigidité différente. Le dispositif n’exerce pas une force physique équivalente. L’effet dépend de l’interprétation perceptive et des autres indices disponibles.

Diapositive 42 / 48

Diapositive en ligne ↗

4.5 Illusions perceptives

Retour pseudo-haptique

Entrée physique

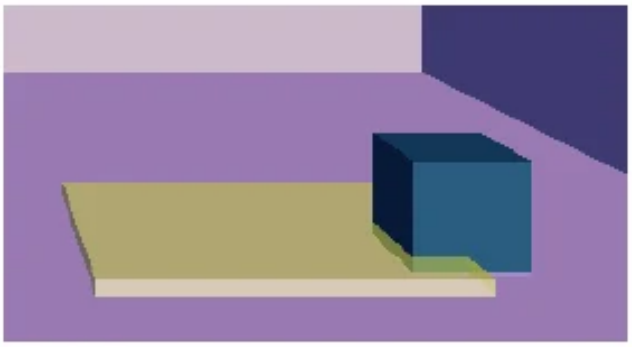
Un mouvement ou une force

Manipulation visuelle

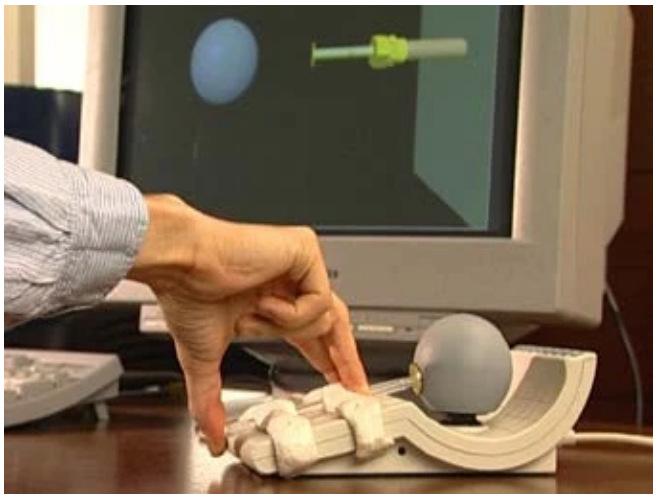
Modifier le déplacement ou la déformation

Interprétation haptique

Une résistance apparente ou une propriété matérielle



Manipulation visuelle du frottement apparent



Un exemple de rigidité pseudo-haptique

Essayer : une résistance créée par la vision ↗

NOTES DE COURS

Les exemples de Lécuyer modifient la relation entre l'entrée de l'utilisateur et le mouvement ou la déformation affichés. Ralentir un objet dans une zone peut suggérer un frottement ; modifier sa déformation pour une même entrée peut suggérer une rigidité différente. Le dispositif n'exerce pas une force physique équivalente. L'effet dépend de l'interprétation perceptive et des autres indices disponibles.

Diapositive 43 / 48

Diapositive en ligne ↗

4.5 Illusions perceptives

Palpation : modifier la déformation visible

Palpation : modifier la déformation visible

Lire la vidéo ↗

NOTES DE COURS

Cette démonstration de palpation montre comment une déformation visuelle peut intervenir dans la perception de la rigidité. Distinguer le geste physique, la déformation affichée et la propriété que l'utilisateur cherche à estimer. Regarder la vidéo permet de comprendre le mécanisme ; ressentir l'illusion demande de réaliser soi-même l'interaction.

4.5 Illusions perceptives

Gain entre action et affichage

Gain = virtual displacement / physical displacement

Déplacement physique

Le mouvement effectué par la personne

Déplacement virtuel

Le mouvement montré par le système

Gain

La relation entre les deux

NOTES DE COURS

Un gain de 1 conserve le déplacement si les unités et les repères sont compatibles. Un gain constant multiplie le mouvement ; une correspondance non linéaire peut faire varier ce gain selon la distance ou la vitesse. La manipulation, la marche redirigée et la pseudo-haptique exploitent ces relations de différentes manières. Leur efficacité dépend de la tâche et des autres indices perceptifs.

4.5 Illusions perceptives

La pseudo-haptique en mouvement

Résistance apparente

WebXR Pseudo-haptics — Kenichi Ito (2021)

Lire la vidéo ↗

Modifier le mouvement affiché pour suggérer résistance ou relief.

Impact apparent

Hit-Stop in VR — Yuki Ban & Yusuke Ujitoko (2021)

Lire la vidéo ↗

Arrêter ou ralentir brièvement la raquette virtuelle au contact.

NOTES DE COURS

À gauche, les démonstrations WebXR de Kenichi Ito modifient la correspondance entre l'entrée et le déplacement affiché pour illustrer des sensations de résistance et de relief. Observer l'écart entre le mouvement demandé et la réponse visible. La présentation vidéo est en japonais ; les mécanismes peuvent être commentés à partir des animations.

À droite, Hit-Stop in VR modifie temporairement le mouvement de la raquette virtuelle lors du contact avec la balle. L'étude combine cet effet visuel avec des vibrations : il ne faut donc pas attribuer toute la sensation d'impact au seul retour visuel. La démonstration permet de comparer l'arrêt ou le ralentissement, leur durée et la présence ou l'absence de vibration.

Ces vidéos montrent les manipulations du retour visuel, pas la sensation subjective du spectateur. Pour éprouver la pseudo-haptique, il faut agir soi-même et percevoir le décalage entre son action et le résultat affiché.

4.5 Illusions perceptives

Flexibilité perceptive

Matériau apparent

Contact pseudo-haptique

Chemin apparent

Marche redirigée

Corps apparent

Illusions d'appartenance corporelle

NOTES DE COURS

Les unités suivantes utilisent la flexibilité perceptuelle pour résoudre des problèmes pratiques. Une salle physique limitée peut prendre en charge un chemin virtuel plus grand ; un outil peut paraître résistant sans dispositif de force adapté ; un corps virtuel peut contribuer à l'auto-représentation. Chaque effet a des conditions et des limites. Aucun signifie que la perception peut être modifiée arbitrairement.

4.5 Illusions perceptives

Expliquer une illusion

Quel signal change ?

Quels signaux restent cohérents ?

Qu’en déduit le participant ?

Quand l’effet pourrait-il échouer ?

NOTES DE COURS

Appliquez ces questions à la friction pseudo-haptique ou à une illusion d’appartenance corporelle du corps. L’objectif est une explication causale de la manipulation plutôt qu’une liste d’appareils. Prévoyez une condition qui pourrait affaiblir l’effet.

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

Le traité de réalité virtuelle ↗ 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.