

# Examen du module Introduction à la Réalité Virtuelle, MASTER 1, ST2IRV

Le vendredi 20 décembre 2019

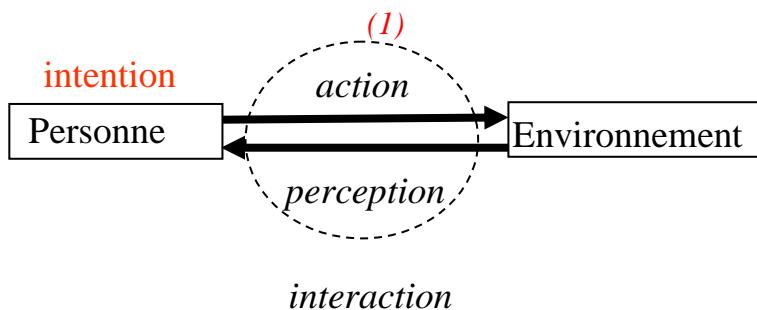
Durée : 1 heure 45

**Tout document (écrit ou électronique) est interdit**

Responsable du module: Frédéric Davesne

- Nota : - le terme *I3D* désignera dans le reste du document l'*Interaction 3D* ;  
- le terme *RV* désignera dans le reste du document la *Réalité Virtuelle* ;  
- il sera tenu compte de la qualité de la rédaction ;  
- le sujet comporte 2 pages ;  
- le barème est noté entre parenthèses pour chaque question.  
**- Le barème noté en italique détaillant la répartitions des points dans une question est donné à titre indicatif.**

1. (2 pts) a) Décrire la boucle Perception/Action chez l'homme (schéma+explications).  
b) Quelle différence majeure y-a-il entre une simulation informatique et un logiciel intégrant la boucle perception/action de l'homme ?  
c) Citer le nom d'un logiciel permet-il de programmer efficacement l'interaction entre l'homme et un monde virtuel ?



(0,5) Dans une simulation informatique, l'utilisateur est passif au cours de la simulation et peut en visualiser le résultat après coup. L'ajout de l'interactivité permet à l'homme de modifier des paramètres du monde virtuel en temps réel grâce à ses actions dans le monde réel et d'en vérifier les effets « instantanément » sur le monde virtuel (perception) voire dans le monde réel s'il dispose d'un système à retour d'effort par exemple.

(0,5) Unity 3D est le logiciel le plus en vogue pour donner de l'interactivité avec un monde virtuel. Il en existe d'autres, plus anciens, comme, par exemple, 3DVIA Virtools.

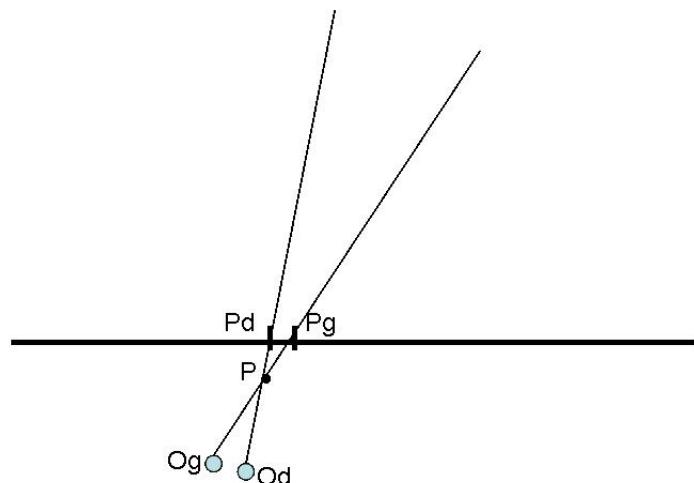
2. (2 pts) Quels sont des deux mécanismes physiologiques humains qui permettent la vision stéréoscopique? Expliquer comment on utilise ces mécanismes pour générer une image stéréoscopique en RV?

Les deux mécanismes sont l'accommodation et la disparité rétinienne. (1,0) Le mécanisme d'accommodation se fait grâce à la variation de convergence du cristallin alors que (0,5) la disparité rétinienne correspond au fait que chacun des deux yeux perçoit la scène avec un point de vue différent de l'autre grâce, entre autres, à l'écart inter pupillaire.

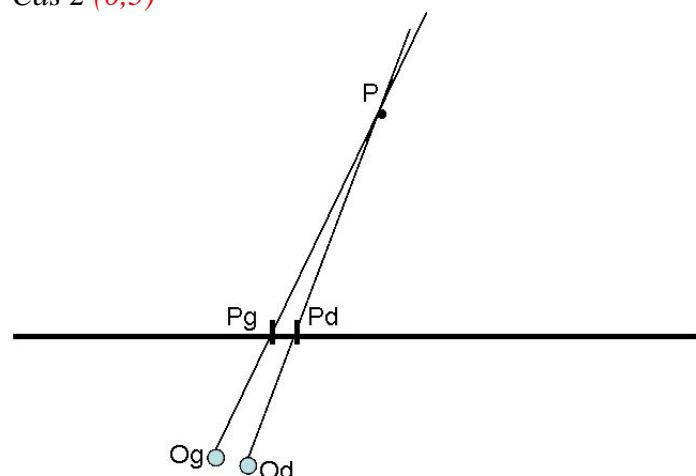
(0,5) L'idée centrale est de générer deux images légèrement décalées horizontalement l'une de l'autre et de faire en sorte que chacune des deux images soit vue par un œil (gauche ou droit) et un seul.

3. (1 pt) A l'aide de schémas, montrer les deux cas suivants: 1- Un point affiché sur l'écran de projection est vu (avec le matériel adapté) devant l'écran, 2- Un point affiché sur l'écran de projection est vu (avec le matériel adapté) derrière l'écran.

*Cas 1 (0,5)*

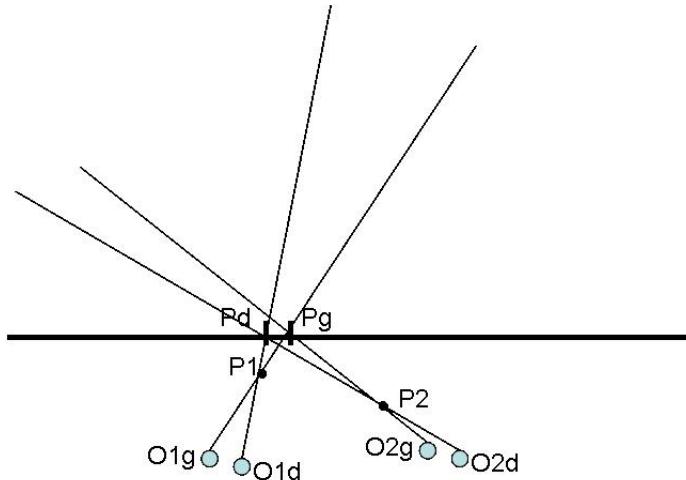


*Cas 2 (0,5)*



4. (1 pt) A l'aide de schémas, montrer que le déplacement de la personne devant l'écran modifie la position d'un point vu par la personne sur l'écran. Avec quel(s) périphériques de RV pourrait-on corriger ce défaut et que faudrait-il faire pour que l'objet virtuel est l'air immobile au cours du déplacement de la personne devant l'écran?

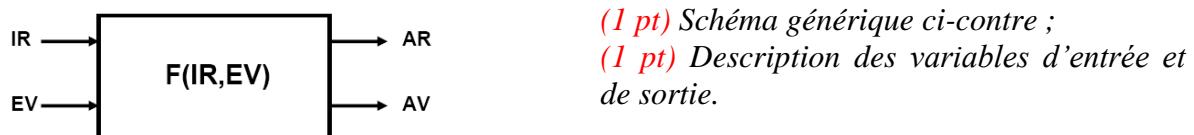
*(0,5)*



(0,5)

*Si on possède un capteur de tête ARTrack, il est possible de connaître la position et l'orientation de la tête de l'utilisateur. A partir de ces informations, il est possible de rectifier par le calcul les positions respectives de Pd et Pg.*

5. (2 pts) Rappeler le formalisme générique d'une méthode (technique) d'I3D. En particulier, expliciter les variables d'entrée et de sortie liées à ce formalisme.



IR: Informations reçues du monde Réel

EV: Etat du monde Virtuel

AR: Action sur le monde Réel

AV: Action sur le monde Virtuel

6. (2 pts) Donner les quatre tâches élémentaires de l'I3D ainsi que leur fonction respective.

(0,25 x 4 pt) Les quatre grandes catégories de tâches d'I3D sont :

- la sélection
- la manipulation
- la navigation
- le contrôle d'application

Selon [Sternberger, 2006], on peut rajouter une cinquième tâche, dite d'entrée de symboles.

(0,25 x 4 pt) La tâche de sélection permet de désigner un objet parmi d'autres dans un EV. La tâche de manipulation permet de modifier les propriétés de l'objet préalablement sélectionné (position, orientation, couleur, etc.). La tâche de navigation permet de modifier la position et/ou l'orientation de l'avatar de l'utilisateur dans un EV. La tâche de contrôle d'application permet de changer l'état du système (par exemple, passer une tâche élémentaire courante à une autre).

7. (2 pts) a) À quoi sert un contrôle d'application en I3D?

- b) Donner deux périphériques de RV permettant d'effectuer un contrôle d'application.

c) Expliquer pourquoi la reconnaissance de gestes d'une main trackée ou la reconnaissance vocale peuvent être utilisées pour construire un contrôle d'application logiciel.

a) (1 pt) Un contrôle d'application permet de changer l'état du système d'I3D. En particulier, il est utilisé pour passer d'une manière active d'une des tâches de sélection, manipulation et navigation à l'autre. Si on considère la modélisation du système d'I3D par un graphe d'états, le contrôle d'application permet la transition d'un état à l'autre.

b) (0,5 pt) L'appui sur la gâchette d'un Flystick ou le pincement d'un Pinch Glove permettent, par exemple, un contrôle d'application matériel.

c) (0,5 pt) Le contrôle d'application permet le changement d'états du système d'I3D à partir d'un signal binaire (0 ou 1 de la gâchette du Flystick, par exemple). On peut imaginer étendre ce signal binaire à un signal n-aire (un ensemble d'entiers  $[0, 1, \dots, n]$ ) associé à la détection d'une classe de mouvements (détection de gestes) ou d'une classe de vocables (détection vocale), ce qui permet un contrôle d'application dans la mesure où cela permet le changement de l'état courant vers un des  $n$  états atteignables  $[1, \dots, n]$  possibles.

8. (2 pts) a) Décrire la métaphore du « tirer sur la corde ».

b) Si on souhaite implémenter cette métaphore sur une plateforme de réalité virtuelle, de quels types de périphériques a-t-on besoin ? Donner des exemples.

c) Quelle tâche d'I3D est obligatoirement associée à cette métaphore ?

d) Dans quelles tâches d'I3D cette métaphore peut-elle être utilisée ?

a) (0,5 pt) La métaphore du « tirer sur la corde » emprunte le geste d'une personne qui s'aide d'une corde pour monter un plan incliné. Les bras sont avancés à tour de rôle pour saisir la corde pour avancer puis la main placée en arrière du corps relâche la corde.

b) (0,5 pt) Dans une plateforme de réalité virtuelle, on peut utiliser un pinch glove pour simuler la saisie de la corde (entre le pouce et l'index). Des boules réfléchissantes placées sur les poignets de la personne, trackées par des caméras infrarouges permettent de connaître la position et l'orientation des mains de la personne.

c) (0,5 pt) La simulation de saisie/relâche de la corde nécessite est associée à une tâche de contrôle d'application.

d) (0,5 pt) La métaphore du tirer sur la corde permet de gérer une tâche de navigation. La vitesse et l'orientation des mains de la personne permettent de déterminer la vitesse et l'orientation de la navigation dans le monde virtuel.

9. (2 pts) a) Utiliser le formalisme du 5. pour indiquer la relation fonctionnelle entre la position de la main réelle et celle de la main virtuelle pour la technique d'I3D RayCasting.

b) De quelle métaphore cette technique d'I3D est-elle issue ?

c) Dire pourquoi il est compliqué de sélectionner des objets petits et lointains avec le RayCasting, en se basant sur le formalisme donné en a).

d) Quelle modification du formalisme donné en a) proposeriez-vous afin de pallier le problème décrit en c).

e) Dire pourquoi le RayCasting peut difficilement être utilisé pour manipuler un objet du monde virtuel.

a) (0,5 pt)



Avec  $\text{Ar}$ , vecteur 2D correspondant aux deux positions angulaires captées par un périphérique de Réalité Virtuelle ;  $\text{Av}$ , vecteur 2D correspondant aux deux positions

*angulaires de l'avatar de l'utilisateur dans l'environnement virtuel ; 0 : pas d'action particulière sur le monde réel en retour (pas de retour d'effort en particulier) ; Mod : Modification de Av suivant Ar, qui s'exprime par Av = Ar (gain de 1 sur les positions angulaires réelles et virtuelles pour le RayCasting).*

b) (0,25 pt) *Le RayCasting est une technique de pointage issue de la métaphore du Rayon Laser.*

c) (0,5 pt) *On considère Av(alpha,beta) = Ar(alpha,beta). Donnons un exemple concret. Si l'utilisateur se situe à 2 mètres de l'écran de la plateforme de Réalité Virtuelle, un calcul simple montre qu'une imprécision très faible de 2 degrés d'angle sur alpha amène à une imprécision de 3,5 cm environ sur l'écran. Or, le tremblement naturel de la main implique ce genre d'imprécision angulaire, ce qui signifie que des objets petits sur l'écran ne pourront pas être sélectionnés facilement.*

d) (0,5 pt) *Deux solutions différentes ont été proposées dans la littérature. La première est de considérer non pas un rayon (infiniment fin) mais un cône de projection ayant un angle non nul gamma. Dans ce cas et si on reprend le raisonnement du c), un gamma égal à 6 degrés d'angle permet de sélectionner tout objet inclus dans une zone de 10 cm de diamètre sur l'écran. Il permet donc de sélectionner facilement des objets petits. Cependant, si deux objets petits sont proches l'un de l'autre, le risque est de ne pas pouvoir les discerner avec cette technique. Il faut donc trouver un compromis entre une valeur correcte de gamma et la structure de l'environnement virtuel proposé.*

*La seconde solution consiste à modifier le gain G entre Ar et Av d'une manière contextuelle (technique PRISM) : Av(alpha,beta) = G.Ar(alpha,beta). PRISM suppose que le déplacement de la main comporte deux phases : une rapide pour aller vers la cible et une lente pour approcher la cible. Lorsqu'on estime que l'utilisateur essaie de pointer un objet de l'environnement virtuel (vitesse angulaires alpha et beta de la main en dessous d'un certain seuil), on fixe G << 1. Sinon, on garde G = 1. Ainsi, si G=0,1, un tremblement de la main correspondant à une imprécision angulaire de 2 degré sur alpha implique une imprécision réduite à 3,5 millimètres au lieu de 3,5 cm sur l'écran. Cependant PRISM échoue si son hypothèse initiale n'est pas vérifiée.*

e) (0,25 pt) *En phase de manipulation l'objet est attaché au rayon. Son mouvement est donc inscrit dans une sphère. On ne peut donc atteindre que très peu d'endroits dans l'environnement virtuel.*

10. (2 pts) a) Décrire la technique d'I3D *HOMER*.

- b) Pourquoi dit-on qu'il s'agit d'une technique hybride ?
- c) À quelles tâches d'I3D est-elle associée ?
- d) Quels avantages cette technique d'I3D a-t-elle par rapport aux techniques d'I3D Main Virtuelle Simple et Ray-Casting ?

a) (0,5 pt) *La technique HOMER est une technique de sélection/manipulation utilisant la technique RayCasting pour la sélection et la technique Main Virtuelle Simple pour la manipulation.*

b) (0,5 pt) *Il s'agit d'une technique hybride car elle utilise deux techniques différentes (et deux métaphores différentes).*

c) (0,5 pt) *HOMER est associée aux tâches de sélection et de manipulation.*

d) (0,5 pt) *Il a été montré que le RayCasting surclasse MVS dans la plupart des cas pour la sélection. Dans 5.e), nous avons vu les limites du RayCasting pour la manipulation. MVS est donc conseillé (sous certaines limites) pour la manipulation par rapport au RayCasting.*

11. (2 pts) a) Quelle tâches élémentaires d'I3D la technique d'I3D *Follow-Me* permet-elle de remplir ?

- b) De quelle métaphore cette technique d'I3D est-elle issue ?
- c) En quoi le découpage en zones de l'espace virtuel permet à *Follow-Me* de créer un compromis entre un geste de l'utilisateur non contraint et une précision contrainte des tâches élémentaires d'I3D que *Follow-Me* assure ?
- a) **(1,0)**La technique *Follow-Me* permet d'effectuer des tâches de sélection et de manipulation.
- b) **(0,5)***Follow-Me* est issue de la métaphore de la main virtuelle.
- c) **(0,5)** *Follow-Me* a pour objectif d'effectuer des sélections et manipulations précises sous contrainte. L'hypothèse de base de *Follow-Me* est de découper l'espace virtuel autour des objets à sélectionner et/ou manipuler en zones dans lesquelles un gain différent est appliqué à la technique de base MVS. Un gain faible, voire l'utilisation d'une attraction vers la cible permet d'augmenter puis de garantir la précision d'approche de l'objet puis sa manipulation, alors qu'un gain de 1 permet un geste non contraint et libre de l'utilisateur. C'est la construction des différentes zones qui amène le compromis entre précision (soumise à des contraintes) et gestes libres et rapides.

**FIN**