



De nouvelles technologies au service de l'optimisation logistique dans le domaine du cargo aérien.

Elodie ETIENNE, Sarah SAUFNAY, Michaël SCHYNS

Introduction





Présentation Elodie Etienne

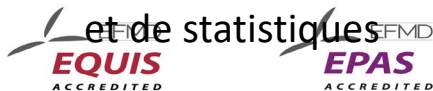
Education

- Formation doctorale en Sciences économiques et de gestion
- Master en Sciences Mathématiques
 - Finalité didactique (AESS)
 - Statistiques et Sciences Actuarielles (Uliège & University of Southampton)
- Bachelier en Sciences Mathématiques (Uliège)



Profession

- Doctorante en Science de gestion au sein de QuantOM
- Assistante pour les cours de mathématiques et de statistiques





Présentation Sarah Saufnay

Education

- Formation doctorale en Sciences économiques et de gestion
- Master en Ingénieur de gestion (HEC Liège)
 - Finalité Digital Business
- Bachelier en Ingénieur de gestion (HEC Liège)



Profession

- Doctorante en Science de gestion au sein de QuantOM





Présentation Michaël Schyns



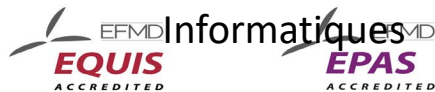
Education

Docteur en Sciences
économiques et de gestion

Master en Sciences économiques
et de gestion

Master en Sciences Sciences
Informatiques à finalité
didactique

Bachelier en Sciences



Profession

Professeur ordinaire en
Informatique de gestion

Directeur du labo AR/VR de HEC-
Liège



Présentation SIG AR/VR Lab



- Equipe de M. Schyns (Digital Business et Business Analytics HEC-Ulège)
- Domaines: optimisation, intelligence artificielle et nouvelles technologies digitales
- Service Informatique de Gestion – Labo AR/VR: 8 à 15 « geeks » (artistes 3D, Tech art, animateurs, chercheurs...) selon les périodes
- Développement de serious games : enseignement, recherche et services à la société



Quelques définitions



Réalité Virtuelle

Réalité Virtuelle

- Immersion totale.
 - On est isolé de l'environnement réel en coiffant un casque (occultant)
 - On est plongé dans une nouvelle "réalité" reconstruite par un ordinateur.
Ce nouveau monde peut être réaliste ou pas; avec peu ou beaucoup de possibilités d'interactions (naturelles).
- Notre cerveau est "berné" et se projette dans un autre monde



Avantages

- progressif, sécurisé, parcours configurable
- gestes
- transfert de compétences
- analyse du comportement
- Patrimoine: ce qui n'existe plus ou pas encore!
- Accessibilité et faisabilité
- Ludique (serious game)
- Metaverse



Réalité Augmentée

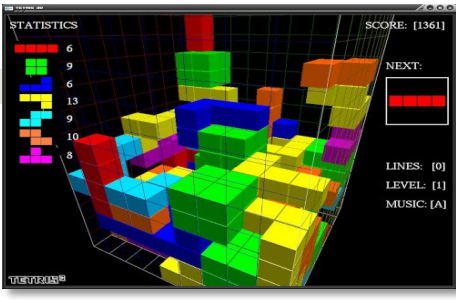
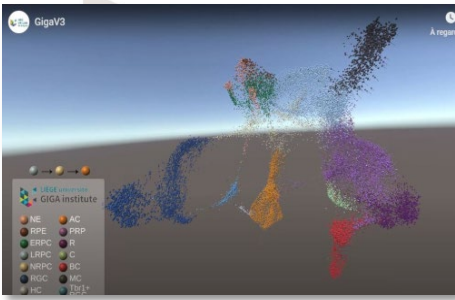
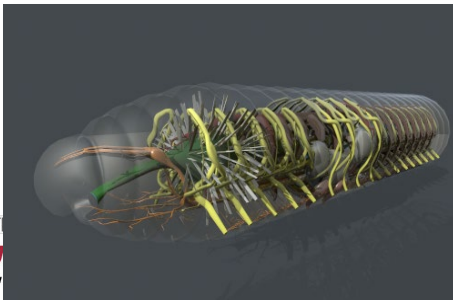
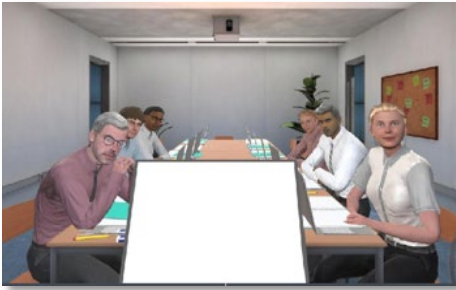
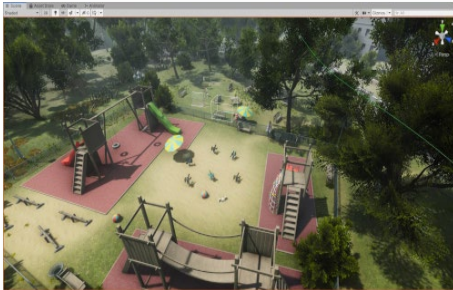
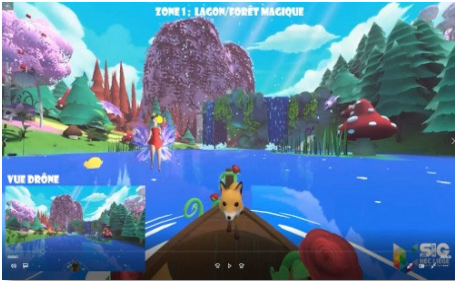
- On reste dans l'environnement réel
- On ajoute des couches d'informations à la réalité: un objet, un texte, un personnage animé, un menu interactif (Pokemon Go, Snapchat...)
- Smartphone/Tablette vs. lunettes vs. écran



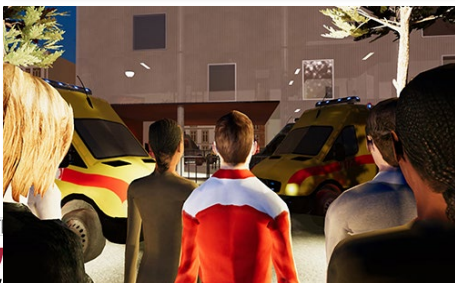
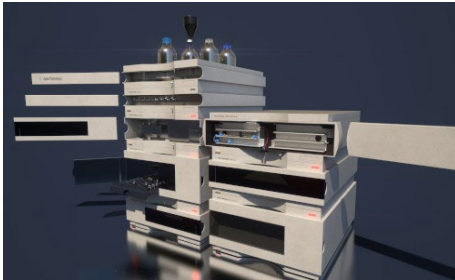
Nos projets



Serious games: recherche



Serious games: formation



- Logistique
- Transports
- Aviation
- Robotique
- Secourisme

Serious games: tourisme



Serious games: Prise de parole en public



A l'aéroport



Jumeau numérique



Interreg
Euregio Meuse-Rhine

EMR DIGITAL TWIN ACADEMY

EUROPEAN UNION
European Regional Development Fund



Qu'est ce qu'un Jumeau numérique

- Plusieurs définitions :
 - Copie digitale: modélisation 3D, simulation, prototypage...
 - Digital Shadow: une copie digitale dont les états se synchronisent en temps réel avec l'original dans le monde réel.
 - Digital Twin : une copie digitale dont les états se synchronisent en temps réel avec l'original ET peut fournir un retour au monde réel.
- Généralement des systèmes complexes avec beaucoup de données.
- Technologies: modélisation (3D), IoT, éventuellement Machine Learning (Big Data!)
- Interface utilisateur: écran ordinateur...et réalité virtuelle?

A quoi sert un Jumeau numérique ?

- Ce n'est pas une fin en soi mais un outil d'aide à la décision et à la formation.
- **Base:** monitoring des activités!
Intermédiaire: détection automatique de problèmes (Digital Shadow)
Avancé: prédiction d'états et intervention (semi-)automatique dans le monde réel sur base des analyses réalisées dans le monde virtuel.
- **Autres:** formation!
Un jumeau numérique est une représentation qui se veut très fidèle de la réalité; un terrain virtuel idéal pour s'entraîner.

Aéroport de Liège et HEC Liège

- Domaine de recherche:
 - Optimisation
 - Usage de technologies innovantes au service de la gestion
- 3 thèses de doctorat en cours
- Partenariat de longue durée avec ASL Belgium à l'aéroport de Liège. JM Urbani et R. Ramkissoon.
- Plusieurs projets avec et à l'aéroport de Liège:
 - Optimisation du chargement des avions
 - Optimisation du chargement des conteneurs
 - Optimisation de l'avitaillement
 - Prédiction en maintenance
 - Coordination des activités logistiques
 - « Simulateur » de vol (avec RV)
- Gagnant du Hackathon WeCargo 2019
- Projet Interreg EMR Digital Twin Academy
- Autre projet (interne) lié: un Metaverse pour l'Education



Un jumeau numérique avec ASLB

- Travail en cours!
- Une copie digitale bien avancée:
 - Déplacez vous virtuellement et découvrez les installations.
Pas de danger de se faire écraser par un avion!
 - Entraînez-vous sur certains appareils dans des conditions « jumelles » de la réalité!
 - Checklist dans cockpit de 737 (y compris chez soi lors de pandémies)
 - Tracteurs, camions...
 - Module de formation pour le chargement/déchargement (sans interruption des activités et sans danger)
 - Testez des scénarii.
Exemple:
 - Thèse de doctorat et recherche sur la coordination des services
 - Scénario catastrophe...mais pas en réalité virtuelle

Un jumeau numérique avec ASLB

- Déjà un Digital Shadow:
 - Un avion qui atterri à l'aéroport atterri en même temps dans nos casques!
 - Des équipements sont équipés de traqueurs IoT et localisables en temps réel.
 - Connexion aux systèmes d'information internes
 - Monitoring de (certaines) activités en temps réels
 - Possibilité de remonter dans le passé pour revivre une situation.
 - Possibilité de se projeter dans le futur à court terme (projet de recherche en cours)!
- Un « vrai » digital twin ensuite.

Projets liés

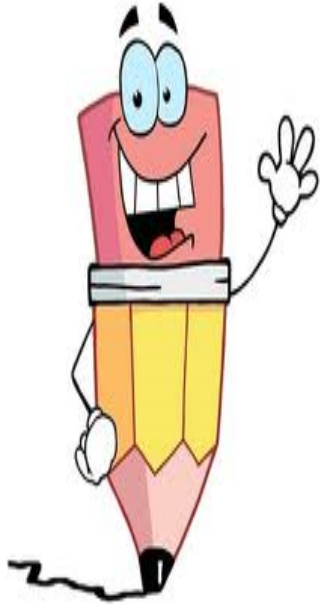


Weight & Balance

How to optimally load a set of containers (ULDs) into a cargo aircraft under some safety, structural, economical, environmental and maneuverability constraints



WB: main tools



LOADSHEET & LOADMESSAGE

Flight No: **331** Date: **15/11/11** Time: **11:30** Version: **1**

Origin: **NY** Destination: **W** All weights in kilograms

Maximum payload for: **61433** Zero fuel: **41433** Takeoff: **41433** Landing: **41433**

Dry operating wt: **12258** Usable fuel for takeoff (max of A & B): **61433** Fuel for takeoff: **41433** Fuel for landing: **41433**

Operating weight: **12258** Allowed traffic load: **12258**

CLASS	UNIT	WEIGHT	DISTRIBUTION			TOTAL FUEL INDEX TABLE	
			1	2	3	WEIGHT	INDEX
T	1	1532	1532			1532	1.0
B	1						
C	1						
D	1						
T	1	1532	1532			1532	1.0
B	1						
C	1						
D	1						
T	1	1532	1532			1532	1.0
B	1						
C	1						
D	1						
T	1	1532	1532			1532	1.0
B	1						
C	1						
D	1						

TOTAL PASSENGER WEIGHT: **15174** ALLOWED TRAFFIC LOAD: **12258**

TOTAL TRAFFIC LOAD: **15174** UNDERLOAD BEFORE LMC: **5173**

Dry operating weight: **12258** Zero fuel weight: **41433** Max allowed: **41433**

Take-off weight: **1124** Take-off weight max allowed: **1124**

TRIP FUEL: **1124**

LANDING MAX ALLOWED: **41433**

LOAD & TRIM SHEET

Version: **1** History: **331** Dry operating index: **33.3**

Dry operating index: 0 10 20 30 40 50 60 70 80 90

Cabin 01: **6**

Cabin 02: **46**

Cabin 03: **43**

Cabin 04: **40**

FWD: **709**

ART: **1582**

FUEL INDEX SCALE: 0 10 20 30 40 50 60 70 80 90

STAR TRIM ADJUSTMENT: CO W MAC 10 12 14 16 18 20 22 24 26 28 30 32

FLAP: **FLAP**

MAXIMUM ZERO FUEL WEIGHT: **42217**

MAXIMUM LANDING WEIGHT: **62217**

MAXIMUM ZERO FUEL WEIGHT INDEX: **33.3**

STAR TRIM FLAPS: **1.5**

FWD ZERO FUEL CHECK AND OPERATIONAL LIMIT: **41433**

TANK FUEL CHECK AND OPERATIONAL LIMIT: **41433**

TOTAL PASG: **13511**

TAKE OFF: **27.00** MAC: **36.50**

FLAPS: **1.5**

APPROVED BY: **[Signature]**

WB: new model & exact approach

minimize $\sum_{i \in U} \sum_{j \in \mathbb{P}} w_i (a_j - ID)^2 x_{ij} + L^2 Wy$ Inertia & ...

subject to

$x_{ij} = 0$ U_i does not fit in P_j

$\sum_{i \in U} x_{ij} \leq 1$

$x_{ij} + x_{i'j'} \leq 1$

$\sum_{j \in \mathbb{P}} x_{ij} = 1$

$-\epsilon \leq \sum_{i \in U} \sum_{j \in \mathbb{P}} w_i (a_j - ID) x_{ij} / W \leq \epsilon$

$-\bar{D} \leq \sum_{i \in U} w_i (\sum_{j \in \mathbb{P}_R} x_{ij} - \sum_{j \in \mathbb{P}_L} x_{ij}) \leq \bar{D}$

$\sum_{i \in U} \sum_{j \in \mathbb{P} | P_j \cap O_k^D \neq \emptyset} x_{ij} o_{ijk}^D \leq \bar{O}_k^D$

$\sum_{i \in U} \sum_{j \in \mathbb{P} | P_j \cap U_{c=1}^k F_c \neq \emptyset} \sum_{l=1}^k x_{ij} f_{ijl} \leq \bar{F}_k$

$\sum_{i \in U} \sum_{j \in \mathbb{P} | P_j \cap U_{c=1}^k T_c \neq \emptyset} \sum_{l=1}^k x_{ij} t_{ijl} \leq \bar{T}_k$

$\sum_{i \in U} \sum_{j \in \mathbb{P} | P_j \cap U_{c=1}^k T_c \neq \emptyset} \sum_{l=1}^k x_{ij} t_{ijl} - Wy \leq \bar{R}_k$

$x_{ij} \in \{0, 1\}$

$y \in \{0, 1\}$.

ULD size & positions

max 1 ULD per position

No overlay

Load every ULDs

%MAC

Lateral imbalance

Combined weight

Forward cumul. weight

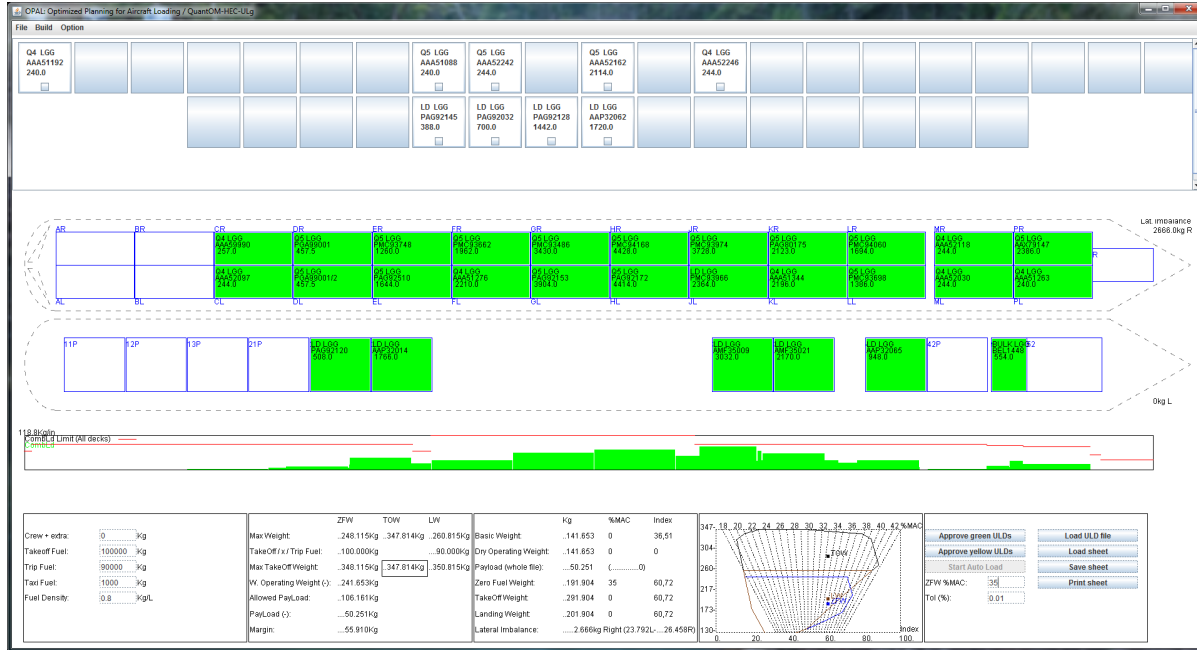
Aft cumul. weight

Aft restricted cumul weight

$\forall i \in U, \forall j \in \mathbb{P}$

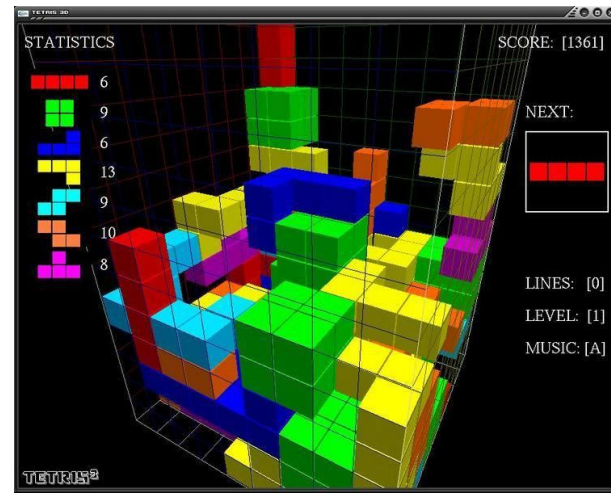
WB: paper & OPAL

S. Limbourg, M. Schyns, G. Laporte, "Automatic Aircraft Load Planning", Journal of the Operational Research Society 63, Sept 2012, 1271-1283



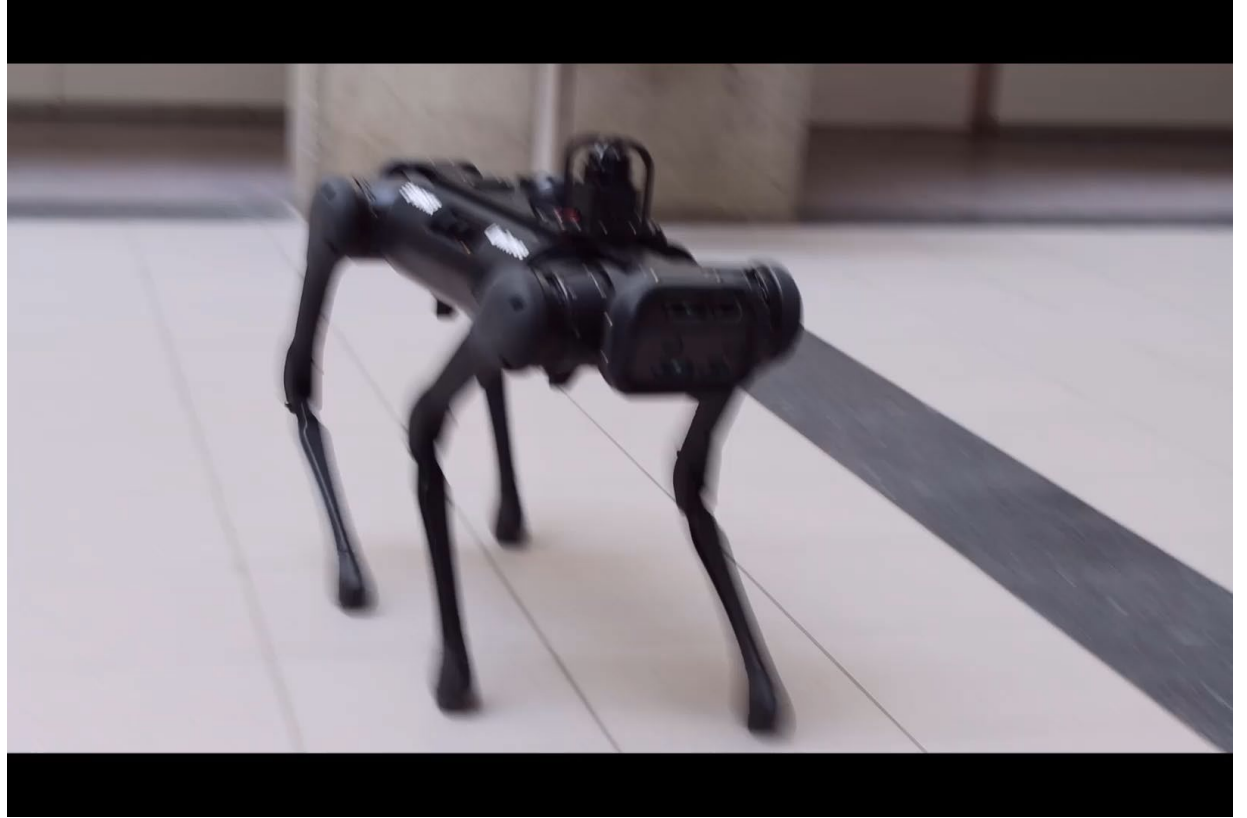
3D Bin-Packing

- Chargement des conteneurs
- Machine Learning
Deep Reinforcement Learning
- Augmented Reality
Hololens



Industry 4.0

- Robotique



EDUVERSE

- Constats:
 - Présentiel parfois difficile
 - Ressources limitées
 - Professeurs, experts, partenaires aux quatre coins du monde
- Metaverse pour l'éducation.
 - Regrouper apprenants et professeurs aux 4 coins du monde.
 - Monde virtuel 3D en réalité virtuelle
 - Salles de travaux pratiques et de travail en groupes
 - Sentiment de présence

Eduverse « privé » et « contrôlable »



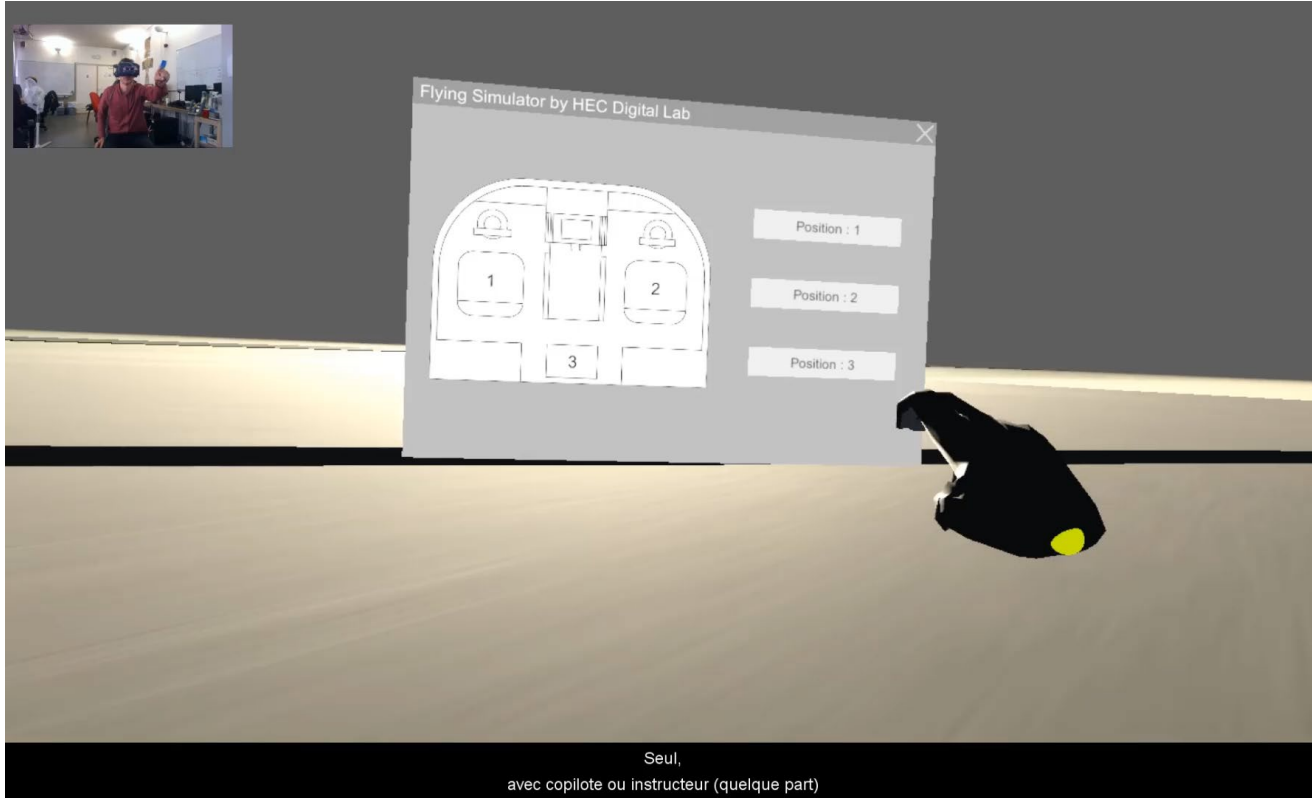
Quelques démonstrations



Notre aéroport



Notre aéroport



Notre aéroport



Merci !

« This is the real power of VR, and like any illusion, even though you know it is an illusion, it does not change your perception or your response to it. »

M. Slater

<http://www.sig.hec.uliege.be/>

