

# les SAVANTURIERS<sup>22</sup>

DÉCEMBRE 2017

DES  
SOLUTIONS  
POUR TOUS  
LES SECTEURS

05



RÉALITÉ VIRTUELLE  
*une porte*  
VERS UN  
NOUVEAU MONDE



**UN  
POSTER**  
À TÉLÉCHARGER  
ET DÉCOUVRIR  
EN VERSION ANIMÉE

**+ INTERVIEWS  
& CLIP MÉTIERS**

à retrouver sur **cea.fr**



On connaît !

## LA RÉALITÉ VIRTUELLE, C'EST QUOI ?

Qui n'a pas entendu parler des nouveaux smartphones et des casques associés pour plonger dans l'expérience de la réalité virtuelle ? En plus de ces applications personnelles, la réalité virtuelle envahit tous les domaines, du cinéma aux jeux vidéo en passant par l'industrie et la recherche. Pour répondre aux besoins et aux envies des industriels et du grand public, les moyens se déploient sans cesse pour rendre cette technologie encore plus performante et permettre davantage d'interactions.

### ORDINATEURS

Outre ces machines indispensables, la réalité virtuelle ne pourrait exister sans algorithmes, développements logiciels et capacités de calcul optimisées. En effet, les ordinateurs doivent créer les environnements virtuels en 3D tout en captant les mouvements et les interactions via les interfaces (bras, manette...) « trackées » pour resynchroniser les images en temps réel.

### CAPTEURS

L'opérateur est équipé de capteurs (sur la tête, les membres et les articulations) et ses mouvements sont suivis à l'aide de caméras.



### LUNETTES ET BRAS HAPTIQUE

L'opérateur est plongé dans l'environnement virtuel grâce à des lunettes stéréoscopiques ; son cerveau reconstitue le décor en 3D. Comme les lunettes sont « trackées », l'opérateur est localisé et la projection d'image est synchronisée à son point de vue. Il interagit avec les objets grâce à un bras haptique. Ce bras robot connecté lui sert à les manipuler en ressentant, par retour d'efforts, les forces telles que le poids, la résistance, le frottement, les chocs... et ainsi repérer les mauvaises postures.



## ÊTRE VIRTUEL ET RÉALISTE, C'EST POSSIBLE !

La réalité virtuelle s'appuie sur un ensemble de technologies qui immergent la personne dans une reproduction numérique du monde réel ou dans un monde imaginaire. Plus le nombre de sens mobilisés est important – la vue, l'ouïe et le toucher – et plus l'immersion est efficace. Grâce à

des lunettes stéréoscopiques ou à un casque, l'utilisateur peut se déplacer dans un « décor » plus ou moins sophistiqué, en 3D. Il peut littéralement « vivre » une expérience en manipulant virtuellement des objets, jusqu'à en ressentir le poids et la texture. Pour ces interactions plus complexes, l'expérience peut être enrichie par des manettes, volants ou autres interfaces haptiques.

### CAPTURE DE MOUVEMENTS OU « MOTION CAPTURE »

Pour interagir avec le décor, l'opérateur et ses mouvements doivent être représentés virtuellement. Il a fallu de nombreuses années d'acquisition et de traitement de données pour rendre ces simulations réalistes. Plusieurs méthodes de capture de mouvements existent, suivant le type de capteurs utilisés : optiques, gyroscopiques, angulaires ou magnétiques.





### CASQUE ET MANETTES

Dans le casque, un écran plat numérique est placé à quelques centimètres en face des yeux de l'opérateur, perpendiculairement à l'axe de son regard. Cet écran affiche une image stéréoscopique qui augmente le champ visuel de telle sorte que l'image virtuelle ainsi créée se trouve projetée à l'infini. Des capteurs détectent les mouvements de tête, afin d'adapter en temps réel l'image projetée sur l'écran et d'immerger l'opérateur dans la scène restituée. Des manettes lui servent à saisir et à manipuler des objets virtuels.

03



DÉCOUVREZ L'ANIMATION  
ET LE POSTER TÉLÉCHARGEABLE  
SUR **cea.fr**

Au-delà des scènes visibles en images de synthèse, l'immersion peut intégrer un **avatar biofidèle**, qui évolue dans la scène au gré des intentions de son utilisateur.

Toutes ces performances ne seraient pas possibles sans d'importants développements logiciels. Pour restituer fidèlement l'environnement, bien sûr, mais surtout pour simuler les interac-

tions avec les objets : pour être physiquement réaliste, cette simulation s'appuie sur une modélisation très fine de la texture des objets et de la façon dont ils vont entrer en contact.

Par exemple, les câbles électriques ne se déforment pas de la même façon qu'une surface plane métallique. Chez les constructeurs automobiles, l'aspect de la peinture, les couleurs, la sellerie jusqu'à la texture des matériaux...

mais aussi le réalisme des comportements des utilisateurs peuvent être pris en compte et fidèlement restitués. ●



### LEXIQUE

**Avatar biofidèle** : représentation de l'opérateur dans le monde virtuel qui reproduit les caractéristiques biomécaniques du corps humain.

**Gyroscopique** : capte la position (selon un, deux ou les trois axes) et la vitesse angulaire, par rapport à un référentiel.

**Haptique** : à retour d'efforts, qui répercute les forces (comme le poids) et les chocs.

**Tracker** : capturer les mouvements.



On cherche !



Simulation interactive d'un chantier d'assainissement-démantèlement, afin de valider la faisabilité des opérations, les scénarios d'intervention et la conception des équipements mis en œuvre.

## EXPLORER LA RÉALITÉ VIRTUELLE, DANS QUELS BUTS ?



### VOIR ET MANIPULER

des objets imaginaires : les chercheurs et les utilisateurs peuvent ainsi laisser libre cours à leur créativité !



### VÉRIFIER ET VALIDER

les concepts, les process, les produits avant la réalisation d'un prototype. Tester une maquette numérique avant de passer à une maquette réelle fait économiser du temps et de l'argent !



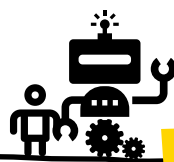
### FORMER

à de nombreux métiers nécessite d'acquieser le « geste parfait » et les interfaces haptiques participent à cet entraînement, par exemple pour des opérations de peinture, de pilotage, de chirurgie... voire d'apprentissage en auto-école. Ces simulateurs peuvent aider à soigner les phobies. Ils sont aussi de précieux outils pour apprendre à réagir aux situations de crise et à divers aléas.



### Étudier ET DIAGNOSTIQUER

les postes de travail, établir leur cotation ergonomique. Les chercheurs peuvent évaluer la pénibilité des tâches, repérer les postures pouvant entraîner des troubles musculo-squelettiques, et ainsi contribuer à les prévenir ou à concevoir des cobots d'assistance physique.



## MY NAME IS BOT, COBOT

Le mot « cobot » est la combinaison de « collaborative » et « robot ». Il existe une réelle interaction entre la machine et l'opérateur, grâce à laquelle ce dernier gagne en dextérité, en puissance, en sûreté, en précision et en perception, et qui allège aussi ses efforts et la pénibilité des tâches. Une startup propose des cobots d'assistance qui reproduisent parfaitement les efforts de l'opérateur et assurent la répétitivité de tâches plus ou moins minutieuses.

### LEXIQUE

**Cave :** pour Cave Automatic Virtual Environment ; salle immersive en 3D.

**Cotation ergonomique :** évaluation des postures des membres, du cou et du tronc selon une grille d'observation.





Responsable  
des partenariats  
industriels

**STÉPHANE  
DAVID**

« Dans la  
réalité virtuelle,  
on vit une époque  
formidable ! »

### QUELLE EST VOTRE MISSION ?

C'est d'être un trait d'union entre les laboratoires et les industries, de rapprocher les activités de recherche de celles des utilisateurs. Nos idées se concrétisent pour faciliter leur quotidien.

### COMMENT ÉTABLISSEZ-VOUS CE LIEN ?

Tout part des besoins des industriels ; nous recherchons les meilleures combinaisons de technologies à même d'y répondre. S'il s'agit de formation, par exemple, nous pouvons construire, au travers de la maquette numérique d'un environnement ou d'un poste de travail, une expérience interactive spécifique pour l'opérateur. Mais notre stratégie n'est pas uniquement basée sur ces besoins ; nous devons garder une excellence scientifique amont du meilleur niveau mondial. Au quotidien, les équipes partagent leurs efforts entre cette recherche académique et la réponse aux industriels.

### Y A-T-IL EU RÉCEMMENT DES NOUVEAUTÉS MARQUANTES ?

Il y a trois ou quatre ans, le **Cave** était l'unique moyen de réaliser une expérience immersive. Mais c'est un moyen onéreux et lourd à mettre en œuvre. Il y a eu une rupture fondamentale avec l'arrivée des casques immersifs, qui ont démocratisé la technologie en la rendant accessible à tous. Nous sommes dans cette phase de « révolution » et nombre de promesses sont encore devant nous. Nous sommes à l'aube de ce que sera l'intégration de la réalité virtuelle dans la formation, la conception de postes de travail, le diagnostic ergonomique... Les technologies tendront vers toujours plus de temps réel et de réalisme visuel. Les interfaces deviendront plus largement multisensorielles. Par exemple, des gants procureront une sensibilité très fine au toucher d'éléments ou de personnages virtuels.

### QUE DIRIEZ-VOUS À UN JEUNE POUR QU'IL REJOIGNE VOS ÉQUIPES ?

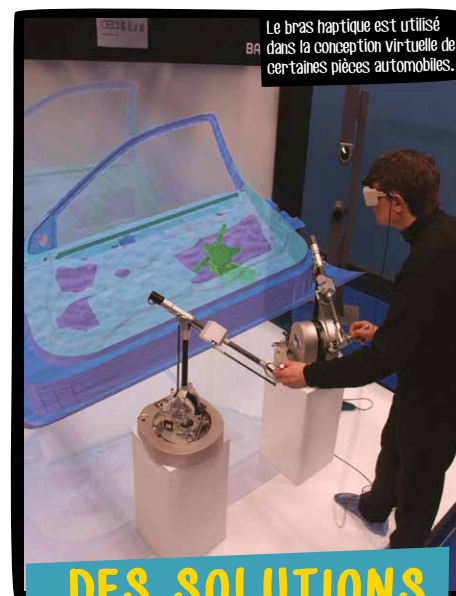
La réalité virtuelle offre toute la richesse des activités numériques : logicielles, graphiques... sous-tendues par les mathématiques appliquées. Il y a de nombreux défis dont le résultat se voit rapidement ! Passer d'une idée à une réalisation tangible rend notre activité très attractive.

La réalité virtuelle est une technologie en développement qui contribue à la transition numérique du monde industriel, pour que l'usine du futur commence dès que possible. C'est un plaisir, de participer à cet élan-là !



RETROUVEZ L'INTÉGRALITÉ  
DE L'INTERVIEW SUR **cea.fr**

Les  
SAVANTURIERS



Le bras haptique est utilisé  
dans la conception virtuelle de  
certaines pièces automobiles.

### DES SOLUTIONS POUR TOUS LES SECTEURS ÉCONOMIQUES

Les chercheurs, techniciens, ingénieurs et thésards imaginent déjà les usines du futur. Par exemple, en utilisant les briques logicielles développées en R&D, ils interviennent dès la conception du projet ou le procédé de fabrication, la mise au point de la solution logicielle et/ou technologique (robots collaboratifs)... jusqu'à son intégration chez des industriels. Parmi eux, de grands constructeurs automobiles et, pour la partie grand public, des concepteurs de salles d'arcade et de jeux vidéo avec lesquels sont menés des projets collaboratifs de serious game. Certaines sociétés spécialisées dans les outils d'évaluation HSE (Hygiène - Sécurité - Environnement) ont montré comment la cotation ergonomique pouvait contribuer à modifier le design d'un poste de travail. Elles se sont appuyées sur les recherches du CEA pour proposer des solutions, concernant notamment les troubles musculo-squelettiques.

Les équipes s'attachent aussi à préparer et aider des interventions en milieu hostile, par exemple pour des chantiers de démantèlement d'installations nucléaires. Le projet Maestro au CEA comporte ainsi des solutions logicielles (salle de réalité virtuelle 3D immersive) et technologiques (équipements téléopérés sur une maquette réelle à l'échelle 1).

Plus en amont, la réalité virtuelle intéresse aussi la recherche et développement ; par exemple dans le secteur de la santé pour la modélisation de nouvelles molécules. ●

### FORMATION

BAC S À CHAMBÉRY  
DOCTORAT DE PHYSIQUE  
À L'UNIVERSITÉ DE GRENOBLE  
DIPLOME HEC « EXECUTIVE MBA »







## Comment on fait

### LA RÉALITÉ VIRTUELLE, UN MAILLON DE LA CHAÎNE PROJET !

**L**a réalité virtuelle, chasse gardée des informaticiens ? Au contraire, pour répondre à un industriel, il faut procéder par étapes en associant de multiples compétences.

Les mathématiques appliquées et le développement d'algorithmes sont au cœur de l'expertise. Les informaticiens développent les savoirs génériques et les briques logicielles de base.

Puis, des spécialistes en robotique, mécatronique, mécanique, électronique, automatique, contrôle-commande, physique et sciences cognitives... prennent le relais.

Auprès des industriels, ils étudient les opérateurs sur leur poste de travail. De retour au laboratoire, ils analysent les gestes, postures et efforts développés afin de simuler, à partir des éléments de base, la solution la plus adaptée car personnalisée.

Pour cela, ils utilisent les briques déjà mûrées jusqu'au TRL 5... pour les adapter, les assembler et aboutir à une « preuve de concept », un préprototype correspondant à un ou des cas d'usages industriels.

Dernière étape : le produit final est fabriqué par un partenaire, fournisseur de solutions technologiques (ou « techno provider »), qui le commercialise pour un usage final industriel. ●



#### DESCRIVEZ-NOUS VOTRE MÉTIER

Dans le cadre de projets de recherche innovants et intéressants menés avec des industriels, nous développons des briques logicielles de R&D pour répondre à chaque besoin spécifique. Au quotidien, il faut faire de la programmation, du graphisme via des logiciels de jeu vidéo ou de CAO (conception assistée par ordinateur)... et tester ces solutions dans des salles immersives.

Au sein de notre équipe de 15 personnes, chacun développe ses briques, qui sont indépendantes mais intégrées dans une même base logicielle. Par exemple, la capture de mouvements dans l'espace via des capteurs inertiels et optiques ; l'humain numérique, c'est ma spécialité.

Ingénieur chercheur

**VINCENT WEISTROFFER**

#### FORMATION

BAC S

CLASSES PRÉPARATOIRES

ÉCOLE D'INGÉNIEURS, OPTION ROBOTIQUE ET AUTOMATIQUE

THÈSE EN ROBOTIQUE ET RÉALITÉ VIRTUELLE À L'ÉCOLE DES MINES DE PARIS

**2020** : des marchés gigantesques et des montants impressionnants au niveau mondial

RÉALITÉ AUGMENTÉE

**100 Md€**

RÉALITÉ VIRTUELLE

**25 Md€**

étude Digi-Capital, oct. 2015

### FAIRE MÛRIR DES IDÉES JUSQU'AUX PRODUITS INDUSTRIELS







## DU BESOIN INDUSTRIEL À LA SOLUTION NUMÉRIQUE

« La réalité virtuelle, c'est rigolo et sympa... »

### QU'EST-CE QUI VOUS PASSIONNE ?

J'aime l'aspect multidisciplinaire de mon travail. Nos simulations vont être appliquées aux domaines de l'automobile, de l'aéronautique et du médical. Pour le grand public, nous travaillons avec des concepteurs de jeux vidéo, des startups aux entreprises leaders du domaine.

### EST-CE UNE VOCATION ?

J'ai découvert la réalité virtuelle lors d'un stage de fin d'études. J'ai trouvé ça rigolo, sympa... Et petit à petit, j'y ai pris goût, et comme j'ai développé mes propres logiciels, cela m'a incité à aller encore plus loin.

### QUE DIRIEZ-VOUS À DES JEUNES POUR QU'ILS VIENNENT TRAVAILLER AVEC VOUS ?

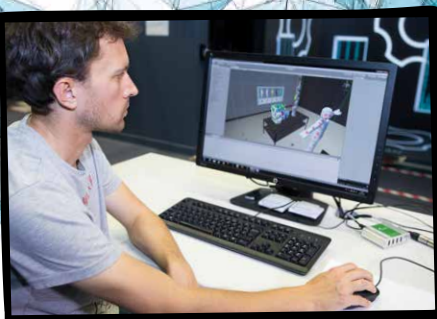
Si vous êtes motivé, curieux, créatif, que vous avez un imaginaire débordant tout en étant rigoureux, la réalité virtuelle est faite pour vous !



**Laurent**, équipé de capteurs, effectue une activité de perçage, et Guillaume capture ses gestes.



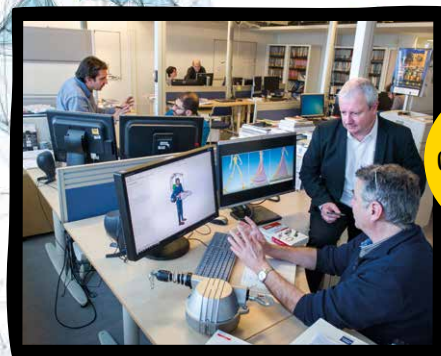
**Laurent**, immergé dans une scène virtuelle, reproduit les gestes liés à un poste de travail.



**Vincent** analyse les mouvements de son avatar pour établir une cotation ergonomique du poste.



**Olivier et Julie** testent, grâce au bras à retour d'efforts du démonstrateur, la faisabilité d'une tâche qui sera téléopérée en situation réelle.



**Yann et Dominique** travaillent à la conception d'un cobot.



**Benoît et Yann** vérifient la conformité des pièces lors de l'assemblage d'un élément cobotique.

L'échelle TRL (technology readiness level) évalue le niveau de maturité technologique en neuf étapes, de la recherche fondamentale et appliquée à l'industrialisation. De 1 à 3, les chercheurs partent d'un concept et en établissent la preuve expérimentale. De 4 à 6, un prototype est construit et testé dans un environnement opérationnel semi-industriel. De 7 à 9, une fois caractérisé et validé, le prototype devient un produit de série installé dans le milieu industriel.

Les équipes du CEA font le lien entre chercheurs et industriels ; leurs travaux se situent des étapes 3 à 7.



DÉCOUVREZ LES COULISSES  
DU LABORATOIRE EN VIDÉO  
SUR **cea.fr**



## Interactivité enrichie entre réel et virtuel

Aujourd'hui de nombreuses applications industrielles et grand public utilisent déjà la réalité augmentée. Le principe est simple : incruster, superposer à des scènes réelles des images fixes ou animées, des textes mais aussi des sons. Il existe déjà des applications dans le tourisme : monuments et restaurants sont ainsi décrits sur l'écran des smartphones en temps réel.

Un cran supplémentaire sera franchi avec la réalité mixte : il sera possible d'interagir avec des images virtuelles (personnages, objets...) qui apparaîtront dans le monde réel. Par exemple, on pourra valider sur une pièce ou un environnement industriel réel des éléments virtuels en situation (mouvement de pièces, équipements, éléments du process, configuration d'un poste...).



Scénario : Félix Elvis Le Pottier - dessins : Guillaume Penchinat

**ENVIE D'EN SAVOIR PLUS SUR LA RÉALITÉ VIRTUELLE,  
DÉCOUVREZ LES RESSOURCES DIGITALES SUR**



**[cea.fr/go/savanturiers](http://cea.fr/go/savanturiers)**

## À LIRE



Éditions Le Pommier

## SITES

CEA :

**[www.cea.fr](http://www.cea.fr)**

CEA jeunes :

**[www.cea.fr/jeunes](http://www.cea.fr/jeunes)**

CEA Enseignants :

**[www.cea.fr/enseignants](http://www.cea.fr/enseignants)**

Les Savanturiers :

**[cea.fr/go/savanturiers](http://cea.fr/go/savanturiers)**

**Éditeur :**  
Commissariat à l'énergie atomique  
et aux énergies alternatives,  
RCS Paris B 775 685 019

**Directeur de la publication :**  
Xavier Clément

**Conseiller scientifique :**  
Stéphane David

**Ont participé à ce numéro :**  
Laurent Chodorge, Margaux Israël,  
François Keith, Florence Klotz,  
Lucia Le Clech, Elisabeth Lefevre-Rémy,  
Vincent Weistroffer.

**Infographies :** p.2-3 : Antoine Levesque  
p.6 : Fabrice Mathé (Les Défis du CEA octobre 2015)

**Crédits :** C.Dupont, L.Godart, S.Le Couster, C.Meireis,  
F.Rhodes, P.Stroppa, Thinkstock

**Animation :** Gary Levesque  
**Création, réalisation :** Alexandre Cheyrou  
**Secrétariat de rédaction :** Ellipse  
**Impression :** Valblor - Décembre 2017  
ISSN 2271-6262



Nous remercions Fabienne  
Chauvière d'avoir accepté  
que nous empruntons le titre  
de son émission.

