

# CONCOURS INTERNE DE BIBLIOTHÉCAIRE TERRITORIAL

SESSION 2017

ÉPREUVE DE NOTE DE SYNTHÈSE

## SCIENCES EXACTES ET NATURELLES ET LES TECHNIQUES

ÉPREUVE D'ADMISSIBILITÉ :

**Une note de synthèse, établie à partir d'un dossier portant, au choix du candidat, soit sur les lettres et les sciences humaines et sociales, soit sur les sciences exactes et naturelles et les techniques, soit sur les sciences juridiques, politiques ou économiques.**

Durée : 3 heures

Coefficient : 2

### À LIRE ATTENTIVEMENT AVANT DE TRAITER LE SUJET :

- ♦ Vous ne devez faire apparaître aucun signe distinctif dans votre copie, ni votre nom ou un nom fictif, ni initiales, ni votre numéro de convocation, ni le nom de votre collectivité employeur, de la commune où vous résidez ou du lieu de la salle d'examen où vous composez, ni nom de collectivité fictif non indiqué dans le sujet, ni signature ou paraphe.
- ♦ Sauf consignes particulières figurant dans le sujet, vous devez impérativement utiliser une seule et même couleur non effaçable pour écrire et/ou souligner. Seule l'encre noire ou l'encre bleue est autorisée. L'utilisation de plus d'une couleur, d'une couleur non autorisée, d'un surligneur pourra être considérée comme un signe distinctif.
- ♦ Le non-respect des règles ci-dessus peut entraîner l'annulation de la copie par le jury.
- ♦ Les feuilles de brouillon ne sont en aucun cas prises en compte.

**Ce sujet comprend 35 pages.**

**Il appartient au candidat de vérifier que le document comprend le nombre de pages indiqué.**

*S'il est incomplet, en avertir un surveillant.*

Vous êtes bibliothécaire territorial dans la commune de Cultureville.

Le directeur de la bibliothèque vous demande de rédiger à son attention, exclusivement à l'aide des éléments du dossier, une note de synthèse sur la réalité augmentée.

#### Liste des documents :

- Document 1 :** #PokemonGO : l'important c'est pas la (Pika)chute... – *Olivier Etzscheid – Affordance.info* – 12 juillet 2016 – 4 pages
- Document 2 :** HoloLens, le casque de réalité augmentée par Microsoft – *Damien Hypolite – Sciences et Avenir* – mis à jour le 31 mars 2016 – 2 pages
- Document 3 :** Réalité augmentée : des lentilles multifonctions – *Marc Zaffagni – Futura-sciences* – 6 septembre 2016 – 2 pages
- Document 4 :** L'émergence de la réalité augmentée, à la frontière du réel et du virtuel - *Jacques Lemordant, Jean-Dominique Gascuel et Isabelle Bellin – Collection « 20 ans d'avancées et de perspective en sciences du numérique », INRIA* – 29 novembre 2012 – 2 pages
- Document 5 :** Réalité augmentée et jeu mobile pour une éducation aux sciences et à la technologie – *Sylvie Barma, Michael Power et Sylvie Daniel – Culture.numerique.free.fr* – 2010 – 8 pages
- Document 6 :** Une pédagogie active basée sur l'utilisation de la Réalité Augmentée : observations et expérimentations scientifiques et technologiques, apprentissages technologiques – *Jean-Marc Cieutat, Olivier Hugues, Nehla Ghouaïel, Sébastien Bottecchia – Journées de l'association française de Réalité virtuelle, augmentée et mixte et d'interaction 3D* – Estia, Bidart – Octobre 2011 – 4 pages
- Document 7 :** Réalité augmentée : entre mythes et réalités (extraits) – *Marie-Odile Berger et Gilles Simon – Interstices.info* – 31 mars 2016 – 4 pages
- Document 8 :** Le bac à sable à réalité augmentée : tournée nationale 2014 – *Inmédiats* – 7 mars 2014 – 1 page
- Document 9 :** La réalité augmentée – *Gilles Simon – Magazine de l'Académie Lorraine des sciences* – 2013 – 6 pages

#### Documents reproduits avec l'autorisation du CFC

*Certains documents peuvent comporter des renvois à des notes ou à des documents non fournis car non indispensables à la compréhension du sujet.*

## #PokemonGO : l'important c'est pas la (Pika)chute...

Olivier Etzscheid – *Affordance.info* – 12 juillet 2016

Donc tout le monde parle actuellement du phénomène Pokemon Go. Si vous êtes en cure de Digital Detox ou habitez dans une grotte il s'agit d'un jeu sur smartphone consistant à chercher (et à attraper) des Pokemons dans le monde réel. L'interface utilise votre GPS et vous pouvez donc traquer et localiser "dans le monde réel" des petites bestioles cachées. Et votre smartphone se met à vibrer chaque fois que vous passez à proximité d'un pokémon. Génie.

Évacuons d'abord ce dont toute la presse a déjà parlé.

Oui, l'avenir du jeu vidéo passe par les applications, les smartphones et les dispositifs de réalité augmentée davantage que par les consoles. Dont acte.

Oui, Pokemon Go bat tous les records en termes de nombre d'installations, de bénéfices nets pour Nintendo, et compterait déjà plus d'utilisateurs que Tinder (sur Android). Dont acte.

Oui cette popularité atteint des sommets au point que la requête "Pokemon Go" est plus populaire que la requête "porn". Dont acte.

Oui, il y a déjà plein d'histoires rigolotes ou sordides qui contribuent à forger la légende du jeu, la plus célèbre étant celle de cette joueuse qui est tombée sur un (vrai) cadavre en cherchant des Pokemons. Mais on a aussi les chutes de Skateboard suite à l'apparition inattendue d'un Pokemon. Et des braquages à main armée à l'aide d'un module leurre qui vous fait croire qu'il y a plein de pokémons à un endroit donné pour mieux pouvoir vous y attirer et vous braquer tranquillement. Et il y en aura encore plein d'autres dans les jours et les semaines à venir. Ainsi que d'inévitables Hoaxs. Dont acte.

Oui, Pokemon Go pose d'énormes problèmes en termes de confidentialité et de sécurité. Puisque l'interface "monde réel" est fabriquée par la société Niantic, start-up directement issue de Google, et que pour vous inscrire et jouer il vous faudra donc passer par votre compte Google et ainsi autoriser l'application (et la société Niantic et donc la société Nintendo éditrice du jeu ...) à accéder à vos emails, vos documents partagés, etc. Faille de sécurité somme toute assez classique dans ce genre d'application mais dont tout le monde s'est ému vu l'ampleur du phénomène et qui serait en train d'être corrigée ... Dont acte.

Venons-en maintenant à ce qui m'intéresse et à la raison qui fait que ce "phénomène" me semble dépasser le simple Buzz estival et pourrait bien acter un passage, une transition, un nouveau seuil dans nos habitus numériques, à l'échelle de ce que représentèrent l'invention et le déploiement de Google Maps.

Le monde comme plateau de jeu.

Google Maps date de 2004 et dès l'année 2005 le monde était devenu un plateau de jeu.

L'histoire du web et d'internet est d'abord une histoire de la cartographie, la tentative de faire entrer le monde sur un bout de papier ou dans l'espace d'une page, fût-elle une page web, fût-elle une page de "résultats" :

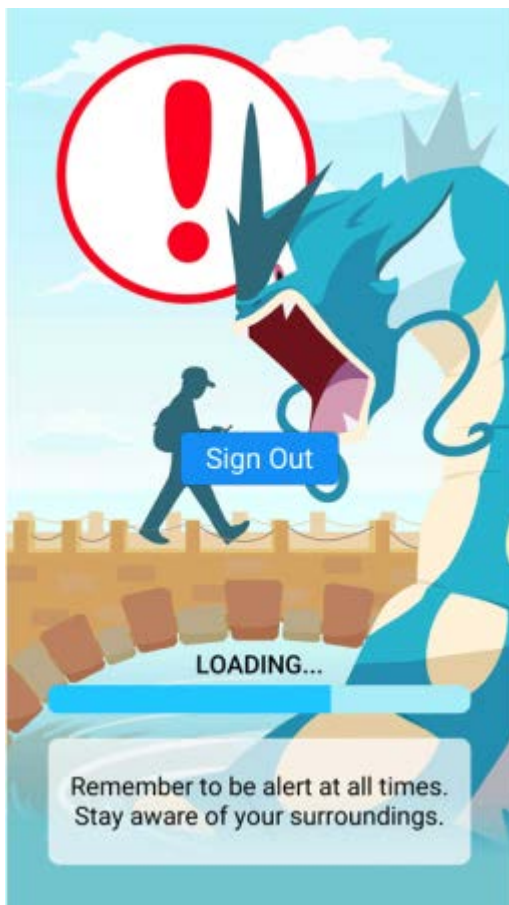
*"Il n'y a rien que l'homme soit capable de vraiment dominer : tout est tout de suite trop grand ou trop petit pour lui, trop mélangé ou composé de couches successives qui dissimulent au regard*

ce qu'il voudrait observer. Si ! Pourtant, une chose et une seule se domine du regard : c'est une feuille de papier étalée sur une table ou punaisée sur un mur. L'histoire des sciences et des techniques est pour une large part celle des ruses permettant d'amener le monde sur cette surface de papier. Alors, oui, l'esprit le domine et le voit. Rien ne peut se cacher, s'obscurcir, se dissimuler." Bruno Latour, Culture technique, 14, 1985 (cit par Christian Jacob dans L'Empire des cartes, Albin Michel, 1992).

A la hiérarchisation proposée par les moteurs de recherche pour les informations, à la mise en relation proposée par les réseaux sociaux pour les profils, s'ajoutèrent les logiques d'orientation et de projection proposées par les services de cartographie comme Google Maps, avant, qu'enfin, ces derniers ne soient investis d'une dimension non plus simplement hiérarchique (moteurs de recherche), d'une "socio-logique" (réseaux sociaux), ou géographique (Google Maps) mais essentiellement ludique, dans une 4ème dimension rassemblant les 3 premières : **l'expérience de jeu proposée par Pokemon Go repose sur une hiérarchie d'actions (le scénario du jeu), sur une "socio-logique" (environnement multi-joueur coopératif), et sur une "géo-graphie" littérale c'est à dire une inscription de différentes instructions / personnages (graphies) dans l'espace (géo-)graphique.**

L'important c'est pas la (Pika)chute, c'est l'atterrissage.

Truquer le réel. Pris dans la contemplation de son écran, ou demain de son casque de réalité augmentée, et se baladant dans le monde réel ainsi "augmenté" à la recherche de Pokemons, qu'advient-il si la cartographie GPS comporte une erreur ou une défaillance de mise à jour et, par exemple, oublie de vous signaler que nous n'êtes pas à 150 mètres du bord d'une falaise mais à seulement 1,50 mètres ? Bon vous allez me dire que je joue encore les Cassandra, mais ce n'est pas un hasard si, bien conscients du caractère immersif de leur jeu, Niantic Labs et Nintendo avertissent régulièrement les joueurs *"de rester parfaitement alertes et conscients de leur environnement à tout instant ..."*



Un message d'ailleurs paradoxal puisqu'on ne sait pas s'il a pour objet d'ancrer la réalité du jeu (= des pokemons peuvent surgir à tout instant) ou s'il est une injonction de rappel au réel (= faites gaffe où vous mettez les pieds et pensez à arrêter de regarder votre smartphone de temps en temps).

Pokemon Go s'inscrit à la charnière de l'économie de l'attention et de l'économie de l'occupation. Économie de l'attention parce qu'il est un formidable capteur et creuset d'attention. Et économie de l'occupation au double sens du terme puisqu'il nous "occupe" et nous relance en permanence au moyen de ces contremaîtres cognitifs que sont les notifications (votre smartphone vibre à chaque fois que vous passez à proximité d'un Pokémon ...) mais aussi parce qu'il "occupe" ce tiers-espace né de l'hybridation entre la réalité et sa version "augmentée" à l'aide de personnages en quête d'auteurs de dresseurs.

S'il existe de plus en plus de dispositifs de réalité augmentée et si le champ des possibles (et du Business) est considérable, l'inscription de ces dispositifs dans le champ et l'espace public va nourrir un grand nombre de débats. Certaines applications, comme la bluffante GVBeestje sont légitimes dans leur aspect ludique en ceci qu'elles s'adressent à des individus / usagers en situation

d'attente et cognitivement disponibles et ouverts ou carrément "en attente et en recherche" de différentes formes distraction et d'occupation.



GVBeestje from Daniel Disselkoen on Vimeo.

D'autres, comme Pokemon Go, si elles sont tout aussi légitimes font cependant débat car elles posent la désormais classique question de la "redevabilité" algorithmique et du niveau de confiance que nous leur accordons (aux algorithmes à l'origine de ces réalités "augmentées") : naviguant ainsi dans le vrai monde en s'appuyant sur des technologies de virtualisation de l'espace le joueur de Pokemon Go est en quelque sorte en situation de pilotage automatique. Il est concentré sur l'action de jeu telle que représentée dans la virtualisation de la carte

(localiser des pokemons) et pas sur les obstacles qui peuvent se présenter à lui sur le territoire. A *fortiori* quand ce genre de jeu ou d'application se jouera avec des casques immersifs ou des dispositifs connectés (une opportunité en or pour un revival des Google Glasses ?) qui mixeront deux niveaux de perception différents de la réalité. Pour l'instant ce n'est pas le cas et on joue encore à Pokemon Go avec un oeil sur l'écran du smartphone et un autre sur le monde qui nous entoure, oeil que l'on nous recommande de garder "*alerte et conscient*", mais cela ne saurait tarder...

Et si des gens ont été capables de se foutre en l'air du haut d'une falaise en voulant prendre un selfie, on imagine, hélas, ce qu'il pourrait en être de l'accidentologie Pokemonienne. D'autant que, à l'échelle d'une autre forme de pilotage automatique algorithmique (celle des voitures sans conducteur) on commence également à déplorer des accidents mortels.

**Deux niveaux de risque apparaissent donc clairement** : primo celui d'un environnement immersif qui vous empêche de recevoir les signaux d'alerte habituels envoyés par vos 5 sens dans le monde réel, et deuxio celui d'un environnement hybridé dans lequel des instructions ou des personnages "numériques" apparaissent "dans" la réalité, en sur-impression de celle-ci et interfèrent directement avec elle, donnant lieu à de nouvelles sensations kinesthésiques pleines de potentiel mais également pleines d'un certain nombre de risques (l'accidentologie des "piétons-zombies" étant connue et documentée depuis au moins 2013).



(1<sup>ère</sup> Pokemon Car autonome sans pilote)

Dans cet environnement hybridé le risque est notamment celui du "surgissement", de l'apparition aléatoire et en situation peu propice d'un Pokémon (ou d'une autre bestiole) : on pense bien sûr immédiatement aux situations de conduite mais elles ne sont pas les seules (on a trouvé des Pokémon en salle d'accouchement, dans un stade en plein match de Baseball, à un enterrement, sur des terrains d'entraînement militaires, sans parler de ces hordes de gamins connectés qui se mettent à sonner chez vous parce qu'il ont perdu leur ballon aperçu un Pikachu dans votre jardin).

La question n'est pas tant de savoir "où" apparaissent lesdits Pokémon que de s'interroger sur la capacité de la personne les apercevant à interrompre et à interférer avec une situation donnée (qu'elle soit une situation de soin, de conduite, un rituel social, etc.) Aucun endroit n'est hors-limite.

## Schizo-haptie.

Ce qui m'amène à l'essentiel. Il y a quelques temps de cela (Juin 2015), je posais ici le concept de "schizo-haptie" défini de la manière suivante :

*"Quand nombre d'entre nous sont aujourd'hui incapables de se passer de leurs smartphones, de "lâcher" cet objet, quand et surtout comment serons-nous demain capables de nous affranchir de nos corps-interfaces pour revenir à plus naturelles synesthésies qui risquent de nous apparaître comme "dégradées" puisque non-augmentées ? Le hold-up du haptique sur tout autre mode d'interfaçage avec le monde et les objets techniques pourrait également donner naissance à de passionnantes études sur l'interface ... des faux-mouvements. Aux pathologies actuelles du numérique, à la nomophobie, à la FOMO, à l'algorithmophobia, faudra-t-il rajouter une nouvelle forme de schizophrénie (du grec "schizein = fendre" et "phrên = esprit") dénommée **"schizo-haptie", une schizophrénie du mouvement et de l'ensemble de la panoplie des "gestes-contrôle" ?**"*

L'avènement de Pokemon Go est l'incarnation de cette schizo-haptie à l'échelle de la sphère vidéo-ludique, terrain d'expérimentation privilégié pour les marques, et sphère déterminante dans nombre de nos comportements et habitus sociaux. Et qui nécessite a minima un petit temps d'apprentissage :



De la même manière que l'Homme Augmenté est d'abord un homme diminué (handicapé, mutilé, et "augmenté" au moyen de diverses prothèses), la réalité augmentée, qu'elle soit ludique (Pokemon Go) ou fonctionnaliste (écrans des voitures autonomes par exemple) fige de la même manière un postulat de réalité diminuée ou dégradée ; une réalité qui serait insuffisamment ludique, insuffisamment actionnable alors même que nous disposons de (carto)graphies du numérique à l'échelle du territoire réel. Des cartographies souvent littéralement "para-doxales" c'est à dire contre le discours (ou l'espace discursif) du monde

réel. Le monde comme (manque de) volonté (propre) et comme représentations (augmentées et sous contrôle). De Schopenhauer à Gibson, aux portes du cyberspace :

*"une hallucination consensuelle vécue quotidiennement en toute légalité par des dizaines de millions d'opérateurs, dans tous les pays, (...) une représentation graphique de données extraites des mémoires de tous les ordinateurs du système humain."*

### Avec des pokémons.

Nous ne sommes plus très loin de l'univers de l'auteur de science-fiction Roland C. Wagner dans lequel des Toons (personnages de dessins animés) issus de la cybersphère envahissent régulièrement la réalité en y déclenchant tout un tas de catastrophes.

Nous avons en 2016 à notre disposition un monde de Pokémons. Où l'important n'est pas la (Pika)chute, mais... la panoplie des gestes-contrôle qui permettront, non pas de les attraper, mais de déterminer ce que seront les temps de notre présence au monde réel et ceux dédiés aux fictions vidéos-ludiques qui permettront de l'agrémenter ... ou d'en dégrader l'expérience utilisateur.

# HoloLens, le casque de réalité augmentée par Microsoft

Par [Damien Hypolite](#) – Sciences et Avenir – Le 22.01.2015 | Mis à jour le 31.03.2016

**Le géant américain vient de frapper un grand coup, avec la présentation d'un casque haute-technologie très prometteur.**



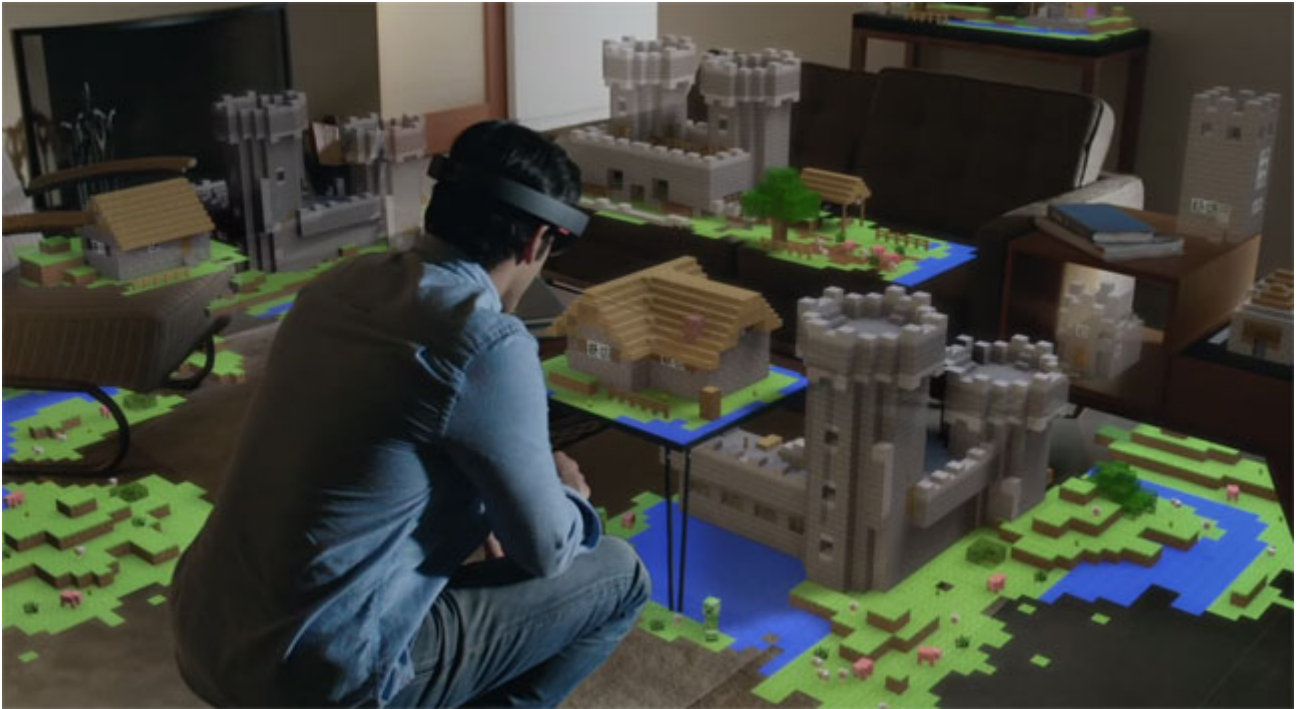
Casque de réalité augmentée HoloLens MICROSOFT

Alors même que Google vient d'annoncer l'arrêt de la production de ses Google Glass, son projet de lunettes de réalité augmentée, Microsoft s'engouffre dans le segment avec un projet à l'approche différente. Là où Google proposait d'afficher une couche d'informations par-dessus la vision de l'utilisateur en 2 dimensions, Microsoft a fait la démonstration d'un système de réalité augmentée, HoloLens, où des objets en 3D viennent se positionner directement dans l'environnement de l'utilisateur. Ces objets en 3D, qu'ils soient des interfaces, des écrans, ou des éléments de jeu vidéo peuvent être manipulés par le porteur du casque. S'appuyant sur des techniques que l'on peut imaginer avoir été empruntées au Kinect de la XboxOne (la console de jeu de Microsoft). Le casque permet, via des capteurs et des caméras intégrées, de reconstruire en 3D l'environnement de l'utilisateur, et d'y ajouter en temps réel et de manière convaincante des éléments et des objets virtuels.

Présenté lors d'une conférence Microsoft consacrée au nouveau système d'exploitation Windows 10, HoloLens se démarque non seulement des Google Glass (que l'utilisateur est sensé porter au quotidien) mais aussi d'autres projets concurrents que sont l'Oculus Rift, ou encore Morpheus Sony, deux casques de réalité virtuelle qui nécessitent d'être raccordés à un ordinateur ou une console pour fonctionner.

Les ingénieurs de Microsoft l'assurent, HoloLens est un ordinateur à part entière qui fonctionne sans fil, sans câble et sans téléphone portable. Objets différents, usages différents. L'HoloLens ne semble pas être prévu pour quitter la maison ou le bureau, ses verres transparents n'isolent pas non plus son utilisateur qui peut continuer à interagir avec son environnement extérieur.

## Entre promesses et véritables usages



La promesse est belle et alléchante, quel joueur de Minecraft n'a jamais rêvé de voir ses créations en blocs se retrouver sur sa table de salon, et pouvoir interagir avec tout ce petit monde directement avec le doigt ? Ou encore pouvoir tester dans un bureau d'études un nouveau design immédiatement en mêlant modèles physiques et virtuels. Ces démonstrations hier encore du domaine de la science-fiction semblent être aujourd'hui réalité. Ces usages encore « un peu gadget » rencontreront-ils un vrai public ? Le port du casque et son poids permettront-ils un usage confortable ? Certains semblent déjà y croire, la NASA emballée par le projet a conclu un partenariat avec Microsoft afin de mettre au point un logiciel d'exploration de Mars via l'HoloLens, envisageant même à terme de contrôler Curiosity via ce dispositif...

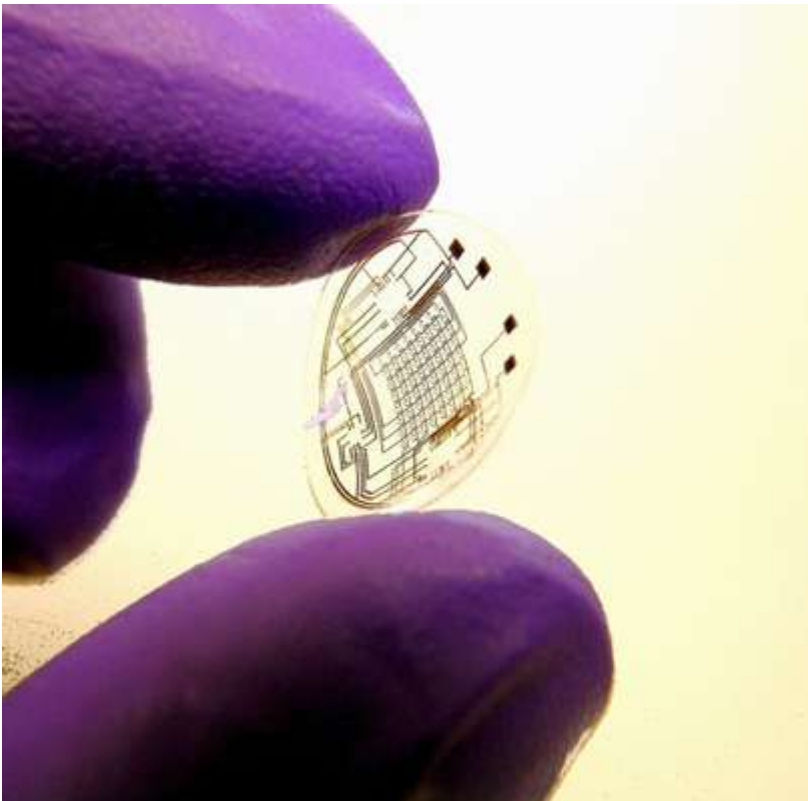


## Réalité augmentée : des lentilles multifonctions – Marc Zaffagni – Futura-sciences – 6 septembre 2016

**Avec la réalité augmentée, le monde réel et le monde virtuel s'entremêlent. Ces données viennent compléter les informations que l'Homme perçoit habituellement de son environnement. Tour d'horizon des différentes possibilités.**

Babak Parviz et ses collègues de l'Université de Washington ont été parmi les pionniers de la **réalité augmentée**. Ils ont élaboré une lentille permettant d'afficher des informations virtuelles. Depuis, le chercheur est passé chez **Google** et est à l'origine du développement des fameuses **Google Glass**. Même si ce prototype n'a pas eu de suite commerciale, ces lunettes illustrent les pistes suivies pour informatiser les accessoires ou les vêtements que nous portons. Babak Parviz travaille actuellement chez Amazon. Dans les années à venir, ces travaux originels deviendront bien plus concrets. Retour sur les prémices...

« Nous travaillons à convertir des **lentilles de contacts** en micro-systèmes fonctionnels », expliquait en 2009 Babak Parviz. Pour l'heure, les **lentilles** de contacts sont des morceaux de **polymères** moulés dans une certaine forme afin de corriger la vision. En intégrant de l'électronique, de la photonique et d'autres composants à l'échelle micro et nano sur les lentilles de contact, nous espérons changer de manière fondamentale l'usage de ces objets. »



La lentille de réalité augmentée de l'équipe de Babak Parviz, réalisée en 2009. © DR

Le fait qu'une lentille de contact soit composée de polymères est un point important car il a déjà été possible de réaliser des circuits électroniques sur de telles substances. D'où la perspective suivie par Parviz de plaquer des informations intelligentes sur une surface aussi miniaturisée. Le problème rencontré par les chercheurs de l'Université de Washington est lié à la miniaturisation des composants et à la difficulté d'assemblage à une telle échelle.

« Afficher des informations sur une lentille n'a jamais été réalisé auparavant. Nous devons à la fois bâtir des composants extrêmement petits et des méthodes permettant de les intégrer sur une lentille de contact, de leur fournir de l'énergie, de nous assurer qu'ils

puissent produire une image et opérer d'une façon qui soit bio-compatible, » ajoute Parviz.

L'équipe de Babak Parviz a opté pour des techniques d'auto-assemblage d'éléments nanométriques saupoudrés sur la lentille, chaque composant électronique ne pouvant se placer qu'à un endroit précis de par sa propre forme et celle exacte du point d'accueil, avec l'utilisation d'un phénomène proche de la **capillarité** pour les amener à s'agglutiner. Il en résulte une lentille

intégrant un circuit métallique ultra miniaturisé avec au centre un carré d'un tiers de millimètre qui fait office d'écran.

L'étape suivante va consister à insérer un **capteur** Wi-Fi dans la lentille et une source d'énergie qui pourrait avoir une source solaire. Une fois cette liaison vers le **Web** ou un **ordinateur**, toutes sortes de données pourraient atterrir sur le champ de vision.

Une fois que la lentille sera en mesure d'envoyer ce qui est perçu à un ordinateur, lui adresser en retour des informations de réalité augmentée ne sera qu'une formalité. Ainsi lors de la visite d'un musée, lorsque l'on passera devant un tableau, un commentaire pourrait apparaître sur l'œuvre. Au niveau urbain, les lentilles pourraient servir de guide pour déambuler dans une cité. À peine enfilées, elles enrichiraient le monde extérieur d'informations précieuses : nom d'une rue, monument le plus proche, équivalent en euros du prix en pesetas d'un article vu dans un magasin, traduction d'une affiche... On pourrait également imaginer une aide automatique qui s'adapte à toutes les situations selon le niveau d'assistance souhaité.



*Babak Parviz (à droite), avec ses collègues de l'Université de Washington. Le chercheur est actuellement (2015) l'un des vice-présidents d'Amazon. © DR*

### **L'œil supportera-t-il correctement cet accessoire ?**

Comme on le sait, l'**œil** adapte sa vue à l'objet sur lequel il se focalise et n'a donc pas la même vision selon qu'il fixe un point éloigné ou proche, comme c'est le cas pour le réglage de netteté d'un appareil photo. Est-ce que l'œil saura gérer efficacement la superposition d'informations proches sur un point de mire distant ?



*Placement de la lentille sur l'œil d'un lapin. Crédits DR*

Pour l'heure, la lentille a été testée sur l'œil d'un lapin durant vingt minutes et aucune réaction négative n'a été notée. Quid des humains ? « *Nous n'avons pas encore testé la lentille sur des humains,* » concède Parviz. « *Pour le moment, je ne saurais dire combien de temps il faudrait pour que l'œil ressente une fatigue à l'usage de cet appareil.* »

S'il est impossible de prédire la précision d'affichage qu'il sera possible d'atteindre sur une lentille de contact, Parviz veut croire que les potentiels sont vastes.

« *Selon la complexité, la capacité et la sophistication de l'affichage, les **applications***

*seront de toutes sortes* estime Babak Parviz. *Cela pourrait aller d'un affichage rudimentaire avec quelques **pixels** et une seule **couleur** à un affichage multi-couleurs pour des applications de Réalité Augmentée. Si nous y parvenons, alors la plupart des appareils mobiles que nous utilisons aujourd'hui (téléphones, ordinateurs portables, **PDA**, etc.) n'auront plus besoin d'un écran et il sera donc possible de réduire notablement leur taille.* »

Selon Parviz, toutes sortes de professions pourraient bénéficier d'un tel accessoire : « *les pilotes, les conducteurs **automobiles**, les docteurs, les travailleurs en usine, les architectes, les conservateurs de musées sans oublier les joueurs.* »

## DOCUMENT 4

Jacques Lemordant, Jean-Dominique Gascuel, Isabelle Bellin - Collection « 20 ans d'avancées et de perspective en sciences du numérique », INRIA - 29/11/2012

# L'émergence de la réalité augmentée, à la frontière du réel et du virtuel



© Inria / Photo G. Maisonneuve

La simulation interactive d'environnements réels ou imaginaires se développe depuis les années 1980. D'abord l'apanage des jeux vidéo, elle est désormais utilisée dans des simulateurs de toutes sortes (camion, super-tanker, train, avion), les visites de sites virtuels (musées, sites archéologiques) ou pour soigner (phobies, troubles de l'équilibre, etc.). Outre les progrès en matière d'images de synthèse, indispensables pour ces applications, c'est la miniaturisation qui a révolutionné les usages.

**Témoignages de Jean-Dominique Gascuel et Jacques Lemordant**, respectivement spécialistes de synthèse d'images pour la réalité virtuelle (équipe Maverick) et des technologies web et de la création de contenus pour la réalité augmentée (équipe Tyrex).

En 1999, le centre Inria de Grenoble était un des premiers en France à s'équiper d'une salle de réalité virtuelle (un investissement de 1,5 million d'euros) dans laquelle les chercheurs inventaient le futur avec gants tactiles, bras à retour d'efforts et lunettes stéréoscopiques.

Dix ans plus tard, on pouvait équiper un PC d'une carte graphique et atteindre une puissance de calcul qui permettait à tout un chacun d'interagir dans ces environnements, à moindre coût.



Immersion 3D avec lunettes stéréo actives et calculateur graphique haute performance - © Inria / Photo R. Lamoureux

## De la réalité virtuelle à la réalité augmentée

Parallèlement, à partir de 1990, les objets synthétiques 3D tentaient de s'intégrer au monde réel donnant naissance à ce qu'on appelle la réalité augmentée.

Cette fois, on est dans notre environnement mais grâce à des images ou des sons de synthèse, on l'enrichit en temps réel, on y superpose des informations et des éléments virtuels. Par exemple, des informations peuvent être affichées sur l'écran d'un téléphone mobile, superposées à l'image fournie par sa caméra. Autre exemple : la loupe magique d'un chirurgien qui superpose des informations médicales sur l'image d'un organe pendant une opération.

En fait, la technologie a fait un véritable bond en avant et les applications en situation de mobilité se sont multipliées grâce aux téléphones mobiles dont les chercheurs ont détourné les incroyables équipements. L'iPhone, en 2007, a créé la surprise en proposant un écran tactile ouvrant la voie à des applications graphique et audio. Puis, dès 2010, des gyroscopes (capteurs de mouvements angulaires) produits par ST Micro ont été intégrés permettant de connaître en 3D la position et les mouvements du mobile.

Et aujourd'hui, tous les capteurs (magnétomètres, gyroscopes, accéléromètres, capteur de pression, caméra, micro, GPS) qui équipent les téléphones haut de gamme donnent une multitude d'informations sur l'environnement.

On peut déterminer précisément dans quel contexte urbain on se trouve et y ajouter des éléments virtuels ou des données du web, géolocalisées, sonores ou visuelles, sur la ville, ses habitants, ses monuments, son passé, des directions de navigation... On peut par exemple remplacer un bâtiment pour imaginer une nouvelle construction en situation, donner des précisions sur un lieu, aider des déficients visuels à se déplacer en ville, etc.

N'oublions pas néanmoins que ces progrès n'auraient pas été possibles sans les nombreux travaux menés depuis les années 1990 autour du web et des technologies XML, qu'utilise par exemple la cartographie OpenStreetMap, un des exemples phare du mouvement open data (données publiques ou privées, libres d'accès). Et l'avenir de la réalité augmentée passe par des outils de création du contenu web, nécessaires à toute application.

## La réalité augmentée audio pour aider les malvoyants

En exploitant les technologies du web et celles des téléphones mobiles, les chercheurs de l'équipe Tyrex d'Inria Grenoble ont développé une application mobile de réalité augmentée audio pour guider les malvoyants lors de parcours dans des bâtiments.

Des expérimentations ont été réalisées à Grenoble et à Osaka cette année.

L'application développée initialement dans le cadre d'un projet du pôle de compétitivité Minalogic est maintenant financée par l'Union européenne. Elle utilise un système de localisation de la personne en temps réel, avec une précision de l'ordre du pas, grâce aux différents capteurs d'un smartphone et à une cartographie OpenStreetMap embarquée. Le système s'adapte au rythme de la marche, recale la position et corrige l'orientation à l'aide de la carte.

A la clé, des messages de guidage en temps réel sous forme vocale et audio sans couper l'utilisateur de l'environnement sonore réel. Démonstration en vidéo.



## ET DANS 20 ANS ?

**Jacques Lemordant**, enseignant-chercheur à l'université Joseph Fourier, Grenoble / équipe de recherche Inria Tyrex



« La réalité augmentée est un marché très prometteur qui attise les convoitises de grands groupes comme Google, Apple, Sony et de jeunes pousses comme Wikitude, Layar, Metaio qui développent des navigateurs de type réalité augmentée pour téléphones mobiles.

La navigation piétonne notamment dans les centres commerciaux est l'enjeu le plus important en raison des recettes publicitaires que cela pourrait générer : la connaissance de la proximité de tel ou tel magasin ou produit devient une information essentielle. Outre ces applications marketing, d'ici 5 ans, on peut espérer que la navigation en ville aussi bien en extérieur qu'en intérieur (gares, hôpitaux, aéroports) aura beaucoup progressé, intégrant par exemple la détection d'obstacles.

Quelles que soient les applications, les deux principales difficultés à surmonter dans les années à venir concernent d'une part la localisation précise des objets, d'autre part, la création de contenu, notamment l'intégration fine de modèles synthétiques 3D et d'éclairages complexes. »

## Dates clés

- **1997** : OpenGL : un logiciel graphique devenu un standard
- **1999** : Première carte graphique grand public pour équiper les PC
- **2007** : Commercialisation de l'iPhone
- **2011** : 10 capteurs issus de la microélectronique dans les smartphones
- **2012** : OpenSL : un logiciel audio récent qui devrait s'imposer

## Numérique & société

- **2012** : Pionner lance CyberNavi, GPS à réalité augmentée avec affichage d'itinéraire sur le pare-brise.
- **2012** : Quelques applications en réalité augmentée au service du patrimoine : Cluny-Vision (visite inédite de la cité médiévale), Culture Clic (voyage virtuel dans le temps), Versailles jardins (visite interactive au cœur des jardins du château), Ballade Paris antique (visite augmentée dans la ville), Streetmuseum (Londres en réalité augmentée), GAMME (guide augmenté mobile au Musée des Beaux-arts de Rennes)

## 1992 - 2012



- Collection "20 ans d'avancées et de perspectives en sciences du numérique" par les chercheurs d'équipes Inria de Grenoble et Lyon.
- [www.inria.fr/20ansgrenoble](http://www.inria.fr/20ansgrenoble)

© Inria - Editions Victoria

# Réalité augmentée et jeu mobile pour une éducation aux sciences et à la technologie.

Sylvie BARMA, Michael POWER et Sylvie DANIEL *Culture.numerique.free.fr – 2010*

## INTRODUCTION

Alors que les produits de la géomatique se démocratisent, cette dernière en tant que domaine disciplinaire souffre d'une véritable méconnaissance. Dans ce contexte, la sensibilisation et la formation des jeunes adolescents constituent un enjeu majeur pour leur faire prendre conscience de l'omniprésence de la géomatique dans leurs activités quotidiennes. Pour être efficace, cette sensibilisation devrait idéalement s'arrimer aux activités éducatives et ludiques de ce jeune public du 21<sup>ème</sup> siècle "zappeur" et nomade. Elle devrait, de manière « imagée » et « interactive », mettre en évidence l'efficacité de la géomatique à leur faire comprendre la complexité du monde dans lequel ils vivent.

Dans cette perspective, le projet GéoÉduc3D a pour finalité de proposer des jeux interactifs éducatifs, s'appuyant sur les technologies géospatiales et explorant des questions thématiques auxquelles le jeune public adolescent est sensible comme celle des changements climatiques et du développement durable. Bien que l'aspect ludique fasse partie du projet GéoÉduc3D, on ne peut faire abstraction du volet éducatif qui y est lié ainsi que des possibilités d'interdisciplinarité à établir entre la géomatique, les sciences expérimentales et les thématiques environnementales. En effet, il est intéressant de constater que les nouveaux programmes de sciences européens tout comme les programmes en science et technologie au Québec incluent le développement de compétences cognitives complexes telles la capacité d'élaborer des scénarios divers, de discuter de démarches d'investigation pour résoudre un problème signifiant pour les jeunes (COMMISSION EUROPÉENNE, 2006; GENEVOIS & DELORME, 2010; Gouvernement du Québec, 2006). Qui plus est, ils proposent l'ancrage de situations d'apprentissage dans des thèmes liés à l'environnement (changements climatiques, défi énergétique de l'humanité, déforestation). Ce qui est cohérent avec les visées du projet GéoÉduc3D qui veut démontrer l'efficacité de la géomatique pour appréhender la complexité du monde par le biais de thématiques environnementales.

Alors que le projet Géoéduc3D en est à la fin d'une première phase de développement d'un prototype, cette contribution répond aux questions de recherche suivantes : Quelles sont les thématiques susceptibles d'être mises à profit dans le contexte du « jeu sérieux » ? Comment, dans le design du prototype, harmoniser la maîtrise de l'intégration de données géospatiales, l'appropriation de concepts scientifiques ainsi que la dynamique interactionnelle entre les joueurs? (...)

## 4 LE DEVELOPPEMENT DU SCENARIO

Le prototype qui est présentement en développement par l'équipe GéoÉduc3D de l'Université Laval est la déclinaison mobile de la version desktop inspirée du jeu *Energy wars-Rise of the Chimera*. Ce dernier est un jeu éducatif situé dans un environnement réel. L'équipe de Laval veut maintenant intégrer des personnages virtuels à un jeu sur un autre campus. La première version se déroule sur le campus de *Queen's University*, en Ontario. L'objectif du jeu est la capture et l'aménagement de bâtiments afin d'améliorer leur efficacité énergétique. Les joueurs peuvent compter sur des ingénieurs, experts en énergie, qui arpentent le campus et contrôlent les bâtiments. Chemin faisant, ils font face à des ennemis qui cherchent à dégrader

les bâtiments et à gaspiller leurs ressources énergétiques. L'équipe de *Queen's* souligne que *Energy wars* peut être vu comme un *Monopoly* à saveur de développement durable<sup>9</sup>.

Pour le prototype réalisé à *Queen's University* à Kingston, le directeur de projet a réalisé une modélisation 3D du campus sur la base de données LidAR acquises à bord d'un camion qui a arpenté le campus. Les données LidAR permettent d'apporter précision et réalisme dans l'environnement de jeu proposé ce qui augmente l'immersivité et le sentiment de présence pour le joueur. Un des problèmes rencontrés tient au fait que les scanners sont très précis et la résolution à l'écran trop grande. On eut donc recours au programme *Google SketchUP* pour concevoir des maquettes à l'échelle à partir des données récoltées par le LidAR. Le problème est surtout lié au fait que le LidAR acquiert des millions de points ce qui est volumineux et difficilement gérable pour les moteurs de jeu. De plus, ces données sont juste des points et non des surfaces. Pour recréer des environnements réalistes, il faut donc procéder par modélisation géométrique des éléments dans le paysage ce qui a été fait avec *Google SketchUp*. Le Lidar a aussi été utilisé à l'Université Laval où une équipe a scanné tout le campus. Les données LidAR vont être utilisées pour élaborer des modèles 3D des bâtiments du campus. Ceux-ci vont intervenir lors de l'amélioration de l'efficacité énergétique des bâtiments, objectif du jeu, et dans le processus de visualisation basé sur la réalité augmentée. L'objectif est d'incorporer des objets 3D qui simulent la perspective et réagissent au mouvement du mobile. Il faut noter que ces modèles 3D ne seront pas incorporés tout de suite au prototype. Éventuellement, un joueur pourra naviguer avec sa plateforme mobile sur le campus universitaire avec une vision 3D.

#### **4.1 Structure générale de l'activité pédagogique et ludique**

##### **-Document de référence**

Programme de 2<sup>ème</sup> cycle du secondaire – Science et technologie

##### **-Élèves visés : 14 à 16 ans**

##### **-Intention pédagogique :**

Le côté sérieux du jeu vise le développement des compétences disciplinaires 1, 2 et 3, c'est-à-dire favoriser une démarche ouverte d'investigation scientifique, l'appropriation de concepts scientifiques et la communication entre les joueurs pour capturer un des pavillons qui se trouve sur le campus universitaire. Par l'analyse d'une situation à caractère environnemental, le joueur devra exposer les impacts sur l'environnement des décisions qu'il aura prises dans le contexte de la capture d'un bâtiment dont il a à évaluer l'efficacité énergétique.

##### **-Obstacles principaux** dont on devra tenir compte lors du développement du scénario :

Les bâtiments du campus universitaire ne sont pas énergétiques ; gestion de budget serrée ; contraintes environnementales ; synchronisation des actions entre les joueurs ; délimitation des problèmes à résoudre pour capturer le bâtiment et en augmenter l'efficacité énergétique ; proposition d'une solution intéressante pour le recteur afin de justifier les rénovations de bâtiments.

##### **-Domaine général de formation**

Environnement et consommation :

-Connaissance de l'environnement (par l'étude d'impacts environnementaux)

---

<sup>9</sup> <http://geoeduc3d.scg.ulaval.ca/index.php?page=nouvelles&id=12>

- Consommation et utilisation responsable de biens et de services (par l'analyse technologique des centrales électriques)
- Conscience des aspects sociaux, économiques et éthiques du monde de consommation (par l'étude des besoins énergétiques de la population)
- Construction d'un environnement viable dans une perspective de développement durable (par l'étude d'impacts environnementaux)

**-Compétences transversales :**

- Exploiter l'information
- Coopérer
- Communiquer de façon appropriée
- Exercer son jugement critique

**-Problématique environnementale :** Défi énergétique de l'humanité.

**-Concepts retenus :** rendement énergétique, carbone, matériau, systèmes technologies producteurs d'énergies renouvelable, transformation de l'énergie.

**-Rôle et expertise associés à chacun des joueurs :**

Personnage 1 – Commandant responsable du Quartier Général (pourrait être l'enseignant). Il a accès à un ordinateur portable ou fixe. Il coordonne les informations qu'il reçoit.

Nom : (Configuration du nom)

Arrière-plan/Histoire : ancien commandant de l'armée.

Caractéristiques physiques : à déterminer par le joueur.

Caractéristiques de la personnalité du joueur : à déterminer par le joueur.

Configuration physique : à déterminer par le joueur.

Personnage 2 – *Radioman*- Responsable des communications entre les joueurs et le commandant. Se déplace sur le terrain avec une plate-forme mobile (*Android ou Iphone*).

Nom : (Configuration du nom)

Arrière-plan/Histoire : à déterminer par le joueur.

Caractéristiques physiques : à déterminer par le joueur.

Caractéristiques de la personnalité du joueur : à déterminer par le joueur.

Personnage 3 – Éclaireur. Se déplace sur le terrain avec une plate-forme mobile (*Android ou Iphone*).

Nom : à déterminer par le joueur.

Arrière-plan/Histoire : à déterminer par le joueur.

Caractéristiques physiques : à déterminer par le joueur.

Caractéristiques de la personnalité du joueur : à déterminer par le joueur.

Personnage 4 – Expert en énergie. Se déplace sur le terrain avec une plate-forme mobile (*Android ou Iphone*).

Nom : à déterminer par le joueur.

Arrière-plan/Histoire : ancien expert russe en énergie qui travaillait dans le Groenland pour trouver des solutions énergétiques.

Caractéristiques physiques : déterminées par le joueur

Caractéristiques de la personnalité du joueur : déterminées par le joueur

Personnage 5 – Expert en environnement. Se déplace sur le terrain avec une plate-forme mobile (*Android ou Iphone*).

Nom : à déterminer par le joueur.

Arrière-plan/Histoire : ancien expert russe en énergie qui travaillait dans le Groenland pour trouver des solutions énergétiques.

Caractéristiques physiques : déterminées par le joueur

Caractéristiques de la personnalité du joueur : déterminées par le joueur

Personnage 6 – Expert en matériau. Se déplace sur le terrain avec une plate-forme mobile (*Android ou Iphone*).

Nom : à déterminer par le joueur.

Arrière-plan/Histoire : à déterminer par le joueur.

Compétence de résolution de problème.

Caractéristiques physiques : déterminées par le joueur

Caractéristiques de la personnalité du joueur : déterminées par le joueur

### **Exemple de mise en situation:**

Année 2108. Dans le cadre du réaménagement de son territoire « augmenté », l'Université Laval souhaite offrir à ses étudiants tous les services nécessaires à leur plein épanouissement durant leur séjour sur le campus. À ce chapitre, l'administration compte sur le savoir-faire de futurs étudiants pour redorer l'image de l'université sur le « marché virtuel » des établissements d'enseignement. Des groupes d'étudiants en architecture (génie civil, etc.) sont invités à proposer un nouveau plan du campus qui tient compte des pavillons virtuels et des pavillons physiques, incluant des suggestions de rentabilisation du campus, du point de vue environnemental.

En se positionnant sur des coordonnées géographiques stratégiques (géopositionnement), le joueur doit d'abord récolter les données, analyser le problème avec ces coéquipiers pour ensuite produire un rapport d'amélioration énergétique du bâtiment. Cela lui permet donc de « capturer » le bâtiment et ce dernier s'ajoute sur sa carte. Pour bien jouer leur rôle, les joueurs doivent comparer des impacts environnementaux associés à chacune de leurs décisions. L'enseignant peut fournir certaines ressources (médiatiques, informatiques, etc.) relatives aux différentes possibilités.

Mission préparatoire : Découverte des lieux, du matériel et des règles du jeu. Au début du jeu, les élèves reçoivent un plan du campus incomplet sur un *Iphone* ou une plate forme *Android*, sur lequel on voit quelques véritables bâtiments, de même que des espaces libres qui ne le sont pas dans la vie réelle, des bâtiments endommagés par un phénomène quelconque, etc.

Des capsules narratives sont éparpillées sur le plan sous la forme de géocaches. Les étudiants doivent les récolter afin d'accéder à un autre niveau en résolvant des énigmes en lien avec des concepts de leur cours en sciences. Les étudiants se voient accorder un budget et doivent apprendre à le gérer.

Sous la forme d'un jeu de rôle, les joueurs sont invités à faire connaître les principes de fonctionnement et les impacts associés à ces différents projets dans le cadre d'un appel



d'offres public. Les futurs ingénieurs doivent produire un document d'information, sous la forme de carte virtuelle préalablement transposée sur un *Android* ou *IPhone* sous la forme de « casse-tête » (pièces/espaces/pavillons visibles et/ou manquants). Ce plan illustre les pavillons du campus incluant les rénovations potentielles en fonction de divers facteurs. La mission progresse tout au long du jeu et s'intégrera avec d'autres activités d'apprentissage.

Parfois, à l'endroit où l'on est supposé apercevoir un pavillon, on voit des ruines virtuelles sur lesquels le joueur peut se positionner pour obtenir des informations sur l'histoire du bâtiment: «BÂTIMENT SOUMIS À DE FORTS VENTS », « BÂTIMENT À FAIBLE RENDEMENT ÉNERGÉTIQUE », « BÂTIMENT DÉTRUIT PAR L'OURAGAN GEORGES EN 2072 ». Par ailleurs, à d'autres endroits stratégiques, l'élève entrevoit sur son plan des bornes virtuelles de couleurs (rouges, bleues ou blanches) vers lesquelles il peut se déplacer et récolter des renseignements environnementaux tels que : « RISQUES D'ÉROSION», « NAPPE SOUTERRAINE », ou encore « SOL PROPICE À LA CONSTRUCTION ». Il peut également recevoir des renseignements sur les matériaux de construction, ou bien des conseils tels que « SI VOUS FAITES CECI, N'OUBLIEZ PAS CELA. » L'enseignant pourrait d'ailleurs jouer ce rôle. Pour mener à bien sa mission, le joueur doit aller dans un centre de ressources (AR) dans lequel il doit se procurer des matériaux en les téléchargeant (Éoliennes, planches de bois recyclé, etc.) Il doit faire les bons choix en tenant compte de son budget et des décisions prises avec ses coéquipiers. L'élève manipule différents éléments avec lesquels il devra jongler pour produire des solutions durables.

Ce scénario, bien qu'en construction, est présentement soumis à l'équipe géomatique. Des discussions sont en cours.

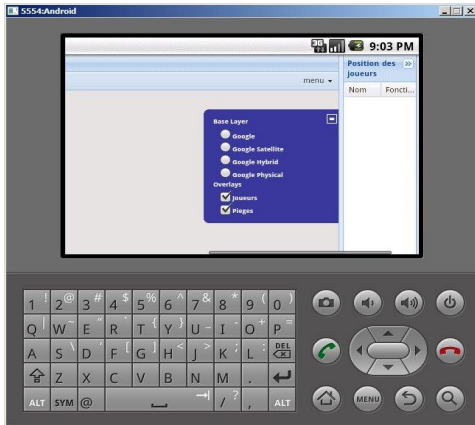
## 4.2 Le développement de l'interface de jeu

Parallèlement au développement du scénario, une équipe restreinte a commencé à penser l'interface. Voici quelques images qui en donnent un aperçu.

Les joueurs s'inscrivent, choisissent leur rôle et ont le choix entre une vision plan, satellite ou mixte pour s'orienter lors de leurs déplacements sur le terrain.



Réalisation de Thomas Butzbach, stagiaire au département de géomatique, Université Laval



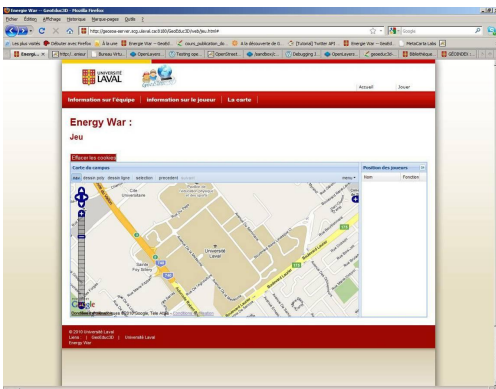
Réalisation de Thomas Butzbach, stagiaire au département de géomatique, Université Laval

Ci-dessous, une visualisation satellite du géo-positionnement de l'éclaireur sur le terrain de l'Université Laval. Il s'agit de l'interface du commandant qui voit en temps réel ce qui se passe sur le terrain.



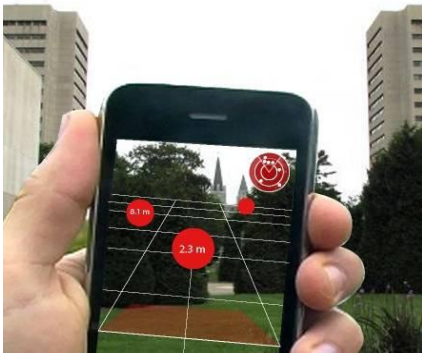
Réalisation de Thomas Butzbach, stagiaire au département de géomatique, Université Laval

Voici maintenant la même interface vue par le commandant avec le logiciel *Google Map* mais en mode plan.

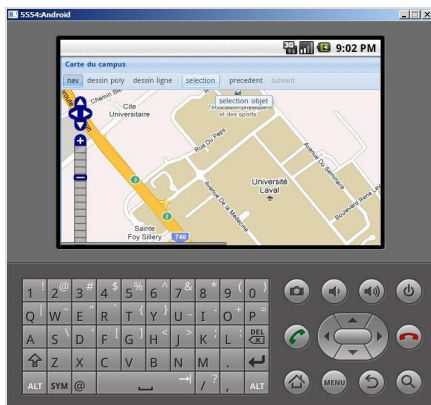


Réalisation de Thomas Butzbach, stagiaire au département de géomatique, Université Laval

L'éclaireur, avec son système de Réalité Augmentée peut voir des obstacles qui sont invisibles au commandant et aux autres experts. Son rôle est d'envoyer au commandant les informations qu'il recueille sur le terrain pour protéger les membres de son équipe.

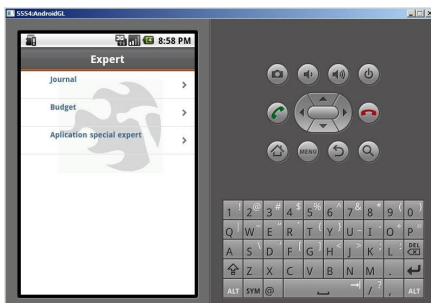


Le commandant essaie d'identifier sur sa carte les pièges (géotags en lien avec obstacles et informations) et en dresse un portrait pour orienter les actions des joueurs.



Réalisation de Thomas Butzbach, stagiaire au département de géomatique, Université Laval

La prochaine interface illustre que chaque expert a la possibilité de télécharger des applications qui l'aideront à faire ses calculs. Il aura également accès à un journal pour noter ses informations. Il a également une section pour gérer son budget.



Réalisation de Thomas Butzbach, stagiaire au département de géomatique, Université Laval

Les communications entre les membres de l'équipe se feront par *Twitter*. Voici une interface qui simule la communication entre le commandant et le radio. On peut également voir les messages laissés par les experts qui contribuent à la résolution du jeu.



Montage : Marc-Antoine Dumont



Montage : Marc-Antoine Dumont

(...)

## 6 CONCLUSION

Notre contribution a voulu documenter le fait que le développement d'un jeu sérieux mobile pour une éducation aux sciences et à la technologie est un processus de longue haleine. Peu d'études à l'heure actuelle partagent toutes ces étapes qui mènent à sa création. L'équipe de GéoÉduc3D est à la fin de sa première phase de développement d'un prototype. Le défi est grand mais nous considérons que nous sommes sur la bonne voie.

Ancrer un jeu sérieux mobile dans une thématique environnementale s'inscrit tout à fait dans les nouvelles prescriptions ministérielles de part et d'autre de l'Atlantique. Les problématiques comme celle de l'énergie et des changements climatiques semblent en effet des incontournables pour augmenter la motivation des jeunes à l'étude des sciences et de la technologie et favoriser un apprentissage situé.

Dans le design du prototype, harmoniser la maîtrise de l'intégration de données géospatiales et l'appropriation de concepts scientifiques à la dynamique interactionnelle entre les joueurs n'est pas toujours chose facile. Il s'agit d'arrimer les désirs et les contraintes propres à chaque équipe de travail. L'intégration des éléments liés à la réalité augmentée semble le défi le plus important jusqu'à maintenant. De zones de convergences, émergera un prototype qui pourra bientôt être testé et qui nous rapprochera du but visé, soit une mise à l'épreuve plus approfondie avec un groupe d'adolescents.

## Une pédagogie active basée sur l'utilisation de la Réalité Augmentée : Observations et expérimentations scientifiques et technologiques, Apprentissages technologiques

Jean-Marc Cieutat, Olivier Hugues, Nehla Ghouaiel, Sébastien Bottecchia

### ABSTRACT

Nous nous intéressons dans ce papier à la réalité augmentée comme support de la pédagogie active. Trois catégories d'application y sont particulièrement étudiées : les jeux sérieux, expérimentation scientifique et entraînement à la réalisation d'un geste technique.

**Keywords:** Réalité mixte, Pédagogie active, Apprentissage.

### 1 INTRODUCTION

La pédagogie active, en y incluant toutes les méthodes associées à la démarche, a pour objectif principal de rendre l'apprenant acteur de ses apprentissages dans l'optique qu'il construise ses savoirs au cours de mises en situation, de confrontations à des problèmes à résoudre, aux antipodes d'une transmission littéraire du savoir. A ce propos, Freinet écrivait en 1964 dans ses invariants pédagogiques que d'une part "La voie normale de l'acquisition n'est nullement l'observation, l'explication et la démonstration, processus essentiel de l'école, mais le tâtonnement expérimental, démarche naturelle et universelle." et que, d'autre part, "Les acquisitions ne se font pas comme l'on croit parfois, par l'étude des règles et des lois, mais par l'expérience. Étudier d'abord ces règles et ces lois, en français, en art, en mathématiques, en sciences, c'est placer la charrue devant les bœufs.

Dans le premier chapitre de ce papier, nous mettons en pratique le principe de pédagogie active en s'appuyant sur un nouveau concept qui commence à faire son chemin, celui des "serious games". Afin de dépasser l'univers purement numérique des jeux vidéo, nous explorons les apports pédagogiques d'un nouveau genre de "serious games", plus ancrés dans la réalité au moyen de l'utilisation de la Réalité Augmentée. Nous obtenons alors des systèmes hybrides, se situant entre la réalité et la virtualité, difficiles à étiqueter comme étant une application de réalité augmentée ou une application de virtualité augmentée. Le premier cadre d'application pédagogique que nous avons choisi est la compréhension des phénomènes électromagnétiques et de leurs applications en électrotechnique. Un démonstrateur y est présenté.

Dans un même ordre d'idées, le programme la "main à la pâte" d'alphabétisation scientifique, créée par le physicien et prix Nobel de physique Georges Charpak, l'astrophysicien Pierre Léna et le physicien Yves Quéré, avec le soutien de l'Académie des Sciences, prône une démarche pédagogique d'enseignement des sciences à l'école fondée sur l'expérimentation

concrète des phénomènes scientifiques. Le programme met, avant tout, l'accent sur la démarche d'investigation et l'approche expérimentale, plutôt que sur la transmission d'un savoir théorique.

Dans le deuxième chapitre du papier, après avoir exploré l'univers des "serious games", nous montrons comment la Réalité Augmentée peut être un outil précieux pour soutenir la démarche d'investigation et l'approche expérimentale : mieux visualiser et mieux comprendre les phénomènes physiques en présence grâce à la Réalité Augmentée pour, par exemple, mieux comprendre lors du phénomène électromagnétique précédemment étudié que c'est une variation de l'intensité d'un champ magnétique qui finalement crée un courant induit, mais surtout pour mieux évaluer et quantifier les phénomènes physiques en présence. Pour cela, nous revisitons, avec les nouvelles possibilités qui s'offrent à nous grâce à l'évolution de la technologie, les célèbres expériences du physicien français Jean Bernard Léon Foucault, et notamment la célèbre expérience du pendule de Foucault dont la première démonstration publique, qui permit de démontrer la rotation de la terre, date de 1851. L'idée sous-jacente est que les phénomènes physiques restent connus de tout un chacun, mais que leurs explications et leurs quantifications, avec la complexité croissante des systèmes technologiques, le sont déjà beaucoup moins.

L'originalité de la démarche pédagogique laisse même envisager de redonner goût à l'apprentissage des sciences à l'école : les sciences expérimentales et les technologies ont pour objectifs de comprendre et de décrire le monde réel, celui de la nature et celui construit par l'Homme, d'agir sur lui. Mais, derrière ces premiers résultats, il se cache aussi de réels enjeux de sociétés, comme celui de la qualification. Nous apprenons sans cesse, et certaines qualifications requièrent des connaissances mais également beaucoup d'habileté. Dans un troisième chapitre, nous intéressons à l'entraînement par la réalité augmentée, en l'occurrence l'apprentissage d'un geste technique (soudure, découpe, ...).

### 2 UN DÉMONSTRATEUR DE SERIOUS GAMES POUR LA COMPRÉHENSION DES PHÉNOMÈNES ÉLECTROMAGNÉTIQUES ET DE LEURS APPLICATIONS EN ÉLECTROTECHNIQUE

Un jeu sérieux selon J. Alvarez [12] est une application informatique, dont l'objectif est de combiner à la fois les aspects sérieux ("Serious") tels que, de manière non exhaustive, l'enseignement, l'apprentissage, la communication, ou encore l'information, avec des ressorts ludiques issus du jeu vidéo

("Game"). Une telle association a donc pour but de s'écarter du simple divertissement. Sim City et Civilization [10] sont des simulations qui proposent de pratiquer une série de tests ou d'expériences sur un espace mis en image, en plaçant le joueur en position d'acteur. Le jeu Sim City est utilisé en sixième comme un outil pédagogique, en géographie, autour du thème des paysages urbains des grandes métropoles d'Amérique du Nord. Civilization passe du carton à l'informatique en 1991 grâce à Sid Meier. Il est à la fois un jeu de stratégie et de gestion : le joueur doit mener son peuple de l'âge de pierre à la conquête spatiale. Il est aussi à l'origine d'une série, avec Civilization II en 1997, Civilization III en 2000 et Civilization IV en 2005. En plus de l'exploration, la pratique et l'observation des mécanismes est mise à l'œuvre dans ces jeux.

Le but du jeu schématisé dans la figure 1 de ce papier est de totaliser le plus grand nombre de points. Le jeu aura pu être développé grâce au concours précieux de l'outil Virtools de Dassault Systèmes. On y gagne des points lorsque l'on parvient à reproduire un phénomène électromagnétique. C'est Faraday qui fut le premier scientifique à remarquer en 1821 que la variation d'un champ magnétique pouvait faire apparaître un courant électrique, appelé courant induit.

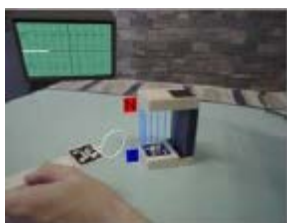


Figure 1 : Un instrument de mesure s'affiche

En début de partie, on peut visualiser le phénomène à reproduire sur un instrument de mesure : l'intensité et le sens du courant sur un ampèremètre, les variations (tension constante, signal carré, signal sinusoïdal) et les grandeurs (valeur maximale ou amplitude de la tension, période, fréquence) d'une tension électrique sur un oscilloscope. On peut visualiser sur la figure 1 l'affichage de l'instrument de mesure qu'est l'oscilloscope.

Pour y parvenir, l'élève dispose de deux interfaces tangibles : deux fils conducteurs à l'extrémité desquels est plaqué un marqueur permettant d'afficher plusieurs types de spires (spire circulaire ou spire rectangulaire) et un aimant sur la base duquel est plaqué un marqueur permettant de sélectionner différentes configurations d'aimant (aimant à champ magnétique constant ou aimant à champ magnétique variable). On peut visualiser sur la figure 2 une spire circulaire et un aimant à champ magnétique constant :



Figure 2 : Nos interfaces tangibles

L'élève choisit une spire, la positionne à l'intérieur du champ magnétique, en lui faisant subir un mouvement bien précis (déplacement horizontal, déplacement vertical, rotation de la spire dans le sens trigonométrique ou dans le sens des aiguilles d'une montre) afin d'exercer une variation du champ magnétique sur la spire. Il choisit également l'aimant, et dans le cas d'un aimant à champ magnétique variable il peut en faire varier l'intensité.

On peut visualiser ci-dessous sur la figure 3 un exercice réussi. L'élève crée un courant dont le sens est positif et reproduit une tension sinusoïdale en effectuant des rotations de la spire dans le sens des aiguilles d'une montre.

Comme autre exercice réussi, il avait été demandé à l'élève de produire des valeurs différentes de tension (amplitudes variables). Il parvient à le faire en faisant varier l'intensité du champ magnétique et en réglant la sensibilité de l'oscilloscope sans avoir à déplacer la spire.

L'exercice de la figure 5 ne pourra aboutir. Pour parvenir à générer un signal carré, l'élève aurait dû choisir une spire rectangulaire, la présenter devant le champ magnétique en y appliquant un déplacement horizontal d'avant en arrière.

À noter que le nouveau style de jeu que nous aurons pu créer se situe entre la réalité et la virtualité, difficile à étiqueter comme étant une application de réalité augmentée ou une application de virtualité augmentée. Ce genre de rapport entre la réalité et la réalité virtuelle est vu par O. Nannipieri et P. Fuchs [15] comme une troisième voie : celle d'un monde hybride où le virtuel est immanent au réel, ou encore le réel et le virtuel s'entre-produisent pour créer de nouvelles réalités. Il est question de compossibilité entre réalité et virtualité. Dans le même ordre d'idées que les réflexions menées pour mieux définir le sentiment de présence dans un environnement virtuel, force est de constater que nous parvenons ici sans grande difficulté à nous sentir présent dans les deux univers et à évoluer simultanément.



Figure 3 : Exercice réussi



Figure 4 : Autre exercice réussi

### 3 L'EXPÉRIMENTATION SCIENTIFIQUE ET LA RÉALITÉ AUGMENTÉE

Dans un deuxième temps, nous avons cherché à mettre la réalité augmentée au service de l'expérimentation scientifique. Pour cela, nous avons revisité, avec les nouvelles possibilités qui s'offrent à nous grâce à l'évolution de la technologie, les célèbres expériences du physicien français Jean Bernard Léon Foucault.

L'expérience la plus connue est le célèbre pendule de Foucault. Nous utilisons la réalité augmentée pour visualiser la rotation des oscillations du pendule autour de l'axe que forme le pendule au repos avec le centre de la terre mais également les forces en présence qui s'exerceraient sur le pendule et qui auront permis de mettre en évidence en 1851 la rotation de la terre.



Figure 5 : Exercice raté

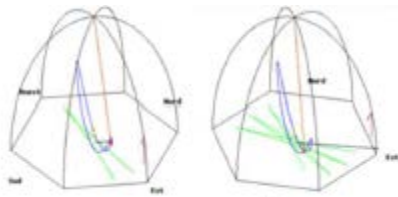


Figure 6 : Le pendule de Foucault

Le pendule décrit des ellipses aplaties dont on peut visualiser les trajectoires grâce à la réalité augmentée. Les forces en présence peuvent être représentées ; ce sont la gravité, la tension du fil et la force de Coriolis. Cette dernière est dirigée vers la droite dans l'hémisphère nord et vers la gauche dans l'hémisphère sud, ce qui explique le sens de rotation vers la droite du pendule autour de son axe de repos dans l'hémisphère nord et vers la gauche dans l'hémisphère sud.

En 1862, Foucault a pu également calculer la vitesse de la lumière grâce à un miroir tournant. Nous utilisons alors la réalité augmentée pour visualiser la rotation du miroir d'un angle de valeur  $\theta$  et la déviation du rayon de lumière égale à deux fois la valeur de l'angle  $\theta$  pour comprendre comment la valeur de la vitesse de la lumière a pu être calculée par un simple calcul trigonométrique.

### 4 L'APPRENTISSAGE D'UN GESTE TECHNIQUE EN RÉALITÉ AUGMENTÉE

Enfin, la qualification est un enjeu important de nos sociétés actuelles, raison pour laquelle nous avons ciblé comme dernier cadre d'application de pédagogie active les simulateurs d'apprentissage de gestes techniques réputés comme étant délicats à apprendre (soudure, découpe,...). Beaucoup de travaux

auront été menés sur l'exécution d'un geste en réalité virtuelle : geste médical, geste technique, tâche de maintenance, geste sportif... Concernant l'apprentissage d'un geste technique comme la soudure, des produits industriels existent d'ailleurs sur le marché comme la plate-forme de soudage virtuel CS WAVE (figure 7) qui est le fruit d'une étroite collaboration entre le Département Sectoriel Industrie de l'Afpa, l'Association nationale pour la formation professionnelle des adultes, et la société Immersion. C'est un exemple d'une technologie de réalité virtuelle mise au service d'un réel projet pédagogique.



Figure 7 : L'apprentissage du geste de soudage. CS WAVE

Peut-on désormais imaginer un apprentissage au moyen de la réalité augmentée ? Nous remarquons que, par mesure de sécurité, toute intervention usuelle de ce type requiert déjà le port d'un masque ou de lunettes. Nous pourrions déjà assimiler les lunettes ou le masque de protection à un dispositif de vision de type "Optical See Through" afin de pouvoir simultanément apporter des augmentations tout en protégeant les yeux.

Les HeadWorn Display (HWD) ou Head Mounted Display (HMD) sont tous des dispositifs de type casque ou lunettes qui sont portés par l'utilisateur. Ces casques sont étiquetés comme See-Through pour permettre à l'utilisateur de percevoir le monde réel, soit en vision directe, soit indirecte. Ils sont portés sur la tête de l'utilisateur, les augmentations étant présentées soit sur un œil (système monoculaire) soit sur les deux (système binoculaire si les images présentées aux deux yeux sont identiques, système binoculaire si elles sont différentes et forment une paire stéréoscopique). Les HWD sont classés suivant la façon dont ils combinent la vue du réel et du virtuel. Certains dispositifs sont moins intrusifs que d'autres. Les dispositifs de type "Optical-See-Through" (OST) apportent une vision directe du monde réel sur laquelle est surimprimé le contenu virtuel. Certains masques sont déjà à l'étude par les éditeurs de dispositifs d'affichage. La figure ci-dessous illustre un simulateur de réalité augmentée de soudure :



Figure 8 : Simulateur de soudure

Des augmentations sont ajoutées pour montrer où les soudures doivent être effectuées, à l'intersection du composant à souder et du cuivre, et comment les soudures doivent être faites (soudure incurvée et non bombée, inclinaison concave et non convexe).

Pour concevoir nos applications de réalité augmentée, nous sommes repartis de l'approche mise en avant par Hugues lors de la réalisation de son système SIGMA. L'approche consiste à coupler la méthode d'analyse de situations de Sebillotte avec la méthode de spécification et de conception de logiciels UML ("Unified Modeling Language"). La première méthode s'avère être très adaptée à l'analyse d'une activité humaine en vue d'en extraire les caractéristiques pertinentes à prendre en compte dans un système, tandis que l'approche orientée objet s'est toujours montrée particulièrement adaptée à la conception de logiciel de simulation (famille de logiciel à laquelle appartiennent les simulateurs d'entraînement). En effet, bien que la méthode de Sebillotte propose une représentation graphique de la modélisation relativement proche de celle qui est proposée dans les diagrammes UML, il s'avère complexe et dans tous les cas encore inhabituel de développer les briques d'un logiciel sans l'aide de la formalisation UML. Les grandes étapes de l'analyse de situations sont dans l'ordre :

1. Définition des situations à observer ;
2. Observation et entretiens de ces situations ;
  - (a) Observations en situation des tâches réelles ;
  - (b) Verbalisation des tâches par entretiens hors situations ;
3. Analyse de ces observations et des entretiens ;
4. Réalisation d'un modèle par l'utilisation d'une méthode analytique de description (MAD) ;
5. Détermination des informations nécessaires pour la complétion des tâches ;
6. Développement de la fonctionnalité permettant de fournir les informations identifiées à l'étape précédente aidé par une analyse UML des cas d'utilisateurs ;
7. Phase de test basée sur les retours utilisateurs.

L'analyse des situations est une approche essentiellement fonctionnelle. Les modèles de tâches sont très ressemblant des diagrammes d'activités de la méthode UML. Nous repartons des modèles de tâches et des informations nécessaires à la complétion des tâches pour décrire les objets en présence et les cas d'utilisation d'un logiciel de simulation d'entraînement au geste technique.

## 5 CONCLUSION

De manière générale, nous avons voulu savoir dans ce papier si la Réalité Augmentée pouvait s'inscrire dans une démarche de pédagogie active. Pour y répondre, nous avons alors proposé plusieurs systèmes de réalité augmentée pour un apprentissage qui se veut plus efficient au travers de situations de jeux, d'expérimentations scientifiques et de gestes qui, dans leur exécution, requièrent une grande habileté. Nous pensons en avoir démontré la pertinence.

L'enseignement scientifique et technologique, l'apprentissage sont des domaines extrêmement vastes et l'objet de cet article n'était pas d'en proposer un aperçu exhaustif. Nous pouvons cependant préciser que, comme le fait remarquer, le problème récurrent dans les systèmes d'aide à l'apprentissage est le caractère déterministe de ces derniers. Ces systèmes s'avèrent être soit "rigides" (tout est prévu d'avance) ou "simplistes" (le raisonnement est pauvre). En effet, s'il paraissait intéressant de remplacer le formateur par l'outil informatique il y a quelques années à l'aube de l'informatique "interactive", nos ambitions d'aujourd'hui en terme de qualité et d'efficacité d'apprentissage nous amènent à développer des systèmes intelligents souvent très lourds et difficiles à mettre en place lorsqu'il s'agit de formations collectives comme le sont les travaux pratiques scolaires ou universitaires. En ce sens, les systèmes utilisant la réalité augmentée peuvent justement apporter un caractère semi-déterministe pour lesquels la technologie est plus aisée à mettre en œuvre d'un point de vue logiciel et matériel comme nous l'avons présenté en première partie de cet article. Nous constatons d'autre part que cette catégorie de systèmes se situe entre la réalité et la virtualité, difficile à étiqueter réalité augmentée ou virtualité augmentée, créant plutôt des univers hybrides.

Enfin, nous avons mis en avant une méthode de développement de systèmes de réalité augmentée qui consiste à coupler la méthode d'analyse de situations de Sebillotte avec la méthode de spécification et de conception de logiciels UML.



## Réalité augmentée : entre mythes et réalités (extraits)

PAR Marie-Odile Berger et Gilles Simon –  – PUBLIÉ LE 31/03/2016

Intégrer des éléments virtuels dans des images réelles, en temps réel et en trois dimensions : comment fait-on ? À quoi cela sert-il ?



Au musée d'Orsay, les dispositifs de réalité augmentée au service de l'art ont rapidement séduit le public !  
Photo by Jean-Pierre Dalbéra, sur Flickr.

La réalité augmentée vise à accroître notre perception de l'environnement par ajout d'informations de différentes natures. Bien qu'elles puissent concerner les cinq sens, les informations ajoutées sont le plus souvent visuelles (textes, symboles ou images 3D). L'expression est apparue au début des années 1990, mais n'a connu de réel succès qu'après l'arrivée sur le marché de téléphones portables et de tablettes compatibles avec cette technologie. Passée une certaine période d'engouement, la réalité augmentée est aujourd'hui perçue de diverses manières par le grand public. Certains doutent de son utilité et de son avenir, d'autres la considèrent comme une menace pour le respect de la vie privée et des libertés individuelles. Des technophiles convaincus y voient à l'inverse un potentiel immense, sans être parfaitement conscients de ses limites intrinsèques. Ces différentes réactions, bien que légitimes, sont selon nous essentiellement dues à une méconnaissance de ce qu'est exactement la réalité augmentée, de ce qu'elle permet ou ne permet pas de faire, des applications utiles qu'elle a déjà rendu possibles, et de celles auxquelles on peut raisonnablement s'attendre dans les années à venir.

L'expression « réalité augmentée » est définie de manière relativement précise : il s'agit d'incruster des éléments virtuels dans des images réelles (et non l'inverse), en temps réel et en trois dimensions. Selon cette définition stricte, afficher des informations confidentielles sur la personne assise en face de soi à travers des lunettes connectées comme les Google Glass ne relève pas à proprement parler de la réalité augmentée, au sens où cela ne requiert pas d'aligner spatialement les parties réelle et virtuelle de l'image. Les Google Glass n'exploitent pas encore à pleine puissance le principe de la réalité augmentée, des informations contextualisées y sont simplement affichées en surimpression de notre vision.

L'intégration d'un élément virtuel doit être géométriquement correcte, ce qui signifie que l'élément ajouté doit être projeté dans l'image avec le point de vue adopté par la caméra réelle. Pouvoir inférer le point de vue de la caméra à partir de l'image est ainsi le premier besoin fondamental d'un système

de réalité augmentée. Ceci ne suffit cependant pas à assurer le réalisme géométrique, car il faut gérer les éventuelles occultations entre l'objet ajouté et la scène.

(...)

## **Le rôle du modèle dans un système de réalité augmentée**

Par ailleurs, la perception réaliste de la scène augmentée dépend fortement de la prise en compte des interactions lumineuses, donc des ombrages, entre réel et virtuel. À titre d'exemple, un objet correctement positionné sur un plan sans prise en compte des effets d'ombrage semblera flotter, alors que l'ajout d'une ombre portée permettra d'avoir la sensation que l'objet est bien ancré sur le sol.

Toutes ces tâches nécessitent de posséder un modèle 3D de la scène, mais la nature de ce modèle n'est pas identique selon le problème considéré. Pour le calcul du point de vue, la formation d'une image étant modélisée par une projection perspective, il suffit d'identifier dans l'image un ensemble de points 2D qui correspondent à des points 3D du modèle. Ainsi, un modèle de type « nuage de points » suffit à se positionner par rapport à l'environnement. Dans le cas des occultations ou des inter-réflexions lumineuses, un modèle structuré est nécessaire. En effet, pour vérifier qu'un pixel de l'objet ajouté est ou n'est pas occulté par un élément de la scène réelle, il faut comparer les profondeurs respectives de la scène et de l'objet ajouté. Une connaissance surfacique de la scène est donc nécessaire. Il en est de même pour la gestion des inter-réflexions lumineuses, puisque l'ombrage est calculé à partir d'un modèle global de la scène, ou lors de la gestion de l'interaction entre l'utilisateur et les objets de la scène. La précision requise sur le modèle n'est pas identique selon la tâche considérée. Si un modèle précis est nécessaire pour la gestion des occultations, un modèle grossier suffit pour les ombrages car, s'il est important qu'on perçoive l'ombrage pour comprendre la scène, sa précision n'a que peu d'impact sur cette compréhension.

L'acquisition d'un modèle structuré est donc fondamentale pour la prise en compte de l'interactivité dans un système de réalité augmentée. Il existe aujourd'hui des méthodes automatiques de construction de nuages de points 3D à partir d'images. L'arrivée de la Kinect a également permis d'acquérir des modèles relativement denses pour des scènes peu profondes. Cependant, la construction de modèles structurés et précis nécessaires à l'interactivité est plus délicate et est souvent réalisée hors ligne.

## **Des exemples de systèmes effectifs**

Pour réaliser un système qui fonctionne, il n'est pas toujours indispensable de résoudre l'ensemble des problèmes évoqués ci-dessus. Les musées et sites historiques sont des exemples d'espaces clos et balisés dans lesquels il est relativement aisé d'introduire de la réalité augmentée. Des « tags » ou marqueurs visuels, utiles au positionnement, peuvent être placés à différents endroits de la visite et visés à travers l'écran d'une tablette numérique pour voir la scène augmentée.

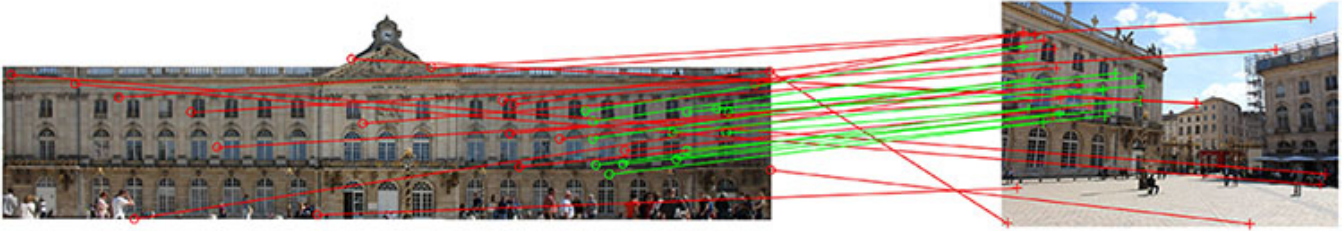
La réalité augmentée est ainsi expérimentée au quotidien par des centaines de visiteurs dans des musées et lieux historiques tels que le château de Chambord, le château de Selles-sur-Cher ou le musée de Bibracte... pour ne citer que quelques exemples en France. Dans l'industrie, il est également envisageable de mesurer et de préparer l'environnement dans lequel un système de réalité augmentée sera utilisé. Des répliques virtuelles des lignes de productions, incluant les objets fabriqués ou les pièces assemblées (sous forme de modèles de conception assistée par ordinateur par exemple), mais aussi les automates programmables et les machines-outils, sont de plus en plus fréquemment exploités dans l'industrie à des fins de simulation, d'estimation des coûts, de formation et de diagnostic. Dans ce contexte de digitalisation croissante de l'usine, la réalité augmentée semble toute indiquée pour « aligner » au plus près l'usine numérique et l'usine réelle, offrant à l'opérateur humain des informations visuelles et contextuelles de nature à lui faciliter la tâche, notamment dans les domaines

de la conception, de l'assemblage, de la maintenance et du contrôle qualité. Récemment, Airbus a ainsi décidé d'implanter la réalité augmentée de façon industrielle pour le marquage au sol des emplacements de fixation des sièges des cabines de l'A330. Une expérience réalisée sur cinq appareils en cours d'assemblage a permis de réduire par cinq le temps de travail tout en conservant un taux d'erreur nul y compris chez les techniciens les moins expérimentés. Un autre exemple, toujours chez Airbus, est la vérification de l'emplacement des « brackets » de l'A380. Ces pièces, qui fixent dans chaque appareil les parois intérieures au fuselage, sont très nombreuses (plus de 60 000 dans un A380). Grâce à la réalité augmentée, les opérateurs munis de tablettes numériques procèdent à leur vérification en deux jours au lieu de plusieurs semaines auparavant.

## **Le problème fondamental du calcul du point de vue**

Dans ces applications, des « tags » ou « marqueurs » facilement détectables dans l'environnement sont souvent utilisés pour faciliter la détection de correspondances 2D/3D et assurer la fiabilité de l'incrustation. Néanmoins, une telle instrumentation de l'environnement s'avère impossible dans de nombreuses applications, notamment celles se tenant en extérieur, soit parce que la scène est protégée, s'il s'agit d'un lieu historique, soit parce qu'elle est vaste et qu'on ne sait pas où va se concentrer l'action de l'utilisateur. On ne peut évidemment pas truffier la scène de milliers de « tags » ! Des méthodes de calcul de point de vue dites « sans marqueur » ont donc fait l'objet de nombreux travaux depuis une quinzaine d'années. Elles visent à établir directement des correspondances entre le modèle et l'image sans l'aide d'indices facilement détectables. La difficulté majeure vient du fait qu'il existe beaucoup d'hypothèses erronées de mise en correspondance, dues en particulier à la présence de motifs répétés dans les environnements urbains et industriels.

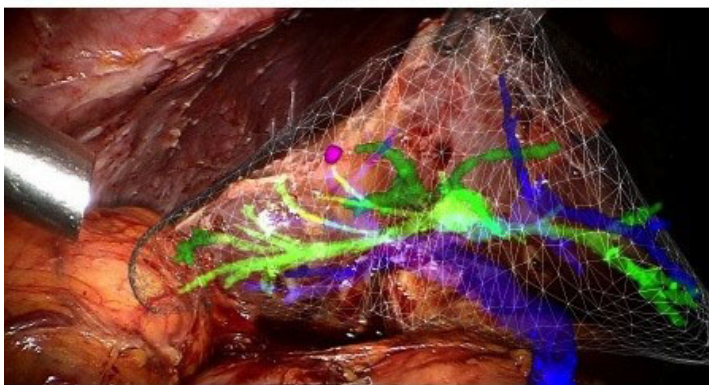
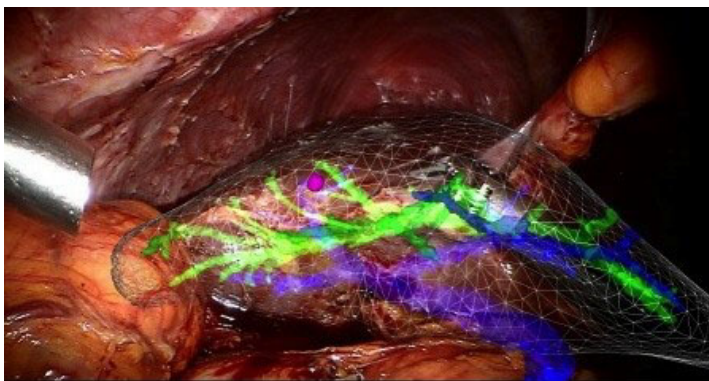
Des solutions existent désormais via, d'une part, le développement de méthodes statistiques robustes permettant de ne pas prendre en compte les mises en correspondance erronées, et d'autre part, grâce à une évolution dans l'idée de ce que doit contenir un modèle 3D. Les modèles initiaux étaient de type CAO, et décrivaient seulement des transitions géométriques, qui n'étaient souvent que peu détectables sur l'image. Aujourd'hui, la tendance est à la conception de modèles intégrant la géométrie du modèle et sa photométrie, facilitant ainsi grandement la mise en relation entre le modèle et l'image. Le problème de la mise en correspondance est ainsi converti en un problème de classification, chaque classe étant représentée par les différents aspects que peut prendre ce point dans une séquence d'apprentissage. Cependant, un certain nombre de difficultés subsistent, en particulier pour établir des similarités géométriques ou photométriques entre modèles et images. Ces difficultés surviennent en particulier lorsque les images acquises pour construire le modèle et l'image courante sont prises sous des points de vue très différents. En ce qui concerne la photométrie, de nombreux facteurs dont l'ensoleillement et les conditions climatiques, comme la saison ou le temps pluvieux, contribuent à rendre les images prises lors de l'application très différentes de celles utilisées pour construire le modèle. Par ailleurs, les scènes « bougent » fréquemment entre l'acquisition et l'application, en raison de la présence de voitures, de modifications du mobilier urbain ou de déplacements d'objets. Les recherches dans le domaine du calcul du point de vue sont toujours très actives, afin de rendre les algorithmes robustes à de forts changements de points de vue, de conditions climatiques et de modifications partielles du modèle. De plus, n'oublions pas que la réalité augmentée est par nature interactive et qu'une difficulté supplémentaire est de développer des algorithmes temps réel et si possible portables sur architecture mobile.



Prise en compte de la photométrie dans la description des modèles 3D. Ici, un descripteur de points invariant aux rotations et changements d'échelle (SIFT) permet de mettre en correspondance des points extraits de la texture du modèle avec les mêmes points détectés dans une image vidéo où la déformation perspective de la façade est importante. Une méthode statistique robuste est utilisée pour distinguer les correspondances correctes (en vert) des correspondances erronées (en rouge).

## La réalité augmentée pour le médical : une application prometteuse

Un champ d'applications dans lequel la réalité augmentée semble extrêmement prometteuse est le domaine médical, en particulier en chirurgie. Pouvoir visualiser une tumeur extraite dans des données



pré-opératoires sur des images per-opératoires acquises au bloc n'est plus de la science-fiction. Dans le cas d'organes non déformables, des prototypes existent depuis longtemps. Cependant, le véritable défi est d'étendre la capacité d'augmentation à des organes déformables (foie, rein) et d'ajuster le positionnement de la tumeur pendant le geste chirurgical qui peut soumettre l'organe à de fortes déformations. Ce domaine de recherche est actuellement en plein essor, mais le problème est rendu difficile par le faible champ de vue disponible en chirurgie mini-invasive et la difficulté de construire des modèles d'organes déformables réalistes. L'utilisation de modèles bio-mécaniques est de ce point de vue une voie prometteuse.

>> Superposition du réseau vasculaire du foie sur des images endoscopiques pendant la déformation de l'organe. Coopération entre les équipes de recherche Magrit et Shacra [Haouchine 2013, Int. Symp. on Mixed and Augmented Reality].

Pour conclure, soulignons qu'un objet recalé correctement sur le visuel est nécessaire mais pas suffisant pour qu'un système de réalité augmentée soit accepté par l'utilisateur. Pour cela, il faut que le rendu de l'image augmentée lui permette facilement d'interpréter la scène augmentée pour pouvoir ensuite faire un geste clinique. Concevoir des moyens de rendu permettant une meilleure perception, notamment de la profondeur, est aujourd'hui la préoccupation d'un nombre croissant de chercheurs, de manière à ce que les systèmes de réalité augmentée puissent réellement entrer dans le quotidien du clinicien.

Plus généralement, dans les divers secteurs d'activités concernés, des améliorations sont encore attendues avant que la réalité augmentée puisse être d'abord introduite puis acceptée. Ces améliorations portent sur l'utilisabilité, c'est-à-dire la facilité de mise en œuvre des systèmes de réalité augmentée et l'acquisition des modèles, sur la fiabilité du tracking en environnements non contrôlés et sur l'ergonomie, en particulier le confort visuel et la liberté de déplacements.

## **LE BAC À SABLE À RÉALITÉ AUGMENTÉE : TOURNÉE NATIONALE 2014**

07 mars, 2014

Un bac rempli de sable fin est surplombé d'une caméra 3D et d'un vidéoprojecteur. Celui-ci diffuse à la surface les courbes de niveaux et des couleurs différentes en fonction de l'altitude ; lorsque le visiteur manipule le sable, la projection vidéo fait apparaître les nouvelles courbes et les couleurs en temps réel.



C'est le principe du bac à sable à réalité augmentée développé par des chercheurs de l'UC Davis – l'Université de Californie. Science Animation de Toulouse ne s'est pas trompé en produisant cette installation !

Véritable mine d'or pédagogique, ce bac à sable donne l'occasion de parler d'érosion, de simulation des écoulements ou encore de formation des paysages. Il permet aussi de modéliser des événements géomorphologiques et d'observer en temps réel les effets d'un barrage ou d'une inondation. Par sa simplicité d'usage et de manipulation, cette installation dégage une poésie qui ne laisse personne indifférent.

Fort de son attractivité pédagogique et de son immense potentiel créatif, ce dispositif s'avère être un outil culturel passionnant. En laissant vagabonder notre imagination, nous envisageons des dispositifs techniques illustrant des phénomènes astronomiques, l'érosion par les écoulements d'eau, une simulation de volcanisme ou même un nouvel instrument de musique !

C'est pourquoi, les centres de sciences Inmédiats déploient un programme national de création et d'imagination autour de cet outil. Durant toute l'année 2014, sur l'ensemble des territoires couverts par nos centres, le public pourra tester, imaginer et créer les futurs usages de cet objet. Parce que les innovations numériques ne peuvent être restreintes aux seuls programmeurs et chercheurs, les étudiants, les enseignants, les muséographes, les lycéens sont invités aussi à participer à l'une des rencontres programmées dans les centres inmédiats autour de ce bac à sable numérique :

(...)

Vous souhaitez acquérir ou présenter le bac à sable à vos publics ? contacter Science Animation

Vous souhaitez faire tester, détourner ou mettre en créativité votre solution numérique, contacter le référent Living Lable plus proche de chez vous.

# La réalité augmentée



## Gilles SIMON

**CV** Gilles Simon, ancien élève de l'École Supérieure d'Informatique et Applications de Lorraine (aujourd'hui Télécom Nancy) a soutenu en 1999 une thèse de troisième cycle d'informatique portant sur le positionnement robuste en réalité augmentée à l'Université Henri Poincaré, Nancy-I. Après un séjour post-doctoral à l'Université d'Oxford dans le groupe Visual Geometry, où il a travaillé sur des problèmes de vision par ordinateur en collaboration avec la société Oxford Metrics (2d3, Vicon), il est recruté comme maître de conférences à l'UHP en 2000. Ses travaux au sein de l'équipe MAGRIT du Loria (Laboratoire lorrain de recherche en informatique et ses applications) concernent la calibration et le suivi de caméra, la reconstruction 3D et la réalité augmentée en vision par ordinateur. Il intervient sur ces sujets dans plusieurs formations de l'Université de Lorraine (master Interaction et Nouvelles Images, licence et master d'informatique, Télécom nancy, Supelec Metz, ...). Il est l'auteur d'une trentaine de publications internationales dans le domaine de la réalité augmentée, et d'un ouvrage paru aux Éditions Dunod, «Intégrer images réelles et images 3D» destiné aux professionnels de l'audiovisuel et à tout public intéressé par le sujet.



Figure 1 : Intégration d'un bonhomme géant sur la terrasse du musée des Beaux-arts de Stockholm.

**L'équipe MAGRIT de l'INRIA Nancy Grand-Est se consacre depuis près de deux décennies à résoudre des problèmes scientifiques et techniques posés par la réalité augmentée (RA). Pour autant, cette technologie n'en est qu'à ses balbutiements. Le grand public la découvre tout juste, à travers des jeux vidéos, des parcs d'attractions et des sites Internet. Mais en permettant à l'être humain de superposer à la réalité des informations ou des images tridimensionnelles jusqu'ici inaccessibles ou présentées de manière dissociée, la RA est aussi un outil précieux pour l'aide à la décision et à la compréhension, dans des domaines à forts enjeux sociétaux tels que l'industrie, l'urbanisme, l'aide à la mobilité, l'éducation et la santé. Dans cet article, nous présentons certains problèmes scientifiques soulevés par cette thématique, et tâchons de dissiper quelques doutes ou idées reçues sur le potentiel actuel et futur de la RA, conduisant parfois à des réactions excessivement hostiles ou au contraire, un peu trop enthousiastes, autour de cette technologie.**

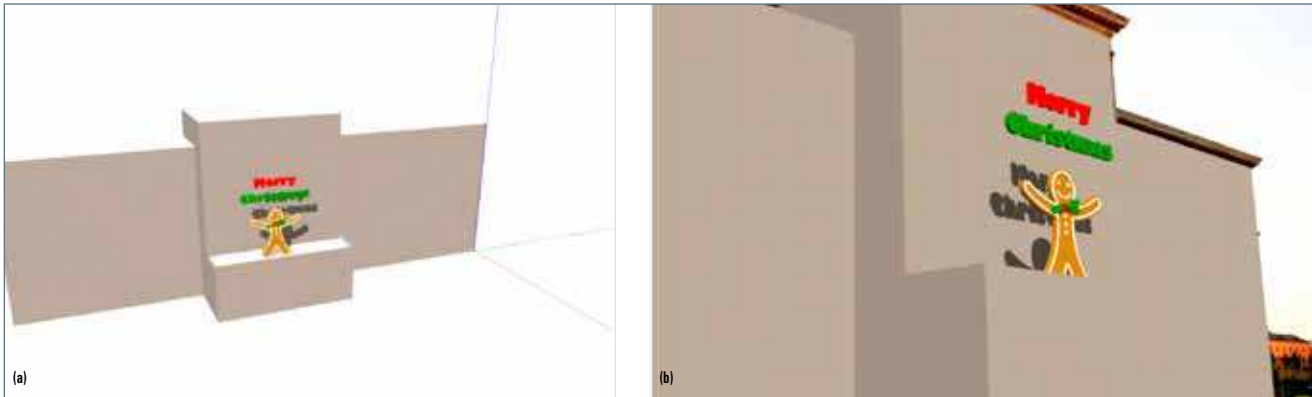


Figure 2 : Aligment des scènes réelle et virtuelle. (a) La scène virtuelle est positionnée relativement à un modèle 3D de la scène. (b) Le modèle 3D est superposé à la scène, avant d'être camouflé pour ne laisser apparaître que les éléments ajoutés.

## Problématique

Commençons par dissiper un premier doute : la RA ne permet pas de faire apparaître des images tridimensionnelles directement dans notre environnement. En croisant des rayons d'énergie, il est physiquement possible de matérialiser des photons à l'intérieur de certains gaz, mais cela est impossible dans l'air. La RA ne fait qu'augmenter notre propre perception de la réalité. Pour que cela soit possible, il est nécessaire de passer par un dispositif d'affichage bidimensionnel, qui peut être monoscopique (écran ou vitre) ou stéréoscopique (paire de lunettes). Dans le cas des vitres et des lunettes semi-transparentes, la réalité est perçue directement à travers les verres, sur lesquels sont projetées les images virtuelles. Dans le cas des écrans (ordinateurs, téléphones ou lunettes opaques) la réalité est filmée à l'aide d'une ou deux caméras, et les images obtenues sont combinées avec les images virtuelles avant d'être affichées sur les écrans.

Pour que cette combinaison bidimensionnelle soit physiquement cohérente, il faut d'une certaine manière comprendre ce que l'on voit : les mouvements, les formes, les couleurs, la lumière. Si pour la plupart des êtres humains cette compréhension est immédiate, l'acquisition automatique des informations nécessaires à une superposition cohérente des deux mondes pose de sérieux problèmes. D'autant que ces informations évoluent au cours du temps : les déplacements de l'observateur, ses mouvements de tête, le passage d'objets mobiles dans l'environnement et les modifications d'éclairage transforment à chaque instant les images à augmenter.

Un exemple permettra de mieux circonscrire la problématique de la RA : supposons que nous désirions voir un bonhomme de pain d'épice géant à la terrasse du musée des Beaux-arts de Stockholm (figure 1). Pour cela, il faut résoudre plusieurs problèmes :

- 1 Exprimer le fait que le bonhomme (du monde virtuel) est situé sur la terrasse (du monde réel),
- 2 Représenter le bonhomme de manière à ce que sa position et son orientation soient cohérentes avec la position et l'orientation de la terrasse dans la photographie,
- 3 Faire en sorte que les pieds du bonhomme soient grignotés afin d'apparaître comme occultés par le parapet,
- 4 Représenter l'ombre du bonhomme sur la façade du musée.

Il est en fait possible de résoudre le problème 1 de telle sorte que les problèmes 2, 3 et 4 se résument à un seul et unique problème. Cela nécessite de disposer d'un modèle tridimensionnel de la scène observée. La position et l'orientation des éléments virtuels, ainsi que la position des sources lumineuses, peuvent alors être définies par rapport à ce modèle (figure 2.(a)), et l'on se ramène à un problème d'alignement entre un modèle 3D et son observation (figure 2.(b)). En pratique, le modèle est camouflé dans l'image augmentée, de telle sorte que l'on ne puisse voir que les effets des interactions spatiales (occultations, collisions) et photométriques (ombres portées, reflets) entre le modèle et les objets virtuels (figure 1).



# La réalité augmentée

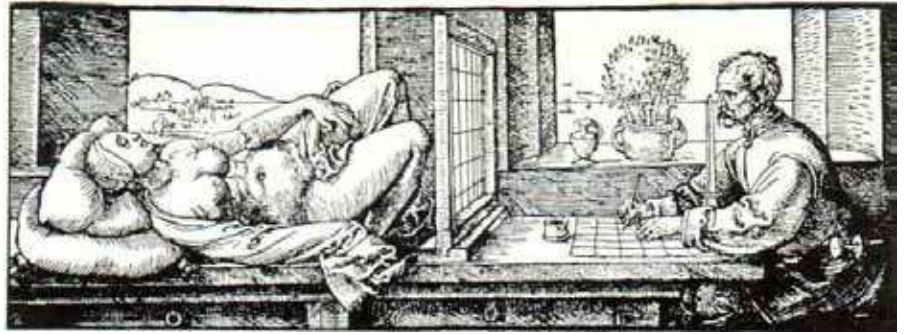


Figure 3 : Albrecht Dürer, Instructions pour mesurer (Le dessinateur de la femme couchée), 1527.



## Alignement des scènes réelle et virtuelle

Le modèle utilisé pour dessiner la scène virtuelle est celui de la perspective conique. Ce modèle a été proposé à la Renaissance afin de représenter le monde conformément à notre propre perception visuelle. Il repose sur l'hypothèse que la lumière se propage en ligne droite, rebondissant éventuellement sur des objets avant d'atteindre notre rétine. La couleur des objets correspond ainsi à notre perception subjective des fréquences d'ondes non absorbées par les objets rencontrés. Une gravure d'Albrecht Dürer (figure 3) montre comment dessiner selon les lois de la perspective conique. Le principe est de regarder la scène à travers une grille, depuis un point de vue d'observation fixe. Chaque case de la grille correspond à une case du dessin, et la position des éléments de la scène relative aux bords des cases est reproduite sur le dessin. Cette technique est encore utilisée de nos jours par de nombreux peintres.

Ce problème de positionnement est commun à la RA et à la robotique. Pour le résoudre, il est possible d'utiliser des capteurs physiques de position et d'orientation : en intérieur, des capteurs magnétiques, optiques ou acoustiques peuvent être utilisés en appliquant le principe de triangulation. La précision de ces capteurs est bonne, mais leur portée est limitée à quelques mètres et leur utilisation nécessite d'installer un dispositif onéreux et complexe à manipuler. En extérieur, une boussole couplée à des accéléromètres et à un gyroscope permet de mesurer une orientation dans le repère terrestre; un capteur tel que le GPS (Global Positioning System) fournit par ailleurs une position (latitude et longitude) dans ce même repère. Il est donc possible de résoudre le problème de l'alignement dans des images capturées depuis un dispositif muni de tels capteurs. Malheureusement, la précision de ces capteurs est faible et sensible aux conditions environnementales et météorologiques. De l'ordre d'une dizaine de mètres pour le GPS et de quelques degrés pour les capteurs d'orientation, elle se traduit fréquemment par des décalages de plusieurs dizaines de pixels dans les images vidéo. Cette précision est suffisante pour des applications visant à afficher des informations textuelles par-dessus les lieux ciblés, mais insuffisante pour d'autres utilisations telles que l'étude d'impact en architecture ou l'aide à la mobilité. À l'heure actuelle, le seul moyen d'obtenir une précision plus importante en milieu extérieur est d'utiliser la vision par ordinateur<sup>(1)</sup>.



**(1) La précision du GPS peut être améliorée notablement en utilisant un GPS différentiel : un réseau de stations fixes de référence transmet au GPS l'écart entre les positions indiquées par les satellites et sa position réelle. Du fait de son coût prohibitif, cette solution n'est cependant pas accessible au grand public.**

Supposons que, son travail accompli, le peintre décide le lendemain de dessiner un drap sur le buste de son modèle. Nous sommes alors dans une situation analogue à celle de la RA, le drap remplaçant la scène virtuelle et le tableau de la veille l'image à augmenter. Le peintre devra alors faire revenir son modèle, le couvrir d'une pièce de tissu supplémentaire, puis lui demander de poser exactement de la même manière que la veille et dans des conditions d'éclairage identiques. Pour que les traits ajoutés au dessin soient correctement alignés avec les éléments apparaissant dans la première version du tableau, il devra aussi positionner la grille et le repère d'observation aux mêmes endroits que la veille. Le problème de l'alignement est donc en fait un problème de positionnement. Dans le cas d'un flux d'images à traiter en temps réel, il est nécessaire de connaître à chaque instant le point de vue de l'observateur ou de la caméra par rapport à la scène observée ou filmée.





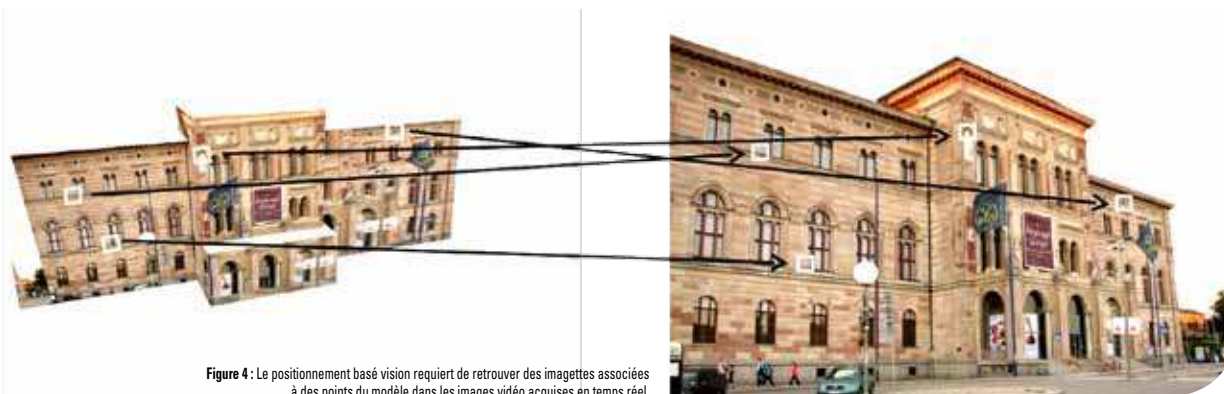


Figure 4 : Le positionnement basé vision requiert de retrouver des imagerie associées à des points du modèle dans les images vidéo acquises en temps réel.

Figure 3 : Instructions pour mesurer (Le dessinateur de la femme couchée), 1527.

## Positionnement basé vision

Puisqu'on cherche à aligner un modèle 3D dans une image, il semble naturel de considérer que l'image elle-même peut aider à résoudre le problème. En effet, si l'on parvient à identifier dans une image vidéo des zones d'ancrage du modèle, il est possible de calculer le point de vue d'observation (position + orientation de la caméra) correspondant à cette image. Ces zones d'ancrage sont la plupart du temps des points (coins ou autres types de points saillants), mais on peut aussi considérer les arêtes du modèle qui correspondent généralement à des gradients forts (contours) de l'image. Si l'on parvient à identifier six points du modèle dans l'image, le point de vue de la caméra associé à cette image est calculable. En pratique, un plus grand nombre de points est utilisé afin de réduire la sensibilité au bruit des mesures.

La principale difficulté réside aujourd'hui dans la capacité à retrouver les primitives du modèle dans les images vidéo. Cette tâche peut être aisée si l'on place des marqueurs artificiels dans la scène, dont les positions sont définies par rapport au modèle. On sait reconnaître des marqueurs artificiels en temps réel depuis une quinzaine d'années, et la majorité des applications de RA utilisent ce procédé. Cependant, l'utilisation de marqueurs n'est pas adaptée aux environnements de grande taille.

Le positionnement sans marqueur repose généralement sur l'utilisation d'un modèle texturé de l'environnement. Le problème revient à retrouver des imagerie associées à des points du modèle dans les images vidéo (figure 4). Malheureusement, les distorsions géométriques dues à la perspective et les variations d'éclairage peuvent rendre les imagerie difficilement reconnaissables dans les images vidéo. Si l'on dispose d'une connaissance approximative du point de vue (par exemple, en utilisant des données capteurs), les déformations dues à la perspective peuvent être atténuées en synthétisant une image du modèle tel qu'il serait observé depuis le point de vue hypothétique. Cependant, il n'est pas toujours possible d'obtenir cette connaissance. Beaucoup de travaux ont visé ces dernières années à retrouver dans une image des imagerie ayant subi une forte distorsion géométrique et/ou photométrique. En fait, plutôt qu'à des imagerie, on s'est intéressé à des descripteurs de points, c'est-à-dire des vecteurs dont les coefficients sont liés à la distribution des valeurs de l'image autour des points détectés. L'objectif étant que ces coefficients soient le plus invariants possible aux changements de points de vue et d'éclairage.



# La réalité augmentée



Figure 10



Figure 11



Figure 5



Figure 6



Figure 7



Figure 8



Figure 9

## Applications actuelles et à venir

La RA est aujourd'hui utilisée dans de nombreux domaines : héritage culturel, urbanisme, e-commerce, santé, éducation, industrie, divertissement, art, etc. Chaque nouvelle technologie de positionnement a apporté son lot de nouvelles applications. Ainsi, il y a plus de dix ans, l'Université de Canterbury a mis à disposition du public un kit de développement appelé ARToolkit, qui permet de construire des applications de RA basées sur l'utilisation de marqueurs artificiels. Des centaines, voire des milliers d'applications reposant sur ce kit ont vu le jour depuis. Il s'agit essentiellement de jeux (figure 5) ou d'applications un peu gadget, parfois utilisées dans le cadre d'opérations de marketing. Mais des applications très intéressantes ont aussi pu voir le jour, comme des ouvrages pédagogiques dont les illustrations apparaissent en RA. Les marqueurs pouvant être facilement manipulés, il est aussi possible de les utiliser pour interagir physiquement avec un environnement virtuel, comme nous l'avons proposé dans une application d'aide à la compréhension des phénomènes lunaires réalisée en collaboration avec l'IUFM de Lorraine (figure 6). Les capteurs physiques de mouvement ont rapidement intéressé les médecins, pour leur précision et leur robustesse en environnements contrôlés. Ils permettent de visualiser des images

médicales tridimensionnelles directement par-dessus le corps du patient ou dans des images issues d'une autre modalité d'acquisition telles que les images endoscopiques (figure 7). Ces capteurs sont aussi utilisés pour aider à réaliser certaines tâches de maintenance ou d'assemblage : l'utilisateur est guidé pas à pas grâce à des indications visuelles se superposant aux pièces à manipuler (figure 8).

La commercialisation à l'échelle planétaire de smartphones équipés de GPS et de capteurs d'orientation a rendu la RA accessible au plus grand nombre. Les premières applications ayant vu le jour permettent d'afficher des informations géoréférencées (stations de métro, sites touristiques et autres points d'intérêts) par-dessus les images capturées en temps réel par la caméra équipant le téléphone (figure 9). Des applications plus dédiées ont suivi, notamment dans les domaines de l'astronomie (figure 10) et de l'aménagement urbain (figure 11).

Les avancées des recherches en vision par ordinateur ont permis d'obtenir des applications sans marqueurs ni capteurs, utilisables en environnements confinés ou sur des parties du corps humain. On peut par exemple essayer des lunettes de vue en RA sur le site Internet de Ray-Ban, à l'aide d'une simple webcam.



Figure 12

En revanche, il faudra encore attendre un peu avant de pouvoir utiliser des méthodes purement visuelles pour la RA en extérieur urbain. Les raisons sont multiples : changements d'apparence de la scène observée entre l'acquisition des modèles et leur utilisation (suivant les saisons, l'heure de la journée, l'état des devantures, l'encombrement des rues, etc.), diversité des caméras utilisées (résolution, mise au point, ...), très grands changements de points de vue d'observation probables, présence de nombreux motifs répétés (toutes les fenêtres se ressemblent !). Coupler les données images à des données capteurs permet de restreindre l'espace de recherche des primitives du modèle et de lever certaines ambiguïtés, mais ne résout pas toutes les difficultés. Des travaux sont en cours pour tenter de résoudre ces divers problèmes.

En dehors des applications basées marqueurs, toutes ces applications reposent sur la connais-

sance d'un modèle 3D de la scène. Les modèles peuvent être obtenus de diverses manières (mesures laser, photogrammétrie, images satellitaires etc.), mais le fait que l'on ne puisse pas s'en passer est une contrainte importante qui exclut d'utiliser la RA dans des environnements non connus a priori. Cela nous prive actuellement d'un grand nombre d'applications de proximité (aménagement de jardins particuliers par exemple) ou visant des environnements éphémères (comme l'affichage d'effets spéciaux immédiatement durant la phase de tournage d'un film). Pour que ce type d'applications puisse voir le jour dans les prochaines années, des chercheurs travaillent sur des méthodes d'acquisition in situ de l'environnement, permettant d'obtenir facilement et rapidement des modèles de scènes, juste avant de démarrer l'application de RA ou en même temps que celle-ci opère (figure 12).

## Conclusion et perspectives

Dans cette brève introduction à la réalité augmentée, nous avons essayé de montrer que si cette technologie permet en effet d'ajouter tout et n'importe quoi à notre champ visuel (l'infographie offre aujourd'hui autant de liberté que la peinture), elle ne permet en revanche pas de le faire en tout lieu et dans n'importe quelles conditions. Le choix de la méthode utilisée pour le positionnement (capteurs physiques, marqueurs artificiels, vision pure ou méthodes hybrides) dépendra de la précision escomptée et du type de scène considérée (intérieur, extérieur, présence ou absence de textures, conditions d'éclairage, etc.). On peut s'attendre à une évolution et peut-être à une convergence des différentes méthodes utilisées aujourd'hui. D'autres dispositifs de visualisation sont aussi en cours d'étude, tels que des lentilles de contact qui permettront un jour d'afficher des éléments infographiques au plus près de nos rétines. Mais augmenter la réalité restera un acte volontaire, nécessitant de se munir d'un dispositif dédié pour voir apparaître les objets ajoutés.

La vision par ordinateur continuera à jouer un rôle important dans les avancées futures, ne serait-ce que pour permettre l'acquisition des modèles. Nous assistons aujourd'hui à l'édification communautaire de bases de données gigantesques de monuments et de constructions modélisés en 3D et déposés quotidiennement sur des SIG (Systèmes d'Information Géographique) tels que Google Earth. Proposer des outils plus efficaces pour aider les contributeurs à modéliser leur environnement proche permettra d'accélérer le processus en cours. Par ailleurs, les imprimantes/scanners de documents plats seront bientôt remplacés par des imprimantes / scanners d'objets solides. Nous pourrions donc bientôt acquérir en 3D nos objets quotidiens, et les dupliquer à volonté.

Dans cet article, nous avons considéré le problème de la RA comme chercheurs en vision par ordinateur. Mais la réalité augmentée fait l'objet d'études dans bien d'autres domaines : robotique, électronique, optique, télécommunication, ergonomie, psychologie cognitive, psychophysologie, philosophie, économie, etc. C'est que la vue est une des fonctions les plus utiles à l'évolution de l'espèce humaine, il convient donc de considérer ses extensions avec le plus grand sérieux !

**Figure 5 :** Jeu de RA sur console Nintendo 3DS. Une simple carte regardée à travers l'écran de la console permet de faire apparaître des personnages en 3D dans l'environnement réel.

**Figure 6 :** Utilisation de marqueurs artificiels pour l'aide à la compréhension de phénomènes astronomiques dans les écoles primaires. Dans cet exemple, le soleil, la terre et la lune peuvent être déplacés par l'enfant pour l'aider à comprendre l'alternance jour/nuit (éclairage d'une sphère), ainsi que les formes apparentes de la lune (vignette en bas à droite) vue par un observateur terrestre, représenté en blanc sur la terre. Stéphanie Fleck (IUFM de Montigny-lès-Metz, Université de Lorraine) et Gilles Simon (LORIA, Université de Lorraine).

**Figure 7 :** Utilisation de la RA comme assistance visuelle à une opération chirurgicale (néphrectomie partielle). Des images CT de l'uretère (en jaune) et de la tumeur (en gris) sont superposées en temps réel à des images endoscopiques. Le cercle en rouge délimite une zone de sécurité permettant l'excision. B. Valgvolgyi et al., Center for Computer-integrated Surgical Systems and Technology, Johns Hopkins University.

**Figure 8 :** Aide à la maintenance sur un moteur Rolls Royce. Des informations infographiques et textuelles indiquent la suite des opérations à suivre. Steven Henderson et Steven Feiner, Columbia CGUI Lab.

**Figure 9 :** Affichage d'informations géoréférencées par-dessus des images capturées en temps réel sur un smartphone. Application Métro Paris sur iPhone et iPod Touch.

**Figure 10 :** Superposition d'informations permettant d'identifier plus de 20000 objets présents dans le ciel nocturne (étoiles, planètes, constellations etc.) en les observant à travers l'écran d'un téléphone portable. Application «Star Walk» sur iPhone et iPad.

**Figure 11 :** Étude d'impact de projets d'aménagement urbain en réalité augmentée. Image obtenue sur iPhone 4 par l'entreprise ARTEFACTO.

**Figure 12 :** Modélisation in situ de l'environnement, utilisant une méthode développée dans l'équipe MAGRIT. Les murs et le sol sont visés à travers la caméra et capturés puis reconstruits en temps réel à l'aide d'interactions simples. Au bout de quelques secondes, une scène virtuelle (ici de simples palmiers) est intégrable à l'environnement modélisé. Une vidéo montrant les opérations effectuées est disponible à l'adresse : [http://www.loria.fr/~gsimon/vc/blobs\\_outdoor.avi](http://www.loria.fr/~gsimon/vc/blobs_outdoor.avi)