

---

# La Réalité Augmentée Adaptative

## Vers une nouvelle expérience de visite au musée

Areti Damala\* — Isabelle Astic\*,\*\* — Stéphane Rovedakis\* —  
Eric Gressier-Soudan\*

\* Laboratoire CEDRIC  
Conservatoire National des Arts et Métiers  
292 Rue Saint-Martin, FR-75141 Paris Cedex 03  
{prenom.nom}@cnam.fr

\*\* Musée des arts et métiers  
292 Rue Saint-Martin, FR-75141 Paris Cedex 03

RÉSUMÉ. Dans cet article, nous présentons le nouveau concept de Réalité Augmentée Adaptative ( $RA^2$ ), qui est constitué de différentes formes d'augmentation (visuelles et sonores) de la réalité tout en prenant en compte l'état du visiteur et son environnement. Ce concept est mis en place en utilisant trois types de capteurs : visuel, acoustique et physiologique, chacun permettant de capturer une dimension nécessaire à l'adaptation du contenu. Ce nouveau type d'application est développé dans le cadre du projet de recherche européen ARTSENSE qui vise à explorer le potentiel de la  $RA^2$  dans le cadre d'une visite culturelle. Cependant pour mettre en place cette nouvelle forme de visite, il est nécessaire de repenser en amont la préparation du contenu afin que celui-ci puisse être adapté correctement par le système.

ABSTRACT. This paper presents the novel concept of Adaptive Augmented Reality ( $A^2R$ ). Adaptive Augmented Reality applications provide visual and acoustic augmentations all by taking under consideration the physiological state of the visitor as well as the surrounding environment using three different types of sensors: visual sensors, acoustic sensors and physiological sensors allowing us thus to accordingly adapt the content. The application examined is developed within the context of the European ARTSENSE project, targeting to explore the potential of Adaptive Augmented Reality within the context of a museum visit. However, in order to realise this approach, it is necessary to examine the modalities of the content preparation and structure so that the latter can be adapted to the visitors' interests.

MOTS-CLÉS : Musées, Réalité Augmentée, interfaces, interaction multimodale, apprentissage informel, pratiques artistiques et culturelles.

KEYWORDS: Museums, Augmented Reality, interfaces, multimodal interaction, informal learning, artistic and cultural practices.

---

## 2 Nom de l'ouvrage

### 1. Introduction

Quel est le potentiel des applications de Réalité Augmentée en tant qu'outil d'apprentissage et de médiation dans un contexte muséal ? A travers le projet ARtSENSE, cette contribution explore les possibilités de la Réalité Augmentée (RA) pour la navigation, l'orientation, et l'interaction lors d'une visite culturelle. Le dispositif de visite proposé par ARtSENSE sera implémenté pour trois institutions culturelles: un musée d'arts décoratifs, un musée d'histoire des techniques et un centre d'arts contemporains.

Selon (Milgram *et al.*, 1994), la RA ajoute à notre perception de l'environnement réel des éléments virtuels avec lesquels l'utilisateur peut interagir. Elle se situerait dans la partie gauche du continuum Réel-Virtuel, à l'opposé de l'environnement virtuel (dans lequel un utilisateur est totalement immergé). Cette définition n'est néanmoins pas suffisante car un système de RA doit également permettre une interaction entre réel et virtuel, en temps réel, et en respectant l'homogénéité perspectiviste (Azuma, 1997). Les principaux composants d'un système de RA sont : une caméra filmant la scène visionnée par l'utilisateur, un système générant les entités virtuelles, des capteurs de position de l'utilisateur et des objets de l'environnement réel et des dispositifs de présentation et d'interaction.

Les systèmes et applications de RA trouvent de nombreuses applications utilitaires dans l'aide à la décision, l'assistance et le guidage, pour des domaines aussi variés que l'architecture, l'industrie, le tourisme, la médecine ou encore l'enseignement. Le projet KARMA propose un système guidant l'utilisateur lors d'opérations simples de maintenance pour la réparation d'une photocopieuse (Feiner *et al.*, 1993). Le même principe a été utilisé par Boeing et Renault pour des opérations d'assemblages industriels (Marsot *et al.*, 2008). Une autre application bien connue est le jeu Human Pacman proposant aux utilisateurs de se partager les rôles des fantômes et des pac-man en fournissant des dispositifs de RA pour visualiser le labyrinthe et les pac-gommes (Cheok *et al.*, 2004).

Dans le domaine du Patrimoine Culturel, la première application développée dans le cadre du projet ARCHEOGUIDE permettait aux visiteurs du site de l'ancienne Olympie de visualiser des monuments disparus ou partiellement conservés tels qu'ils étaient à différentes périodes historiques. L'objectif était de proposer aux visiteurs des reconstructions en 3D des édifices en ruine superposés à l'environnement réel (Vlahakis *et al.*, 2002). Le projet LIFEPLUS développa ce concept en intégrant des hommes virtuels au site archéologique de Pompéi pour permettre aux visiteurs de découvrir des aspects de la vie quotidienne de l'époque (Papagiannakis *et al.*, 2005). Le projet européen CONNECT-ECSITE utilise la RA dans le cadre du patrimoine culturel scientifique pour aider des élèves à mieux comprendre des phénomènes naturels (Anastopoulou *et al.*, 2005).

Le progrès constant de la technologie nous a permis, plus récemment, de commencer des expérimentations avec des dispositifs bien plus légers et mobiles. En 2007 un prototype de guide de visite en RA mobile a été conçu pour le Musée des Beaux Arts de Rennes, afin d'examiner les possibilités d'intégration de la RA mobile dans un guide mobile multimédia d'aide à la visite culturelle et faciliter les tâches

d'orientation et de navigation des visiteurs, tant dans l'espace physique d'une exposition que dans le contenu d'une application mobile (Damala *et al.*, 2008). Le projet ANR GAMME lancé en 2008 a eu comme objectif de pousser plus loin ces études en explorant deux types de dispositifs pour une visite en RA mobile, des UMPC (Ultra Mobile PCs) et des « smartphones » (Houlier, 2009 ; Folcher *et al.*, 2011).

Ce n'est qu'à partir de 2009 que la prolifération des smartphones rend les applications de RA accessibles au grand public, y compris aux visiteurs des musées et aux amateurs d'art. Tel est le cas par exemple des applications de RA mobile proposées par le Stedelijk Museum à Amsterdam (Schavemaker *et al.*, 2011) ou bien par le Andy Warhol Museum (The Andy Warhol Museum Layar, 2010) aux Etats-Unis qui propose une visite augmentée des villes dans lesquelles Andy Warhol a vécu.

Néanmoins, malgré le fait que les applications mobiles de RA deviennent de plus en plus courantes, la RA est toujours qualifiée de technologie *émergeante*, toujours en quête d'idées et d'inspirations pour de nouveaux usages. L'existence de différents types de plateformes de RA plus ou moins immersives (telles que le projet Google Glass, la nouvelle console Nintendo ou bien les smartphones dernière génération) rend difficile la formulation de normes en terme d'interaction et de navigation avec l'environnement réel et augmenté à cause de leurs différences importantes en termes de visualisation, calcul et interaction avec le monde réel et augmentée. Cela oblige la communauté scientifique à se pencher sur la résolution des défis technologiques, très importants mais souvent technocentriques. Ainsi, une grande partie des applications en RA n'appréhende l'humain que comme une entité qui visionne des menus et des boutons, et non comme une entité qui regarde, écoute, pense, réfléchit et éprouve des émotions (Pedersen, 2009).

Dans cet article nous présentons le nouveau concept de Réalité Augmentée Adaptative (RA<sup>2</sup>) visant à adresser ce problème. Puis, nous étudions les contraintes que cela implique sur l'organisation du contenu, en prenant comme cas d'application une visite culturelle, et détaillons dans ce cadre une approche conceptuelle pour répondre à ces contraintes.

## 2. Le concept de Réalité Augmentée Adaptative

Dans cette section, nous allons introduire le concept de Réalité Augmentée Adaptative (RA<sup>2</sup>) et l'illustrer en présentant un projet implémentant cette approche.

### 2.1. Définition de la Réalité Augmentée Adaptative

Contrairement à l'approche de RA considérant l'utilisateur comme un spectateur passif, la finalité de l'approche de Réalité Augmentée Adaptative (RA<sup>2</sup>) est de placer

#### 4 Nom de l'ouvrage

celui-ci au centre du système en donnant une plus grande importance au contexte visuel, acoustique et émotionnel de l'utilisateur, permettant d'offrir une expérience de visite en RA plus immersive, unique et personnalisée dans un cadre d'application donné. Cette approche ouvre de nombreuses perspectives sur la compréhension de l'impact du visuel et de l'acoustique sur l'affectif.

Le concept de RA<sup>2</sup> se définit à l'aide de trois composantes :

– **Augmentation visuelle** : Pour fournir une augmentation visuelle correspondant aux désirs de l'utilisateur, il est primordial d'en analyser le comportement oculaire. Cela peut fournir de précieuses informations sur les éléments visuels qui attirent son regard. Récemment, des systèmes d'oculométrie mobile ont fait leur apparition, permettant d'analyser l'attention visuelle d'un individu. Par exemple, (Milekic, 2010) décrit la manière dont ce type de système peut être utilisé dans un musée afin de collecter des informations utiles pour l'apprentissage.

– **Augmentation acoustique** : L'augmentation acoustique est un des moyens de créer une expérience immersive pour l'utilisateur. Cependant, les spécificités de son environnement sonore doivent être prises en compte car elles peuvent avoir un impact direct sur son expérience perçue, comme les divers événements acoustique ou bruits à proximité de l'utilisateur. Leur analyse a été reconnue récemment comme une précieuse source d'informations. (Atrei *et al.*, 2006) ont analysé plusieurs signaux audio afin de détecter diverses activités humaines autour d'un utilisateur : prise de photos, cris ou bruits de pas. Ces informations peuvent être utilisées couplées à des effets sonores comme la spatialisation 3D pour améliorer l'expérience d'un utilisateur et augmenter son niveau d'engagement.

– **Augmentation émotionnelle** : L'analyse des réactions émotionnelles et affectives d'un utilisateur est la dernière composante de la RA<sup>2</sup> constituant sa clé de voûte. Les signaux issus du cerveau et du corps fournissent des informations cruciales sur l'état psychologique de l'utilisateur. Une approche basée sur l'analyse psychophysiologique peut être très utile car elle permet d'obtenir des informations en continue et en temps réel. Elle peut ainsi être utilisée par un système adaptatif pour prendre les décisions appropriées (Fairclough, 2009). Par exemple, dans un musée si la physiologie d'un visiteur indique qu'il ressent des émotions positives devant une œuvre, alors un système adaptatif peut dynamiquement lui proposer des informations en relation avec celle-ci. Cette dernière composante associée aux deux précédentes permet donc de détecter ce qui suscite de l'intérêt pour un utilisateur dans un cadre d'application donné, et particulièrement pour une application de RA.

#### 2.2. *Le projet européen ARtSENSE*

ARtSENSE est un projet de recherche européen ([www.artsense.eu](http://www.artsense.eu)) et a pour objectif de créer un prototype permettant d'implémenter l'approche de RA<sup>2</sup> dans un contexte muséal. Il regroupe dix partenaires de six pays européen. Sept partenaires technologiques sont en charge de la réalisation du prototype. Trois

musées participent également au projet : le Musée des arts et métiers (MAM) à Paris, le Foundation of Art and Creative Technology (FACT) à Liverpool et le Museo Nacional de Artes Decorativas (MNAD) à Madrid. Ils ont été choisis pour leurs collections d'objets et leurs publics très différents. Leur implication permet de démontrer le potentiel de l'approche de la RA<sup>2</sup> dans des scénarios assez variés et complémentaires (Damala *et al.*, 2012). Ainsi, le MNAD prévoit de travailler sur un décor de cuisine en carreaux de terre cuite décorés, typique de la ville de Valence. Ce décor, en deux dimensions, dispose d'une abondante iconographie qui permet une visite assez structurée. Le FACT propose d'appuyer la visite sur les signatures réalisées par des artistes célèbres sur le poteau central de son bâtiment. Ces signatures sont utilisées comme support de navigation dans un contenu très riche utilisant de nombreux médias. Le MAM possède des objets favorisant une visite en 3D réelle (possibilité d'évoluer autour de ceux-ci), permettant de jouer sur la profondeur physique de la scène. Le cas d'étude du MAM est le laboratoire de Lavoisier.

Le prototype développé au sein du projet utilise trois types de capteurs : un dispositif de lunettes de RA (visuel), des micros (acoustique) et enfin plusieurs biocapteurs (psychophysiologique). Le dispositif visuel permet de voir la scène réelle tout en projetant du contenu digital dans le champ de vision de l'utilisateur. Une caméra embarquée « frontale » capte le champ de vision, un oculomètre analyse le regard du visiteur face à une œuvre pour déterminer ce qu'il est susceptible de regarder. Le système comprend des micros omnidirectionnels chargés de capter divers événements acoustiques autour du visiteur (alarme, personnes à proximité ou bruit de fond) qui peuvent influencer l'attention du visiteur. Le système détecte tout d'abord un événement acoustique, évalue le type et le niveau de perturbation, puis détermine la direction de l'événement. Enfin, plusieurs biocapteurs déterminent la réaction physiologique du visiteur face à une œuvre ou au contenu digital fourni. Trois types de mesures sont réalisés : le rythme cardiaque, le niveau de conductivité de la peau sur la paume de la main et l'activité cérébrale.

Grâce aux informations fournies par l'ensemble des capteurs, le système détecte l'intérêt du visiteur pour une œuvre ou du contenu digital. Pour cela, le système cherche tout d'abord à déterminer l'attention visuelle du visiteur grâce aux informations issues du dispositif de RA (oculomètre) et des micros. Ainsi, lorsqu'une fixation visuelle d'environ 3s est décelée sans événement acoustique perturbant (ou paroles venant du visiteur), un contenu introductif associé à l'élément de son champ de vision suscitant l'attention visuelle est présenté. Simultanément, les informations reçues par les divers biocapteurs sont enregistrées et associées à un modèle d'états psychophysiologiques afin de calculer le niveau d'intérêt du visiteur. La réaction physiologique du visiteur est analysée suivant deux périodicités : avec une fenêtre d'environ 5s pour évaluer l'intérêt sur le contenu fourni, et une fenêtre d'environ 30s pour l'évaluer sur l'ensemble du sujet traité. Le niveau d'intérêt du visiteur sera ensuite utilisé par le système afin de recommander du contenu supplémentaire.

## 6 Nom de l'ouvrage

### 3. Mise en oeuvre d'une visite en RA<sup>2</sup>

Le principe de RA<sup>2</sup> modifie la façon de concevoir une visite en RA dans un musée aussi bien dans l'organisation du contenu que dans la conception de celui-ci. Dans cette section, nous décrivons les contraintes rencontrées lors d'une mise en œuvre de ce principe. De plus, nous présentons la modélisation développée dans le cadre du projet ARTSENSE pour l'organisation du contenu et la démarche qui en ont découlées pour adresser ces contraintes au sein du MAM.

#### 3.1. Aspects conceptuels

Pour permettre au visiteur de dialoguer et naviguer à travers les environnements réel l'entourant et virtuel perçu via le dispositif de RA, l'environnement réel doit être modélisé dans le monde virtuel. De même, le contenu digital doit être structuré afin de faciliter l'adaptation du contenu au comportement du visiteur. Ces deux modélisations et leur mise en relation sont présentées dans cette sous-section.

##### 3.1.1. Structuration de la scène physique

La manière dont l'environnement réel est perçu visuellement par un visiteur est un élément déterminant pour organiser le contenu multimédia lié à la scène physique. L'oculométrie est une approche pour obtenir ce type d'informations, mais est encore peu utilisée dans le cadre de visite en RA. (McNamara, 2011) (McNamara *et al.*, 2012) étudient si l'utilisation d'oculomètre peut faciliter la compréhension d'une œuvre. En utilisant la position du regard du visiteur, donnée par un oculomètre associé à un guide en RA, ils modifient la périphérie de son champ de vision afin de guider intentionnellement son regard sur l'œuvre, suivant un scénario narratif pour en faciliter la compréhension. La peinture « Le tribut de St Pierre » de Masaccio fut le support de leur première expérimentation et servit de base aux suivantes. L'artiste y a représenté trois actions temporellement successives. De multiples entrées visuelles sont possibles : le tableau dans son ensemble, ou chacune des petites scènes détaillées. Pour rendre compte de cette structure particulière, (McNamara *et al.*, 2011) modélisent ce tableau en une scène globale (le tableau), subdivisée en plusieurs petites scènes (les zones d'intérêt).

Pour les besoins du projet ARTSENSE nous avons choisi d'ajouter un niveau de hiérarchie supplémentaire au modèle de (McNamara *et al.*, 2011). Notre scène physique se découpe donc en trois éléments : **la scène** (ensemble de la scène physique auquel le visiteur s'intéresse), **les sous-scènes** (parties de la scène) et **les Points d'Intérêts** ou **PoI** (éléments physiques d'une sous-scène pouvant intéresser le visiteur et pour lequel il existe du contenu digital).

### **3.1.2. Organisation du contenu digital**

La mise en relation de contenus digitaux avec un environnement physique dans le cadre d'une visite de musée est en général réalisée à l'aide d'un guide audio ou multimédia. Le standard TourML (Stein *et al.*, 2011) semble devenir un standard de construction des contenus d'audio-guide. Son modèle comprend des entités médias numériques unitaires (« assets »), des associations d'entités médias (« stops ») qui doivent être joués ensemble, et des relations unidirectionnelles entre deux associations d'entités (« connections »). Malheureusement, ce standard ne permet pas de réagir à des changements dynamiques de centres d'intérêts. (Veyret *et al.*, 2009) ont étudié cet aspect pour la conception d'un guide virtuel en RA dans un aquarium. Afin de présenter les poissons au fur et à mesure de leur entrée imprévisible dans l'environnement du guide, les explications audio ont été divisées en trois catégories : un contenu élémentaire non interruptible, un ensemble comprenant tous les contenus élémentaires concernant une espèce de poisson et des phrases de transition pour passer d'un sujet à un autre. Une transition est décidée lors de l'apparition d'une espèce de poisson non encore présentée, mais aussi en fonction de métadonnées indiquant le niveau d'intérêt de chaque espèce défini par des spécialistes de la médiation de l'aquarium.

Une visite en RA<sup>2</sup> est une visite dynamique et se rapproche de ce type de visite car le visiteur peut interagir en permanence avec le monde réel, marquant ainsi potentiellement son intérêt sur un nouveau sujet. La RA<sup>2</sup> pouvant utiliser divers médias, nous avons donc choisi de regrouper le contenu digital selon deux niveaux de granularité pour être rattaché aux PoIs de la scène physique :

- **Le Bloc de Contenus (BC)** : récipient de plusieurs Unités de Contenu (UC) digitales ancrées sur la même sous-scène ou PoI du monde physique. Un BC représente le contenu multimédia disponible pour une partie annotée de la scène.
- **L'Unité de Contenu (UC)** : contenu digital qui peut être délivré aux visiteurs (images, textes, vidéos, commentaires audio) et placée dans un ou plusieurs BC.

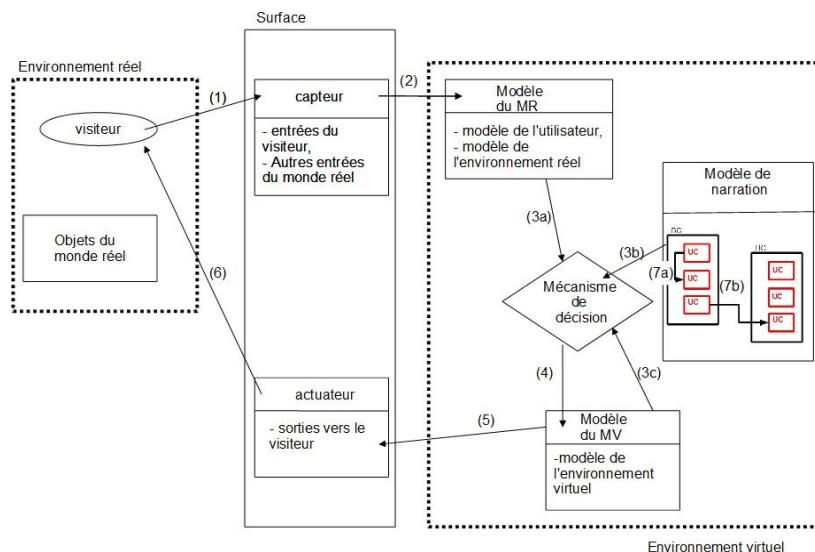
### **3.1.3. Mise en relation de ces deux modèles : adaptation du contenu**

Les concepts introduits jusqu'ici permettent de structurer le contenu lié à une scène physique dans le cadre d'une visite en RA<sup>2</sup>. Il nous faut maintenant en définir les mécanismes d'adaptation en fonction de l'intérêt, de l'état du visiteur et de son environnement. L'analyse des interactions entre le monde réel et un monde virtuel a déjà été réalisée dans le cadre des recherches sur les Jeux Multi-joueurs Ubiquitaires (JMU). Une action du monde réel y possède une influence dans le monde virtuel et inversement. (Yan, 2008) modélise cette relation particulière comme un système d'asservissement (action/réaction), dialoguant par une surface. Cette dernière détermine les modalités d'interactions entre les deux mondes à l'aide de couples (capteurs, actuateurs). Chaque action de l'utilisateur initie un enchaînement d'actions successives qui s'achève par la présentation à l'utilisateur de l'effet de cette action. Pour déterminer la réaction appropriée, les mondes réel et virtuel sont modélisés.

## 8 Nom de l'ouvrage

Ce modèle peut être adapté pour une visite en RA<sup>2</sup>. Ainsi, le modèle du monde réel (MR) comprendra au moins une représentation virtuelle de l'environnement réel, organisée en scène, sous-scène et points d'intérêt, et le modèle du visiteur (sa position, son niveau d'intérêt). Le modèle du monde virtuel (MV) comprendra l'environnement virtuel déterminé par les divers éléments de RA à fournir au visiteur, correctement positionnés sur la représentation virtuelle de la scène physique. Le modèle de narration est déterminé par l'organisation des contenus et les liens avec les objets réels.

Dans de telles conditions (voir Figure 1), un visiteur qui manifeste un intérêt pour une sous-scène ou un PoI ou qui sélectionnera un contenu (flèche (1)) provoquera une modification de la représentation virtuelle de son regard dans le MR et la mémorisation de son niveau d'intérêt (mise à jour du modèle du MR, flèche (2)). En fonction de cette mise à jour et du modèle de narration (flèches (3a, 3b, 3c)), un mécanisme de décision déterminera quelles unités de contenus proposer au visiteur, ce peut être soit du contenu additionnel dans la même thématique (flèche (7a)) soit un contenu d'une autre thématique (flèche (7b)). Le système reconstitue une nouvelle scène virtuelle (flèche (4)), qui est superposée à l'environnement réel par le principe de RA (actuateur) et soumis au visiteur (flèches (5, 6)).



**Figure 1 :** Relations entre les environnements réel et virtuel adapté de [Yan08].

Le choix des contenus additionnels ou différents s'effectue suivant l'état du visiteur mais aussi en fonction des liens existants entre les contenus dans le modèle de narration. Certains contenus pourraient, par exemple, n'être diffusés que dans un certain ordre ou lorsque le visiteur atteint un certain degré d'intérêt. Des

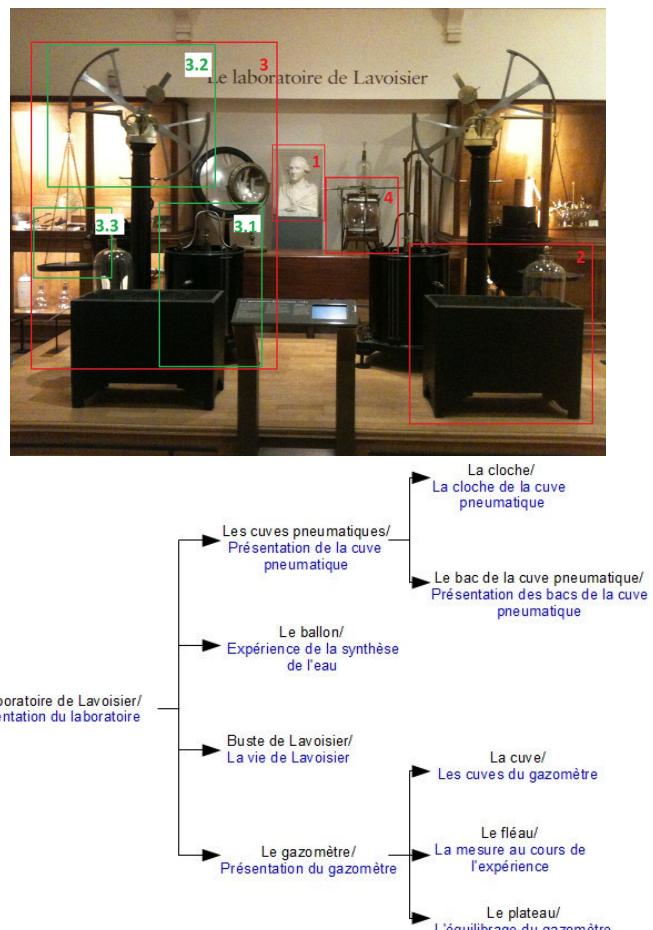
métadonnées d'état du visiteur et sémantiques sont nécessaires pour sélectionner finement les informations à proposer au visiteur.

### 3.2. Démarche suivie dans le cas d'étude du Musée des arts et métiers

Dans le cadre du MAM, le laboratoire de Lavoisier fut choisi car celui-ci est l'un des objets les plus emblématiques du MAM. Le personnage d'Antoine-Laurent de Lavoisier, son travail scientifique révolutionnaire, l'importance de ces instruments scientifiques font que beaucoup de ressources documentaires et multimédia sont disponibles. De nombreux angles de discours sont possibles, permettant de passer d'une vision technique à une vision historique, nécessitant de structurer les données.

#### 3.2.1. Structuration des discours

C'est autour de l'expérience de la synthèse de l'eau que se définit la visite. La structure hiérarchique présentée précédemment fut adoptée pour guider le visiteur durant sa découverte du laboratoire composé d'un grand nombre d'instruments (voir Figure 2, haut). Il en découle un arbre des discours s'appuyant sur les notions de scène (le laboratoire dans son entier), de sous-scènes (instruments scientifiques, cadres rouges) et de PoIs (composantes de ces instruments, cadres verts). Par exemple, le gazomètre constitue une sous-scène (cadre rouge n°3), décomposée en 3 PoIs : la cuve, le fléau et le plateau (resp. cadre vert n° 3.1, 3.2 et 3.3).



**Figure 2 : Décomposition hiérarchique du Laboratoire de Lavoisier (en haut),  
Association des discours aux objets (en bas).**

## 10 Nom de l'ouvrage

Les thématiques du discours s'enracinent dans chacun des objets (Figure 2, bas, texte noir), mais se détaillent autours du rôle particulier de chaque objet du laboratoire lors de la synthèse de l'eau (texte bleu). Mais, cet arbre ne permettait pas d'aborder d'autres points comme l'impact de cette expérience sur le monde scientifique d'alors, ou la précision apportée à la mesure. Beaucoup de choses étaient à dire sur le contexte historique de l'expérience et de la vie de Lavoisier, ne pouvant se résumer en un seul élément de discours. Ceux-ci devaient donc être reliés aux précédents par des métadonnées d'ordre sémantique, structurant le discours selon deux axes : le lien avec les objets physiques et les liens sémantiques.

Ces choix réalisés, il fallait ensuite adapter le discours aux possibilités du dispositif ARtSENSE. Cela revenait à structurer non plus les discours entre eux mais le contenu de ceux-ci de façon à pouvoir utiliser au mieux les fonctionnalités de l'outil de diffusion.

### 3.2.2. Structuration des contenus : Définition des Unités d'Intérêt

L'un des objectifs de la RA<sup>2</sup> est d'adapter le contenu à l'intérêt du visiteur, calculé par le système comme décrit en Section 2.2. Or celui-ci peut s'enthousiasmer pour un point très précis du sujet abordé ou pour l'ensemble du sujet lui-même. Cette différence de comportement peut être détectée grâce aux analyses effectuées par les capteurs toutes les 5s ou sur une période de 30s. Par exemple, lors de l'écoute du discours sur «La vie de Lavoisier» :

« *Antoine Laurent de Lavoisier est né en 1743 dans une famille d'avocats et meurt en 1794, à l'âge de 51 ans, guillotiné durant la Révolution Française.*

*Son travail à la Ferme Général lui permet de rencontrer sa femme, fille de son supérieur Jacques Paulze. Il épouse Marie Anne Paulze, âgée de 13 ans, fille de son supérieur à la Ferme Général, le 16 décembre 1771. Il en a 28.*

*Après ses études au collège, où il étudie la chimie, la botanique, l'astronomie et les mathématiques, il effectue des études de droit à l'Université qui lui permettront de faire carrière dans l'Administration Royale puis Révolutionnaire. »*

Si le visiteur manifeste un intérêt pour un des paragraphes, uniquement, le système lui proposera un contenu sur, respectivement, « L'époque de Lavoisier », « Mme Lavoisier » ou « Les différents métiers de Lavoisier ». Par contre, s'il manifeste un intérêt pour plus d'un paragraphe, le système supposera que le sujet l'intéresse globalement et lui proposera de l'approfondir en écoutant le contenu « Lavoisier scientifique ». Ce principe reste le même pour tout type de média. Une structuration hiérarchique du contenu apparaît, dont le niveau le plus bas a une durée approximative de 5s, et est appelé « Unité d'Intérêt » (UI). Ainsi, dans l'exemple ci-dessus, la phrase « *Antoine Laurent de Lavoisier est né...* » est une UI.

### 3.2.3. Structuration des contenus : Caractéristiques des UCs

Dans ce contexte, une UC est un ensemble d'UIs. En effet, la nécessité d'attendre une fenêtre de 30s pour savoir si le visiteur éprouve de l'intérêt pour une UI ou pour un ensemble d'UIs (l'UC) impose que ce dernier ne puisse pas être interrompu.

Chaque UC est donc **insécable** et composée d'au minimum trois UIs. Des UCs peuvent être reliées entre elles pour permettre de développer un sujet de façon plus approfondie. Par exemple, « Lavoisier scientifique » permet de développer une des qualités de Lavoisier.

L'UC doit également être **autonome**. En effet, les liens possibles entre les différents discours permettent d'arriver à une UC par différents chemins. Par exemple, l'UC « La fortune de Lavoisier » retrace l'origine et le niveau de la fortune personnelle du savant. Durant la visite, cette UC peut être atteinte de deux façons :

- Le visiteur s'intéresse en tout premier lieu au buste de Lavoisier. Il écoutera alors le fichier audio retraçant « La vie de Lavoisier ». Son contenu ne lui plaît pas, le dispositif va alors le rediriger vers les instruments scientifiques pour attirer son attention sur ceux-ci. Pour faire une transition avec ce qu'il vient d'écouter, il proposera au visiteur le discours sur « La fortune de Lavoisier » dans lequel une UI parle des instruments scientifiques.

- Le visiteur s'intéresse en premier lieu au gazomètre. L'UC « Présentation des gazomètres » le captive. Le dispositif enchaîne sur « La commande des gazomètres ». Son intérêt ne diminue pas, le dispositif lui proposera « La fortune de Lavoisier », afin de comprendre le caractère exceptionnel de ces instruments.

Ainsi, le visiteur n'aura pas forcément entendu le même discours avant de prendre connaissance de l'UC « La fortune de Lavoisier ». Nous ne pouvons donc préjuger de la connaissance déjà acquise par le visiteur au cours de sa visite. Cette contrainte ne diminue pas pour autant la qualité du message. En effet, 30s permet de développer des contenus suffisamment longs et riches.

### **3.2.4. Structuration des contenus : L'élaboration des liens entre les UCs**

Si l'autonomie et l'insécabilité des UCs nous assurent de donner un contenu essentiel au visiteur, le risque est toutefois grand qu'il vive une visite « kaléidoscope », sautant d'un contenu à un autre. La visite pourrait ne plus avoir de cohérence empêchant le visiteur de comprendre le message central du discours.

Les UCs doivent donc être reliées par des métadonnées d'ordre sémantique. Par exemple, le mot clé « instrument scientifique » permet d'associer « la présentation des gazomètres », à « la commande du gazomètre », « la fortune de Lavoisier » et « les constructeurs d'instruments scientifiques au XVIIIème siècle », les regroupant dans une même thématique « les instruments scientifiques au XVIIIème siècle ». Ces ensembles cohérents forment les BCs du modèle.

Le modèle finalement adopté au MAM est donc un modèle à trois niveaux : BC, UC et UI. Chaque UI permet de proposer un lien vers une UC. Chaque UC renvoie vers une autre UC, du même BC lors d'un approfondissement ou d'un autre BC lors d'un changement de sujet. Il permet ainsi d'enchaîner les contenus selon les centres d'intérêt du visiteur et selon un parcours cohérent assurant une visite enrichissante.

#### **4. Conclusion, perspectives et travaux futurs**

Dans cet article, nous avons exploré un nouveau concept de RA, la RA<sup>2</sup> qui vise à la création d'une nouvelle expérience de visite personnalisée dans le contexte muséal. Cette approche est basée sur des augmentations visuelle et sonore, et en compte l'état affectif et physiologique du visiteur. L'objectif principal de cette approche est de proposer du contenu suscitant l'intérêt du visiteur grâce aux données recueillies par divers capteurs (visuel, acoustique et physiologique). Il est néanmoins nécessaire de revoir l'organisation du contenu, ce cadre induisant de nouvelles contraintes. C'est pourquoi, une approche conceptuelle hiérarchisant l'environnement réel et virtuel adapté à une visite en RA<sup>2</sup> a été présentée, puis la démarche suivie au MAM pour mettre en œuvre cette approche a aussi été décrite.

L'analyse des données recueillies par les capteurs est un autre enjeu scientifique important de la RA<sup>2</sup>. En effet, elles peuvent nous éclairer sur des questions de fond liées à notre perception et au processus d'apprentissage dans un musée. Les données issues d'un oculomètre permettent de cartographier l'intérêt visuel des composantes d'une œuvre d'art. Ces informations sont primordiales afin de structurer un discours pour captiver l'intérêt des visiteurs. De même, les données des capteurs physiologiques peuvent être analysées pour examiner le type de contenu qui a un fort impact cognitif et affectif sur les visiteurs. Une autre approche complémentaire pour analyser l'impact d'un contenu sur les visiteurs serait de donner la possibilité aux visiteurs de laisser des traces (numériques) dans son environnement (musée). Celles-ci pourraient ainsi être analysées par la suite à l'aide d'approches informatiques utilisées pour traiter de grandes masses de données (problématique du « Big Data »), afin de recueillir et traiter de façon automatisée les sentiments des visiteurs. Ce traitement pourrait être dénommé *analyse des sentiments* (ou *sentiment processing*).

De nombreux autres aspects sont à explorer tels que le confort, la robustesse, l'acceptabilité et l'utilisabilité de ce type de dispositif, ainsi que les méthodes d'interaction et de navigation dans les contenus narratifs proposés lors d'une visite de RA<sup>2</sup>. Dans le cadre du projet ARtSENSE, une première étude publique menée durant l'été 2012 a révélé que l'acceptabilité aux capteurs physiologiques était sensiblement différente d'un musée à l'autre, ce qui peut être dû aux différents publics touchés. De nouvelles études comparatives de l'expérience de visite permettront d'avoir des retours instructifs pour utiliser au mieux tout le potentiel de la RA<sup>2</sup>, notamment concernant la validation de l'approche d'organisation des contenus présentée ici.

#### **5. Bibliographie**

Anastopoulou S., Sotiriou S., Connect: *Designing the Classroom of Tomorrow by using Advanced Technologies to connect formal and informal learning environments, Implementation Guide*, Athens, 2005.

- Atrei P., Maddage M.C., Kankanhalli M.S., "Audio based event detection for multimedia surveillance", *IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP)*, Toulouse, France, 2006, p. 813-816.
- Azuma R.T., A survey of augmented reality, *Presence-Teleoperators and Virtual Environments* 6.4 (1997), p. 355-385.
- Cheok A.D., Goh K.H., Liu W., Farbiz F., Fong S.W., Teo S.L., Li Y., Yang X., "Human Pacman: a mobile, wide-area entertainment system based on physical, social, and ubiquitous computing", *Personal and Ubiquitous Computing*, vol. 8, n°2, 2004, p.71-81.
- Damala A., Cubaud P., Bationo A., Houlier P., Marchal I., "Bridging the Gap between the Digital and the Physical: Design and Evaluation of a Mobile Augmented Reality Guide for the Museum Visit", *3rd International Conference on Digital Interactive Media in Entertainment and Arts (DIMEA 2008)*, ACM, p. 120-127.
- Damala A., Stojanovic, N., "Tailoring the Adaptive Augmented Reality (A2R) Museum Visit: Identifying Cultural Heritage Professionals' Motivations and Needs", *IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality 2012 (ISMAR 2012)*, Arts, Media and Humanities Proceedings, November 5-8 2012, Atlanta, USA, p. 71-80.
- Fairclough S.H., "Fundamentals of physiological computing", *Interacting with Computers*, vol. 21, n°1-2, 2009, p. 133-145.
- Feiner S., Macintyre B., Seligmann D., "Knowledge-based augmented reality", *Communications of the ACM*, vol. 36, n°7, 1993, p. 53-62.
- Folcher V., Bationo-Tillon A., « De l'interaction homme-machine à l'activité médiatisée : apports et limites de la réalité augmentée en situation de visite muséale », *Revue des Interactions Humaines Médiatisées*, vol. 2, N°2, p. 3-24.
- Houlier P., « Le projet GAMME, Usages en mobilité », *Culture et Recherche*, n° 118-119, automne-hiver 2008-2009, p. 36.
- Marsot J., Govaere V., « Prévention des risques en maintenance industrielle: apports et limites des techniques de réalité augmentée », *20th International Conference of the Association Francophone d'Interaction Homme-Machine*, ACM, 2008, p. 51-54.
- McNamara A., "Enhancing art history education through mobile augmented reality", In Proceedings of the *10th International Conference on Virtual Reality Continuum and Its Applications in Industry (VRCAI '11)*, ACM New York, p. 507-512.
- McNamara A., Booth T., Sridharan S., Caffey S., Grimm C., Bailey R., « Directing gaze in narrative art », *Symposium on Applied Perception*, New York, USA, 2012, ACM, p.63-70.
- Milgram P., Kishino F., "A taxonomy of mixed reality visual displays", *IEICE TRANSACTIONS on Information and Systems*, vol. E77, n°12, 1994, p. 1321-1329.
- Milekic S., "Gaze-Tracking and Museums: Current Research and Implication", *Museums and the Web 2010*, Toronto: Archives & Museum Informatics. En ligne : <http://www.museumsandtheweb.com/mw2010/papers/milekic/milekic.html>, consulté le 25 juin 2013.

## 14 Nom de l'ouvrage

- Papagiannakis G., Schertenleib S., O'Kennedy B., Arevalo Poizat M., Magnenat Thalmann N., Stoddart A., Thalmann D., "Mixing Virtual and Real scenes in the site of ancient Pompeii", *Computer Animation and Virtual Worlds*, vol. 16, n°1, 2005, p.11-24.
- Pedersen I., "Radiating Centers: Augmented Reality and Human-Centric Designs", *International Symposium on Mixed and Augmented Reality*, 2009, IEEE, p. 11-16.
- Schavemaker M., Wils H., Stork P., Pondaag E., "Augmented Reality and the Museum Experience", *Museums and the Web 2011*, Toronto: Archives & Museum Informatics. En ligne : [http://www.museumsandtheweb.com/mw2011/papers/augmented\\_reality\\_and\\_the\\_museum\\_experience](http://www.museumsandtheweb.com/mw2011/papers/augmented_reality_and_the_museum_experience), consulté le 25 juin 2013.
- Stein R., Proctor N., "TourML: An Emerging Specification for Museum Mobile Experiences", *Museums and the Web 2011*, Toronto: Archives & Museum Informatics. En ligne : [http://www.museumsandtheweb.com/mw2011/papers/tourml\\_an\\_emerging\\_specification\\_for\\_museum\\_mo](http://www.museumsandtheweb.com/mw2011/papers/tourml_an_emerging_specification_for_museum_mo), consulté le 25 juin 2013.
- The Andy Warhol Museum Layar, 2010 : <http://www.warhol.org/connect/mobile/>, consulté le 25 juin 2013.
- Veyret M., Maisel E., Tisseau J., « Guide Virtuel Autonome Immergé dans un environnement réel dynamique », *Technique et Science Informatiques*, vol. 28, n°6-7, 2009, p. 831-856.
- Vlahakis V., Ioannidis M., Karigiannis J., Tsotros M., Gounaris M., Stricker D., Gleue T., Daehne P., Almeida L., "Archeoguide: An augmented reality guide for archaeological sites", *Computer Graphics and Applications*, vol. 22, n°5, 2002, IEEE, p. 52-60.
- Yan C., Jeux Vidéo Multijoueurs Ubiquitaires Adaptatifs : Principes de conception et architecture d'exécution, Thèse de doctorat, Laboratoire CEDRIC, CNAM Paris, 2008.