L’approche fonctionnelle par réalité augmentée en STI2D.

Luc Antonelli[1], Marjolaine Chatoney[1],
luc.antonelli@etu.univ-amu.fr, marjolaine.chatoney@univ-amu.fr ,

[1] ADEF, Aix Marseille Université

Résumé
Cette recherche explore les effets de la réalité augmentée (RA) dans le processus d’enseignement-apprentissage (EA) en technologie. L’enseignement de la technologie a pour caractéristiques d’évoluer avec les nouvelles technologies industrielles La multi modalité générée par la RA devrait permettre aux élèves d'effectuer des parcours d'apprentissages différents en fonction de leur niveau, besoins, préférences et rythme de chacun. Cet article présente une expérimentation de mise en œuvre de la RA avec des élèves de Sciences et Techniques Industrielles du Développement Durable (STI2D).

Mots-clés : réalité augmentée, enseignement, apprentissage, technologie, projet.

La Réalité Augmentée (RA) en tant qu’instrument utile pour la perception du monde, est une technologie qui par comparaison à d’autres, comme la vidéo, la modélisation 3D, possède d’autres fonctions qui vont bien au-delà du seul concept technologique. Elle combine le virtuel et le réel et donne l'illusion d'une intégration parfaite à l'utilisateur. Embarquée dans une application mobile**,** il devient alors possible de faire des démonstrations de fonctionnement de système de manière fidèle. Les parties mobiles sont animées (bras articulés, engrenages, personnages, etc.) et permettent de visualiser le fonctionnement d’une machine ou d’un objet. L’ajout de parties interactives, permet d’accéder à des informations supplémentaires (fiches informatives, éléments zoomés, vidéos de compréhension) et de mieux comprendre le fonctionnement. Cette plus-value en fait un outil qui s’est implanté en formation d’entreprise et qui commence à être introduit dans l’enseignement. Il en va ainsi des travaux de Ruiz-Ariza, A., Casuso, R. A., Suarez-Manzano, S., & Martínez-López, E. J. (2018) qui ont mis en évidence que la RA agit sur les performances cognitives liées à la mémoire, l’attention et la concentration et le raisonnement scientifique d’adolescents espagnols. Dans le registre de l’apprentissage de l’écriture, Wang, Y.-H. (2017) la RA est utilisée comme un instrument par des élèves secondaires.

L’enseignement de la technologie en France se fonde sur la démarche de projet industriel et vise la compréhension des systèmes techniques. Leur compréhension passe par l’identification des fonctions, de la structure (ensemble des éléments qui assurent ces fonctions), et des solutions techniques. L’approche vise à aider les étudiants à améliorer leurs connaissances par la mobilisation d’un raisonnement fonctionnel, non linéaire.

Dans la littérature, de nombreuses recherches examinent le rôle des outils, instruments, artefacts dans ce processus d’EA (Laisney, 2012 ; Chatoney, Impedovo, 2020). La plupart de

ces études sont réalisées dans les enseignements de sciences et technologie, par nature expérimentaux et confrontés aux outils. Ces recherches didactiques y décrivent la dynamique d'apprentissage par confrontation au réel fonctionnel et aux nouvelles technologies. Elles croisent différents cadres théoriques qui viennent compléter le regard didactique : les théories de l'activité instrumentale (Rabardel, 1995) associées à celle des apprentissages (Ginéstié, Tricot, 2013 ; Hérold, 2019) et permettent ainsi de comprendre comment et pourquoi un élève apprend en classe. Comprendre l'activité des élèves en situation expérimentale étayée par des artefacts matériels et sémiotiques, implique une analyse de la tâche prescrite par l'enseignant. Cette analyse à priori permet d'identifier les savoirs en jeu. L'analyse de l'activité des élèves en train de réaliser la tâche met en évidence les processus cognitifs activés pour la réaliser.

Dans ce contexte, nous pensons que les données embarquées dans la RA, juxtaposées sur un système technique, permettent aux élèves d'être plus performants en analyse de systèmes notamment par l'identification de savoirs technologiques fondamentaux tels que les fonctionnalités, le principe de fonctionnement, les solutions techniques.

Dans cet article nous présentons les premiers résultats de cette recherche. Le focus porte sur les capacités des élèves de STI2D placés en situation de réinvestissement de connaissances axées sur l'analyse de système et instrumentée par la RA.

Méthodologie

L'échantillon compte 96 élèves répartis dans 3 classes de 32 élèves. Pour mesurer l'efficacité de la RA en situation d'analyse de système, nous avons constitué 2 groupes : 48 élèves disposent de la technologie RA, 48 autres élèves ne disposent pas de de cette technologie (groupe témoin). Tous les élèves suivent le même enseignement. L'organisation de la séquence d'enseignement est prévue en 3 phases : une phase d'initiation, une phase d'approfondissement, une phase de réinvestissement, pour contenir la surcharge cognitive liée à l'outil RA qui s'ajoute à la tâche d'apprentissage (Hérold, 2019). Pendant cette séquence le groupe RA s'initie à l'outil en l'utilisant. Le groupe témoin utilise des tablettes configurées avec un tutoriel. Autrement dit le groupe RA développent des compétences liées d'utilisation de la RA.

La séance commence par une vidéo d'introduction sur l'analyse fonctionnelle dans les 3 classes afin de contrôler l'effet professeur. Nous sommes dans une séance de réinvestissement des connaissances sur un nouveau système : La carte Raspberry Pi. Cette carte possède plusieurs sous-ensembles non apparents. Pour réaliser cette analyse, les élèves doivent dépasser l'aspect du système et intégrer sa complexité fonctionnelle.

La tâche prescrite est de : nommer le système, dire à quoi il sert, puis indiquer ce que les concepteurs de la carte ont prévu pour qu'elle puisse assurer sa fonction principale. L'analyse à priori de la tâche consiste à prendre en main la carte, l'observer sous tous les angles pour repérer le connecteur USB, le connecteur RJ45, le microprocesseur, le convertisseur Analogique/Numérique, les condensateurs, les résistances, les diodes (LED[1]), le circuit imprimé (PCB[2]) et identifier le nom et la fonction de ces différents composants en flashant la carte. La retranscription papier peut prendre différentes formes : rédaction d'un texte, schéma

[1] Light Emitting Diode
[2] Printed Circuit Board.

avec légende, schémas normalisés (type chaines d'information/énergie), diagramme SysML (IBD[3]).

- Collecte des données :

Les données sont collectées par plusieurs moyens complémentaires :

Une observation directe des élèves permet d'identifier dans la cohorte RA ceux qui convoquent la RA pour réaliser la tâche.

Analyse des traces écrites produites par les élèves. Nous regardons les formes de retranscriptions privilégiées par les élèves (texte, schéma, diagramme de blocs internes, SysML) mais aussi leur contenu (présence d'aspects fonctionnels-fonctions, présence d'aspects structurels-composants). Comme Cambien & al, (2008) nous retenons 3 variables : le nombre de composants nommés (éléments), le nombre de sous-systèmes nommés (blocs fonctionnels) et la pertinence (au sens qualitatif) des réponses faites par les élèves pour analyser la carte.

Pour analyser les données nous avons limité à 5 le nombre de sous-systèmes identifié et à 10 le nombre de composants identifiés. Ces extrêmes constitueront les limites supérieures de notre modèle. Ce modèle créé le lien entre : le nombre de sous-systèmes en abscisse et le nombre de composants en ordonnée. Les six catégories reflètent les différentes qualités de propositions. La grille d'analyse des productions est la suivante :

1- Analyse fonctionnelle médiocre (1 fonction, 0 à 4 composants)
2- Analyse fonctionnelle pauvre (1 fonction, 5 à 10 composants)
3- Analyse fonctionnelle passable (2 à 3 fonctions, 0 à 4 composants)
4- Analyse fonctionnelle moyenne (2 et 3 fonctions et entre 5 et 10 composants)
5- Analyse fonctionnelle correcte (4 et 5 fonctions et entre 0 et 4 composants)
6- Analyse fonctionnelle riche (4 et 5 fonctions et entre 5 et 10 composants)

Par ce modèle, nous rejoignons le mode de pensée « fonction ; structure ; forme ; élément » étudié en recherche de l'éducation technologique (Ginestié, 2000 ; Chatoney, 2003 ; Neuhäuser-Metternich & Krummacher, 2007).

Résultats et analyse.

- Intérêt des élèves par rapport à l'instrument RA pour analyser un système

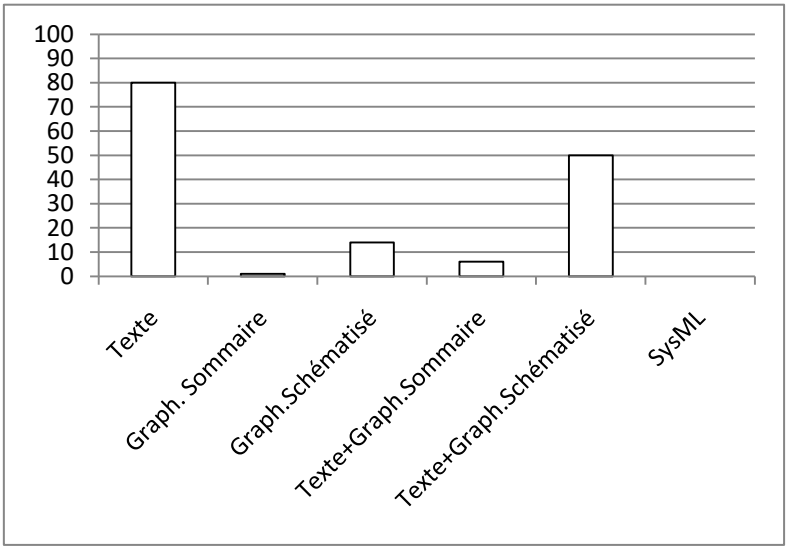
Premier constat seulement 53% de la cohorte avec RA réinvestissent la RA pour décrire la Raspberry pi. Autrement dit la moitié des élèves ayant eu à leur disposition la RA pendant la totalité de la séquence y trouvent un intérêt.

- Le texte comme mode de description le plus utilisé par les élèves

Le graphique suivant nous informe sur les différents types de représentations que les élèves ont choisis pour formaliser leurs analyses à l'écrit.

[3] Internal Block Diagram

Graphique 1: Répartition du nombre de réponses données en fonction de leur représentation.



- Trois blocs fonctionnels identifiés par les élèves

Le tableau ci-dessous présente le nombre de fonctions identifiées par les élèves. Parmi les 10 blocs fonctionnels de la carte (acquérir, conditionner, numériser, traiter, communiquer, restituer, alimenter, distribuer, convertir, transmettre), le nombre de termes exact proposé par les élèves est relativement élevé. Nous retrouvons les fonctions : acquérir, conditionner, numériser, traiter, communiquer, restituer, alimenter. (Tableau 1).

Tableau 1 : Blocs fonctionnels identifiés.

Fonctions identifiées	Réponse en %
Accomplir des tâches complexes	26
Communiquer	31
Traiter	78
Numériser	17
Conditionner	1
Acquérir	22
Stocker	2
Restituer	1
Alimenter	1

La fonction principale de la carte n'est proposée que par 26 % des élèves. Ce pourcentage relativement faible témoigne qu'elle n'est pas encore correctement conceptualisée par les élèves de premières STI2D. La carte est d'avantage perçue comme un système technique permettant de commander une installation. Ce qui, dans notre le tableau ci-dessus, fait écho au 78% d'élèves proposant la fonction « Traiter » (abordé à travers la chaine d'information, en classes de technologie collège et secondes option SI ou CIT). Nous remarquons que les fonctions telles que « Conditionner » et « Alimenter » sont peu mentionnées. 2%, les productions font appels aux fonctions de « stockage » liées aux exigences de mémorisation des données de la carte. La fonction « Convertir » n'apparait pas. Cela s'explique par le fait que les élèves de STI2D sont régulièrement confrontés au concept de chaines d'informations et chaines d'énergies qui les amènent à déduire le flux de l'information et celui de l'énergie en tenant compte des caractéristiques fonctionnelles propres à chaque bloc.

- Les composants identifiés par les élèves

Le tableau ci-dessous présente le nombre de composants identifiés et associés aux blocs fonctionnels.

Tableau 2 : Eléments identifiés

Composants identifié et relié au bloc fonctionnel	Fonction associée	Réponse en %
Connecteur USB	Acquérir	75
Connecteur RJ45	Communiquer	48
Microprocesseurs	Traiter	84
Convertisseur Analogique/Numérique (C.A.N)	Numériser	26
Condensateurs	Conditionner	5
Résistances	Conditionner	7
LED	Restituer	5
PCB	Conditionner	1

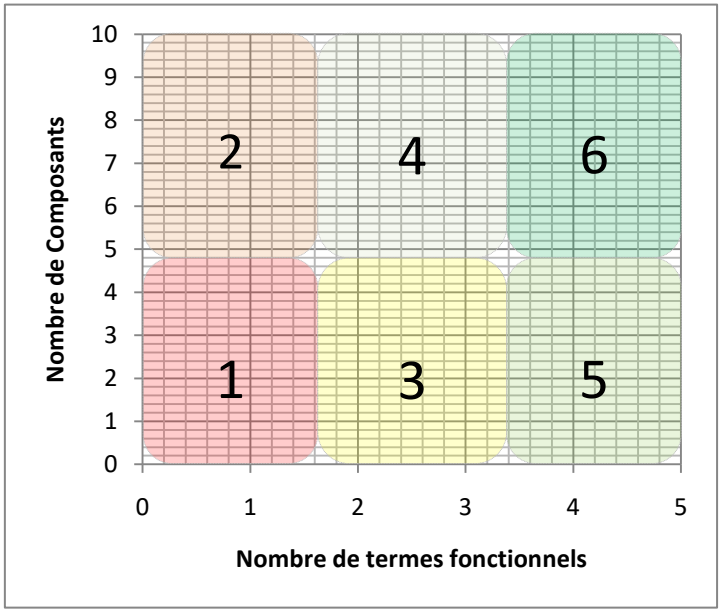
De façon générale les microprocesseurs sont les composants chargés de réaliser l'ensemble des calculs de données et se rattachent à la fonction « Traiter » des cartes électroniques. A la vue des résultats précédemment évoquant les termes fonctionnels, il semble assez cohérent que ce composant soit proposé par la majorité des élèves, à hauteur de 84%. Nous retrouvons en deuxième position, la connectique USB assurant la fonction « Acquérir ». Les LED (5%) ainsi que les résistances, condensateurs sont peu mentionnés par les élèves (7% et 5%). Certaines différences entre les résultats issus des termes fonctionnels et des composants cités semblent se dégager. En effet, les données précédemment recueillies (Tableau N°1), concernant la fonction « Communiquer » (31% des élèves), est reprise ici par 48% de ces mêmes élèves qui utilisent la connectique RJ45 comme étant le composant assurant cette fonction. De la même façon, la fonction « Numériser » n'est citée que par 17% des élèves alors que 26% citent le C.A.N. Ces résultats indiquent que la RA favorise la vision « Hardware » de la carte plutôt que la vision fonctionnelle du système.

Constat : L'analyse des traces écrites révèle que la majorité des élèves proposent trois voir quatre composants pour décrire la carte, alors que parallèlement 40% d'entre eux n'ont proposé qu'un seul terme fonctionnel. Si nous moyennons les données, nous affirmons qu'un élève propose 3,48 composants pour 1.7 de fonctions. Soit, un élève propose 2 fois plus de composants que de fonction. Il nous est possible de confirmer que la majorité des élèves proposent trois composants alors qu'un seul terme fonctionnel est utilisé pour analyser la carte. L'apport de la RA semble confirmer la tendance à proposer une analyse structurelle du système technique plutôt que fonctionnelle.

- Catégorisation des analyses de système par rapport au contenu :

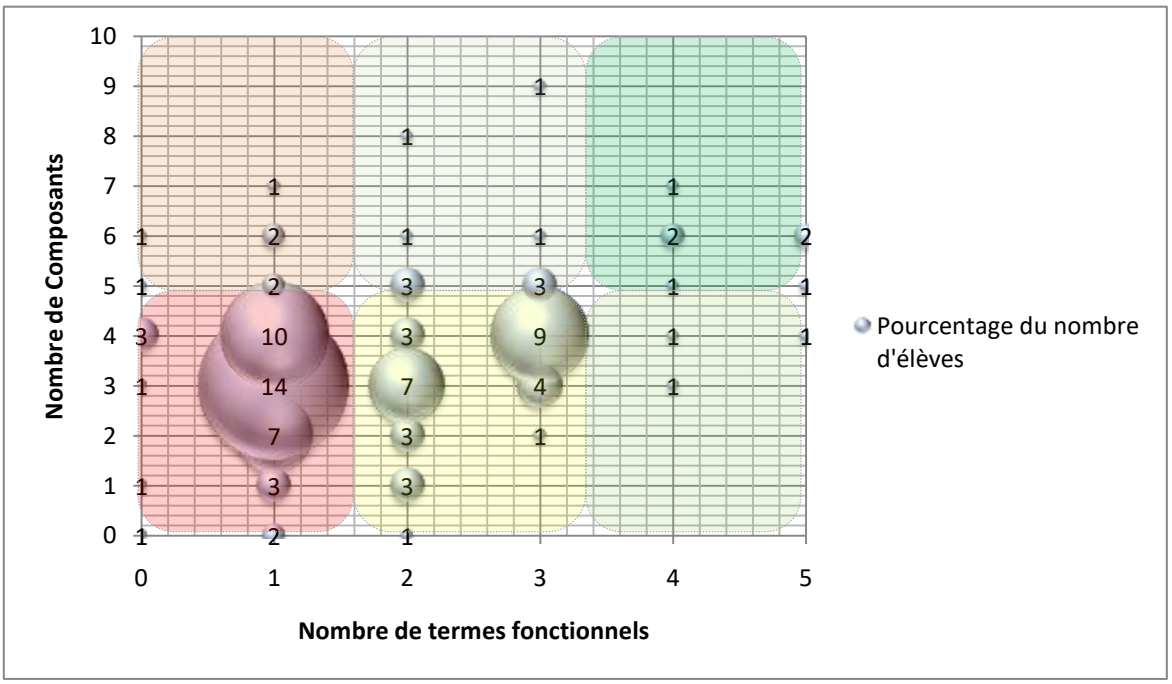
Le diagramme ci-dessous présente le modèle avec trois grandeurs distinctes : composants sur l'axe des ordonnées ; les termes fonctionnels sur l'axe des abscisses et au croisement de ces grandeurs, les 6 catégories indiquées ci-dessus.

Graphique 2 : Répartition des 6 catégories dans le diagramme bulle



La catégorisation des résultats produits pas les élèves sont présentées dans le diagramme ci-dessous. La sphère indique le nombre de production des élèves en % dans la catégorie déterminée par le modèle ci-dessus. Plus ce nombre est important, plus le diamètre de cette sphère est large.

Graphique 3 : Répartition des données dans les 6 catégories.



La catégorie 1 (Analyse fonctionnelle (AF) médiocre), regroupe au total 42% (14+10+7+3+2+1+1+1+3) des productions des élèves. Dans cette catégorie, 14 % d'élèves analysent la carte en combinant trois composants et un terme fonctionnel. 10% le font avec quatre composants et une fonction, 7% avec deux composants et une fonction. Autrement dit 31% (14+10+7) de l'échantillon avec RA ont identifié 2 à 4 composants et une seule fonction.

La catégorie 3 (AF passable) regroupe au total 37% (3+3+7+3+3+1+3+9+4+1) des productions des élèves. Dans cette catégorie, 7 % d'élèves analysent la carte en combinant trois composants et deux termes fonctionnels. 9% le font avec quatre composants et trois fonctions. Autrement dit, 23% (7+3+9+4) de l'échantillon RA a identifié respectivement entre 3 et 4 composants combinés à deux et trois fonctions. Les autres catégories (2, 4, 5, 6,) présentent une dispersion importante avec des pourcentages très faibles. Nous pouvons considérer que leurs dispersions ne nécessitent pas d'intérêt. Hormis, la catégorie 2 qui reste bien inférieure à la 1. Ces scores indiquent que les élèves analysent la carte à partir des éléments structurels, plutôt qu'en termes fonctionnels. Les élèves qui utilisent la RA dissocient ces deux représentations du système.

Constat : les réponses des élèves restent basées sur la représentation structurelle au détriment de la représentation fonctionnelle sensée expliquer les interactions existantes entre les différents composants de la carte. Toute la difficulté de l'analyse de système repose sur le passage du fonctionnel au structurel et inversement. Ce passage n'est pas trivial et relève d'un apprentissage.

Si nous couplons la catégorie 1 et la catégorie 3, 74% des élèves produisent une analyse de système médiocre et/ou passable. Ceci est révélateur d'une incapacité à réinvestir des connaissances dans le contexte de la séquence pourtant représentative de ce qui se fait ordinairement en STI2D. 9 % des élèves ont su réinvestir leurs connaissances (catégories 5 et 6) et produisent des analyses correctes et/ou riches. La défaillance de 74% des élèves nous interpelle. Elle est à mettre au compte soit du niveau des élèves orientés dans ces formations technologiques (les élèves dans ces formations ne sont pas les plus brillants. Les plus brillants s'inscrivent en mathématique), soit elle est à mettre au compte des méthodes d'enseignement pratiquées en sciences industrielles, qui ne prennent pas assez la mesure de la complexité des savoirs mis-en jeu et le rôle des outils/instruments dans le processus d'enseignement apprentissage.

Conclusion.

Cette étude sur l'usage de la RA en situation d'analyse de système en STI2D est une petite partie d'une recherche dont l'objectif est de mesurer l'efficacité de la RA. Même si l'efficacité de l'outil de RA reste à démontrer par comparaison avec le groupe témoin, cette première étude renseigne sur les rapports entre connaissances et actions induits par la RA. Elle montre que les élèves analysent majoritairement le système en combinant trois voire quatre composants différents qu'ils associent à seulement une ou deux fonctionnalités. Or dans l'enseignement ordinaire de STI2D, les enseignants avouent qu'il n'est pas rare de voir des analyses fonctionnelles ne mentionnant qu'un seul terme réellement fonctionnel. Notre étude indique qu'1/5 de l'échantillon (19%) produit une analyse fonctionnelle de qualité. Leur approche systémique bénéficie des informations importées par la RA. Les 4/5 restants (81%) ne sont pas capables de faire une analyse fonctionnelle même avec les informations importées par la RA. Autrement dit, il ne suffit pas de manipuler la RA pour développer leur approche fonctionnelle. Le simple fait de visualiser un système technique et de disposer d'information, à travers l'interface de RA, ne permet pas de comprendre le fonctionnement, ni les interactions qui se jouent entre ses différents blocs fonctionnels. L'analyse de système combinée à la RA gagnerait à être précédée d'un apprentissage sur les interactions entre système réel, système virtuel et base de données informationnelles importées par la RA.

Références bibliographiques

Akrich, M (1987). *Comment décrire les objets techniques ?* Techniques & culture. 49-64.

Bandura, A (1986). *L'apprentissage social*. Bruxelle : Mardaga.

Cambien, A. & al. (2008). *Une introduction à l'approche systémique : appréhender la complexité.* Rapport de recherche, CERTU.

Chatoney, M. (2003). *Construction du concept de matériau dans l'eseignement des « sciences et technologie » à l'école primaire : perspectives curriculaires et didactiques.* Thèse de doctorat. Aix Marseille : Université de Provence.

Ginestiè, J. (2000). *Contribution à la constitution des faits didactiques en éducation technologique : curriculum vitae et publications*, HDR, Aix Marseille : Université de Provence.

Laisney, P. (2012). *Intermédiaires graphiques et Conception Assistée par Ordinateur - Étude des processus d'enseignement-apprentissage à l'œuvre en technologie au collège* (phdthesis). Université de Provence - Aix-Marseille I.

Neuhäuser-Metternich, S. & Krummacher, S. (2007). *Girls' and boys' perceptions of Science and of Science teaching practice*. UPDATE Progress Report, Germany, WP 5, Partner 7, (http://update.jyu.fi; www.ada-mentoring.de)

Ruiz-Ariza, A., Casuso, R. A., Suarez-Manzano, S., & Martínez-López, E. J. (2018). *Effect of augmented reality game Pokémon GO on cognitive performance and emotional intelligence in adolescent young*. Computers & Education, 116, 49-63.

Wang, Y.-H. (2017). *Exploring the effectiveness of integrating augmented reality-based materials to support writing activities*. Computers & Education, 113, 162-176.