

La technologie RA

de l'enseignement de la technologie à l'outil

Cette première partie fait un état de l'art à propos de la Réalité Augmentée dans une perspective éducative. En préambule, nous décrivons le contexte général dans lequel se situent nos travaux.

1.1. Approches philosophiques et sociétales de la technologie

1.1.1. Technologie et transmission des valeurs de la république

Lors de sa conférence du 09 mars 2016 au salon Educatec (Paris, Porte de Versailles), Michel Rage, inspecteur général de l'éducation nationale et doyen du groupe Sciences et Techniques Industrielles caractérise la technologie de la façon suivante : « *La technologie, une discipline d'enseignement ouverte sur les autres* ».

En effet, par son ouverture sur le monde contemporain et la prise en compte de son environnement, la technologie complète et prolonge les sciences fondamentales, tout autant qu'elle les précède. Elle possède ses propres connaissances et démarches, contribuant ainsi depuis toujours à l'avancement des sciences et au progrès de la société moderne. La technologie ne se réduit donc pas seulement aux applications des principes physiques qui régissent les phénomènes mis en jeu dans les objets techniques, mais elle exige l'identification et la prise en charge des différentes contraintes qui interviennent dans « la vie de ces produits ». Les notions de cycles de vie sont donc abordées, prenant

en compte les phases allant de la conception à la destruction et donc au recyclage, en passant par la réalisation et l'exploitation.

L'enseignement de la technologie développe ainsi chez les élèves des aptitudes pour appréhender les objets techniques selon différents points de vue (Deforge, 1985 ; Simondon, 2012) visant prioritairement le développement des aptitudes citoyennes en abordant les objets techniques dans leurs dimensions humaines. C'est à dire en permettant aux élèves de développer des compétences comportementales indispensables pour s'intégrer dans la vie active (travail en équipe, prise de décisions multicritères, approche itérative dans la détermination d'une solution qui n'est jamais unique...). C'est dans cette optique que la notion de projet technologique (Hérolde & Ginestier, 2009) est fortement plébiscitée dans cette matière car mener à bien un projet dans sa globalité fait appel au développement de la culture de l'engagement telle que définie dans le bulletin officiel (BOEN n°30 du 26 juillet 2018). C'est-à-dire, une culture qui nécessite de la part des élèves un engagement construit autour de l'implication, la responsabilité et le rapport à l'avenir. La mise en œuvre de projet mobilise la collaboration et ses apports pour l'apprentissage. Heutte (2003, p. 49) propose dans ses réflexions sur l'apprentissage collaboratif, la définition suivante : « *Dans le cas d'un travail collaboratif, il n'y a pas de répartition a priori des rôles : les individus se subsument progressivement en un groupe qui devient une entité à part entière. La responsabilité est globale et collective. Tous les membres du groupe restent en contact régulier, chacun apporte au groupe dans l'action, chacun peut concourir à l'action tout autre membre du groupe pour en augmenter la performance, les interactions sont permanentes...* ». La dimension environnementale est tout aussi cruciale car elle permet de prolonger la sensibilisation débutée à l'école, sur le développement durable, lors des cycles 1, 2, 3. La dimension socio-économique est abordée, car un produit technique, quelles que soient sa complexité, sa « beauté » et la qualité des solutions technologiques qu'il regroupe ou des services qu'il peut rendre, n'a de sens que s'il trouve des utilisateurs et des acquéreurs. La dimension systémique, nécessaire pour appréhender les produits techniques dans leur globalité et leur complexité, en intégrant la multiplicité des contraintes, pour dégager des compromis et les relativiser. La dimension créative est aussi abordée, afin de répondre (ou devancer) les nouveaux besoins exprimés par

l'Homme et ainsi s'adapter à de futurs besoins, aux nouveaux procédés, aux nouveaux matériaux et aux nouveaux comportements sociaux. Enfin, la dimension historique, permet de replacer les solutions technologiques dans un contexte temporel qui prend en compte l'évolution des procédés et des techniques, et des besoins de l'Homme.

La technologie étant la science des systèmes artificiels (Simon, 1991) créés par l'homme pour répondre à ses besoins, elle étudie les relations complexes entre les résultats scientifiques, les contraintes socio-économiques, environnementales et les techniques qui permettent de créer des produits acceptables économiquement et socialement. Les relations entre la technologie, les sciences et la culture évoluent, elles sont désormais de plus en plus intégrées (Raynaud, 2016). Les sciences et la technologie se complètent mutuellement et ne peuvent plus être étudiées de façon indépendante. Il en est de même de l'évolution des modes de vie qui sont intimement liés à l'innovation technologique et aux progrès scientifiques. Son enseignement doit donc permettre de doter chaque citoyen d'une culture faisant de lui un acteur éclairé et responsable de l'usage des technologies et des enjeux éthiques associés. C'est dans ce contexte que l'enseignement de la technologie se positionne aujourd'hui comme un enseignement de plus en plus général et culturel visant l'acquisition de compétences partagées et spécifiques pour concevoir et réaliser les systèmes de demain. Il participe de façon déterminante à l'approche de la complexité et de l'environnement social du réel technique. Il permet ainsi l'acquisition de comportements essentiels pour la réussite personnelle et la formation du citoyen, comme le travail d'équipe, le respect d'un contrat, l'approche progressive et itérative d'une solution qui n'est jamais unique, la prise de décisions multicritères sur la base de compromis acceptables, l'utilisation de démarches de créativité.

Enfin, les liaisons toujours plus croissantes de l'école avec le monde de l'entreprise, le sens des responsabilités et le développement du « savoir-être » constituent un apprentissage fondamental qui prolonge l'éducation familiale pour donner aux jeunes les codes sociaux et professionnels nécessaires à l'insertion dans la société.

1.1.2. Les défis et objectifs sociaux de la technologie

Suite aux différentes vidéos diffusées par la société Boston Dynamics (Morgane Tual, « *Le nouveau robot humanoïde qui tombe, se relève, et ouvre les portes* » sur lemonde.fr, 24 février 2016) montrant les capacités de ses robots humanoïdes, beaucoup s'inquiètent de voir ces systèmes de plus en plus intelligents et craignent qu'ils puissent un jour remplacer les humains dans certaines tâches. « *There's excitement from the tech press, but we're also starting to see some negative threads about it being terrifying, ready to take humans' jobs* » écrivait Courtney Hohne, la directrice communication de Google (Hern, 2016). Dans un même temps, leur robot « Handle » marque une nouvelle avancée technologique qualifiée d'impressionnante et très prometteuse par la presse spécialisée. Nous pouvons donc résumer par cet exemple contemporain que la technologie de demain, aussi pointue soit elle, est à la fois synonyme de craintes et d'espoirs. Quoi qu'il en soit l'humanité évolue, va de l'avant, progresse. La tendance est clairement orientée vers un accroissement des compétences et des connaissances de tout un chacun. Dans cet environnement, la meilleure manière d'obtenir un cerveau augmenté est de lui proposer, sans cesse, de nouveaux axes d'apprentissage (Bohler, 2013). Pour lui, si nous délégons cette mémoire à des systèmes techniques ou des technologies externes, la créativité en pâtira. Seule la mémoire intégrée peut générer de la créativité. Nous faisons donc apparaître ici les relations qui coexistent entre la volonté d'accroissement des connaissances et le progrès technologique. Le danger est que cette accessibilité universelle s'apparente à un frein à la compréhension et ne permette plus d'appréhender les systèmes technologiques qui nous entourent. Pour s'affranchir de cette ambiguïté, la technologie peut être vue comme un outil de la pensée complexe. C'est avec cette réflexion que nous pouvons comprendre les systèmes techniques et les objets qui nous entourent. Ces systèmes sont de plus en plus présents dans notre quotidien, ils sont devenus une part indissociable de notre évolution. Les analyses de Simondon (2012) et celles de Leroi-Gourhan (2014) abondent dans ce sens. C'est dans cette continuité que s'inscrit l'objectif principal de l'éducation technologique à travers les différents programmes du ministère de l'éducation nationale (MEN, 2008). Toutefois, la bonne compréhension d'un système technique n'est pas forcément évidente, la différence entre son étude et son interprétation peut aboutir à une incompréhension et

devenir sans intérêt pour l'élève. Pour contourner cet écueil, certains dispositifs peuvent être utilisés dans le système éducatif. Si, dans l'enseignement de la technologie au collège notamment (Ginestié, 1999), les systèmes ou objets techniques sont étudiés ou développés de manière séquentielle, voire linéaire, en respectant par exemple le déroulement des démarches de projet, les enjeux de cette éducation ne doivent pas nécessairement rester linéaires. Les études contemporaines sur la conception, l'analyse décisionnelle, l'intelligence artificielle ou l'étude des rapports de l'éducation technologique avec l'intelligence, sont autant d'axes pour tenter d'associer les systèmes techniques et leurs compréhensions. Nous pouvons éventuellement nous demander quels sont les enjeux directement liés à la bonne compréhension d'un système. La plus-value éducationnelle de la compréhension doit pouvoir trouver des prolongements sur le plan sociétal. Nos travaux sont donc étroitement liés à l'importance que prend l'éducation technologique. Nous étudions donc les différentes stratégies propres à la technologie qui ont pour objectif de mieux comprendre le fonctionnement d'un système.

Dans le domaine des sciences de l'éducation, il est commun de penser que l'analyse de ces systèmes est un des moyens d'activer cette compréhension (Musial & Tricot, 2008 ; Musial, Pradère & Tricot, 2012). En fonction des systèmes techniques étudiés, l'analyse peut être perçue comme une procédure aisée. Il n'en est rien. En effet, il se pose le problème de la perception que l'on a de l'objet lui-même. A ce titre Simondon (2012) souligne qu'un système simple par sa forme et sa matière peut se révéler être complexe à fabriquer. Cet objet peut toujours être perçu comme complexe, on ne peut s'arrêter à une analyse qui se baserait sur une perception subjective simple ou non de l'objet. Afin d'explorer un peu plus cette réflexion sur la complexité, les problèmes rencontrés par la description d'un objet technique constitué de plusieurs composants, sont rapidement mis en avant. La description d'un système pluri technique tel qu'une automobile peut rapidement s'avérer être un exercice délicat car il correspond selon Akrich (1987) à « *la mise en forme d'un ensemble de relations entre des éléments tout à fait hétérogènes* ». Même si l'objet technique fait apparaître des relations entre différents constituants, de nombreux problèmes liés principalement à la description apparaissent. Cette description peut prendre de multiples formes telles que les représentations graphiques,

schématiques, interactives soit autant de solutions possibles pouvant être utilisées en fonction du besoin.

Concernant les représentations, Simondon (2012) a insisté sur la dimension universelle de la description graphique sous ses différentes formes, telles que les images, les schémas, vis-à-vis des descriptions purement verbales. Toutefois, en ingénierie et en fonction de la spécialité technique étudiée, les systèmes technologiques à analyser peuvent être de natures diverses. Leurs représentations peuvent faire apparaître des rapports d'échelles, des vues cachées, voire même des relations avec d'autres systèmes externes. Les ressources numériques doivent donc être adaptées pour rendre possible la visualisation d'éléments nécessaires à la bonne compréhension du fonctionnement du système. Les vues éclatées, les représentations en trois dimensions, les plans de câblages dynamiques peuvent, par exemple, s'avérer être des compléments d'informations déterminant pour mieux comprendre les diverses interactions d'un objet technique complexe. Il peut s'agir d'une simple représentation thermique, ou bien d'une représentation faisant apparaître les contraintes physiques liées à une pièce soumise à des efforts mécaniques sévères, ou encore aux cheminements de diverses informations numériques circulant au travers de circuits électroniques. L'objectif de ces représentations converge toujours vers un seul et même but : proposer une information complémentaire se substituant au réel. L'information complémentaire n'est pas nécessairement une information « de plus », elle peut être aussi une sélection sur une information particulière à laquelle on accède en simplifiant le réel.

Pour obtenir un complément d'information efficace, il faut savoir prendre en compte divers facteurs. Quel que soit le mode de représentation, vues éclatées, plan de câblage, plan de masse ou simple schéma, chacun possède ses propres spécificités et ses propres codes élaborés suivant des processus bien spécifiques. Ces processus nécessitent des qualités incontournables à développer et à maîtriser afin d'optimiser la transmission d'information. Pour cela, une hiérarchisation des informations est nécessaire. Certaines d'entre elles seront prioritaires et joueront un rôle essentiel sur le système à décrire. Dans le monde de l'éducation, l'apprenant sera confronté à des contraintes d'ordre pédagogiques et didactiques qu'il devra affronter pour mieux les surmonter. La comparaison avec des contraintes de langage peut se relier à des problèmes de capacité

à utiliser des symboles. C'est ce que Duval (2007) a pu relever notamment dans le cadre des mathématiques où les contraintes principales se situent au niveau du passage de l'objet au concept. Il utilise l'exemple de Kosuth « une et trois chaises ». Cet exemple consiste à représenter une œuvre à partir d'une chaise vue sous 3 versions différentes : une photo, une définition, et une chaise réelle. Il explique qu'il est tout à fait envisageable d'apporter à cet exemple d'autres types de représentations pour mieux comprendre cet objet. Il insiste également sur l'importance de pouvoir passer d'une représentation à une autre en les juxtaposant avec l'objet quand celui-ci est accessible. Dans le cadre de cette thèse, nous envisageons la possibilité d'utiliser la vue augmentée. Nous poursuivons la comparaison entre une transmission d'information complémentaire et un langage en restant dans un point de vue technique. C'est dans cette perspective que s'inscrivent nos travaux. N'est-il pas possible de résoudre des problèmes en les augmentant ? C'est-à-dire à les enrichissant d'informations complémentaires relayées par la réalité augmentée.

1.2. Les préceptes et outils de la technologie

L'étymologie du mot « technologie » nous apprend qu'il vient du grec *technología* (τεχνολογία) *téchnē* (τέχνη), « art », « compétence », ou « artisanat » et *-logía* (-λογία), l'étude d'une branche de la connaissance, d'une discipline. Dans le dictionnaire (Petit Robert) indique que le mot est emprunté en 1656 au grec tardif *tekhnologia* « traité ou dissertation sur un art, exposé des règles d'un art », de *tekhnē* et *logos*. La notion a ensuite été utilisée en 1772 par un physicien allemand Johann Beckmann. Le terme s'applique soit généralement, soit à des domaines spécifiques, par exemple : « technologie de construction », « technologie médicale ». En comparaison avec d'autres disciplines telles que la physique ou les mathématiques, la technologie jouie d'une certaine proximité temporelle avec notre époque. En effet, les révolutions industrielles successives et les avancées techniques qui en ont découlées confèrent à cette discipline une image jeune, en renouvellement perpétuel. Toutefois, sous son aspect novateur, il ne faut pas occulter la complexité qui apparaît lors des différentes phases d'études qui s'y rapportent. Grison (1996) qui cite Hassenfratz explique que ce dernier aurait été, aux alentours du XVII^{ème} siècle, l'un des premiers à employer le terme « technologie » dans

les programmes d'enseignement. Il se basait sur les sciences pour enseigner des notions de technologies. Grison parle alors de « sciences des arts industriels » ou encore de « traité général des arts ». Grison propose donc bien une vision scientifique de la technologie. Il décrit que la technologie ne peut pas être considérée comme une simple adaptation de ce qui est « praxis » au sens d'activité pratique et « techné », au sens de savoir-faire. Ce n'est qu'au début du XX^{ème} siècle que les premiers travaux de recherches sur les origines de la technologie seront menés. Espinas (1897) étudie le côté sociologique de la technologie. La complexité liée à cette discipline ne peut être appréhendée qu'au travers d'échanges d'informations spécifiques et s'appuie sur des outils de transmissions de savoir technologiques.

Différentes actions font partie de ce que fait la technologie. Notamment, ces actions se retrouvent dans les différents référentiels et bulletin officiels de l'éducation nationale, voire même dans les projets de refonte des programmes. Il suffit de se pencher sur les compétences à acquérir, préconisée dans les textes officiels (Arrêté du 9-11-2015 - J.O. du 24-11-2015 (NOR : MENE1526483A)) : Concevoir, Créer, Réaliser, Décrire un système, Etablir des relations de cause à effet. Ces ensembles d'actions, liés à la technologie, la rendent complexe. Que ce soit dans le domaine industriel ou de l'enseignement, il est devenu nécessaire de s'aider d'outils appropriés pour pouvoir étudier les différentes interactions technologiques propre à un système technique.

La réalité augmentée est l'un de ces outils que nous allons détailler. Elle va permettre d'approcher un système technique sous un angle différent. Comme nous le verrons plus loin, cet outil repose sur plusieurs méthodes. Son utilisation est préconisée dans les phases de conception (Baldisser, 2016) mais aussi lors des phases de maintenance où des interventions techniques spécifiques sont nécessaires. Enfin, nous précisons que la réalité augmentée introduite ici, se rapporte uniquement au monde des sciences industrielles et plus précisément à l'enseignement apprentissage de la technologie.

1.2.1. Définition de la réalité augmentée (RA)

Définir la réalité augmentée (RA) n'est pas simple. En effet, il s'agit là d'un domaine transverse qui utilise de nombreuses technologies différentes. Le terme même de

« réalité augmentée », qui est apparu en référence à celui de « réalité virtuelle », est de plus en plus remis en questions. C'est assez compréhensible puisque ce n'est pas la « réalité » qui est augmentée mais bien notre propre perception.

Nous proposons ici un cadre permettant de définir la RA et ce que nous en retiendrons pour notre étude. Tout d'abord, pour Azuma (1997), la réalité augmentée peut être considérée comme une interface entre des données numériques, que l'on qualifiera abusivement de « virtuelles », et le monde réel. Sur cette base, nous retiendrons qu'elle doit avoir les trois caractéristiques suivantes :

- **Combiner le monde réel et des données numériques en temps réel ;**
- **Être interactif en temps réel avec l'utilisateur et le monde réel : Une modification dans le monde réel entraîne un ajustement de la couche numérique ;**
- **Utiliser un environnement en trois dimensions (parce nous percevons le monde en 3D).**

Prenons, à titre d'exemple l'application de RA la plus populaire de l'été 2016 : « Pokémon Go ». Celle-ci ne présente pas d'interaction avec l'environnement réel autre que la récupération des données du gyroscope et de la boussole du smartphone. Nous pouvons dire qu'il s'agit là du degré « 0 » de la réalité augmentée. La RA permet de contextualiser des données, c'est à dire de la placer au bon endroit et au bon moment. Bien que de nombreux exemples soient liés à la vision, la RA peut « augmenter » n'importe lequel des cinq sens. Nous verrons des exemples par la suite.

Les scènes réelles sont capturées par un système et interprétées par une unité de calcul (ordinateur, smartphone). Une grande partie du traitement va consister à « caler » et à « suivre » le lien entre réel et numérique. Pour faire apparaître des lunettes sur votre visage par exemple, il faut savoir bien caler la position de vos yeux, de votre nez. Le tout, bien sûr, en temps réel.

Une autre définition de la RA datant 1994 servira également de base à notre recherche. En effet Paul Milgram et Fumio Kishino propose à la suite de leurs travaux le nom de Continuum de Réalité-Virtuelle de Milgram. Précisons qu'ici le continuum est vu comme un ensemble d'éléments tels, qu'il serait possible de passer de l'un à l'autre de façon continue. Ce dernier relie le réel à l'environnement purement virtuel en ne les

considérant pas comme opposés mais complémentaires. Cela introduit le terme de réalité mixte (Fuchs & Chrétien, 2018) et les deux notions de RA (plus près de l'environnement réel) et de virtualité augmentée (plus près de l'environnement virtuel). (Cf. Figure 1)

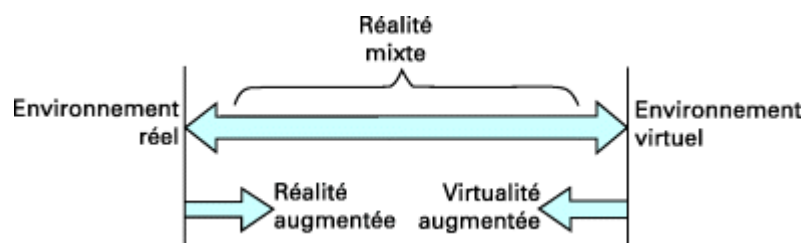


Figure 1 : Le continuum " Réel-Virtuel " (adapté de (Milgram et al., 1994))

Toutefois, sans remettre en cause l'intérêt de ces distinctions, il ne nous semble pas pertinent d'ajouter de nouveaux termes pour la compréhension du domaine. En effet, dans cette représentation, la distinction entre RA et virtualité augmentée est très floue. L'introduction de la « Virtualité Augmentée » n'apporte rien et par la suite nous n'utiliserons plus ce terme.

Le concept de RA vise donc à compléter notre perception du monde réel, en y ajoutant des éléments fictifs, non perceptibles naturellement. Ce concept est rendu possible par un système capable de faire coexister spatialement et temporellement un monde virtuel avec l'environnement réel. Cette coexistence a pour objectif l'enrichissement de la perception de l'utilisateur de son environnement réel par des augmentations visuelles, sonores ou haptiques – néanmoins la superposition d'images virtuelles aux images réelles reste actuellement le domaine le plus répandu.

La RA est interdisciplinaire et s'appuie sur le traitement du signal, la vision artificielle, la synthèse d'images, les interfaces homme-application et les technologies nomades. Ses applications sont multiples et touchent de plus en plus de domaines, qui seront détaillés dans la suite après un bref historique.

1.2.2. Historique de la Réalité Augmentée

L'histoire de la RA est intimement liée aux différentes innovations hardware telles que l'écran cathodique, la caméra, le microprocesseur, puis softwares telles que les outils de traitement graphique puis d'image. À ceci viennent se rajouter les études d'universitaires plus théoriques, d'abord pour le compte de l'armée. Ces études se révéleront essentielles par la suite dans les aspects de perception de son environnement. Tout s'accélère au cours de cette dernière décennie après le lancement du projet Google glasses véritable starter à de nombreux projets dans lesquels les entreprises se sont lancées.

De manière générale, le concept de la RA a été imaginée en 1901, il y a plus d'un siècle, par un auteur bien connu, L. Frank Baum « Le magicien d'Oz ». Ce visionnaire qui s'ignore fit une véritable description des fonctionnalités des lunettes lancées 110 ans plus tard : les Google Glass. Dans son œuvre, « The Master Key », Baum (2020, p. 94) décrivait un système basé sur des lunettes qui permettaient au porteur de voir apparaître, sur le front des personnes rencontrées, une lettre correspondant un son caractère : *« give you the Character Marker. It consists of this pair of spectacles. While you wear them every one you meet will be marked upon the forehead with a letter indicating his or her character. The good will bear the letter 'G,' the evil the letter 'E.' The wise will be marked with a W... Thus you may determine by a single look the true natures of all those you encounter. »*. Plus concrètement, c'est en 1950 que l'US Air Force commence à s'intéresser au sujet et aux apports de cette technologie pour assister les combattants sur le terrain. Le travail avec des psychologues aboutira à une meilleure compréhension des comportements en fonction des flux d'informations visuels.

En 1960, Morton Heilig, invente un appareil de cinéma « immersif », le Sensorama, dans lequel le spectateur est noyé dans un environnement visuel, olfactif, sonore associé à des vibrations. Une « augmentation » de la réalité par surimposition, non pas d'objets, mais d'effets sensorielles en parfaite synchronisation avec l'image. Une année plus tard, un casque/masque de visualisation immersive est créé. Il intégrait une caméra qui captait et rediffusait en circuit fermé la vidéo. Ce système fut développé pour des opérations de sécurité et de surveillance et décrit par C. Comeau and J. Bryan (1961)

dans leur ouvrage « *Headsight television systems provides remote surveillance* ». (Bryan, 1961, p. 86-90)

Il y a 50 ans, dans les années 68, avec l'apparition du microprocesseur intégré Intel, Ivan Sutherland et deux de ses étudiants (Danny Cohen, Bob Sproull) de l'université d'Harvard mettent au point d'un logiciel de retraitement d'images qui sera véritablement la première application de RA. Il inventa aussi le premier casque de visualisation qu'il surnommera l'épée de Damoclès car il était suspendu au plafond au-dessus de la tête de l'opérateur compte tenu de son poids et de sa connectique. Outre l'affichage d'images devant chaque œil, le système prend en compte les mouvements de tête. Certes de façon rudimentaire mais on est bien là devant les prémices d'un casque de RA avec toutes l'interactivité qu'il se doit.

En 1972, Myron Krueger est l'auteur d'une autre innovation majeure, le VIDEOPLACE, son brevet va permettre de véritables interactions avec des objets virtuels. Des personnages sont filmés chacun dans une pièce, les images sont collectées et projetées sur l'écran dans chaque pièce et permettent à chacun d'interagir avec les mouvements des autres. Des objets virtuels, eux, sont inclus à cette projection et interagissent avec l'environnement. Puis en 1978, soit trois décennies avant les Google glasses, Mann Steve crée son propre œil électronique de RA qu'il nommera son « digital eye glass ». Il s'agit d'une caméra couplée à un écran associé à un algorithme élaboré de combinaison d'images dont il est aussi à l'origine.

Or c'est également l'époque où on voit apparaître les premiers ordinateurs portables (il a d'ailleurs également largement participé à cette avancée). Ceci lui permit de rendre portable son « œil de verre » en se détachant de la filerie vers l'ordinateur. L'ensemble du système de réalité RA devient enfin entièrement portable. Pour expérimenter lui-même cette portabilité, il porta presque quotidiennement son œil de verre pendant 2 ans et dit « *As we get older, whether we become reliant on the technology through loss of natural function or merely grow further acclimated to it from many years of use, it becomes a part of our own selves in mind, body, and spirit.* » (Mann, 2014, p. 1).

Les besoins en traitement graphique de la RA ont longtemps souffert du manque de puissance calcul des ordinateurs de l'époque. L'arrivée sur le marché du microprocesseur

Motorola 32 bits avec son célèbre 68000, la participation à cet avènement de Sun Microsoft, l'arrivée de UNIX, puis des processeurs RISC et des stations de travail SGI sont venus compléter la liste des outils qui manquaient aux développeurs.

Steve Feiner présente en 1997 la Touring Machine, le premier système itinérant de RA combinant un affichage sur les lunettes à la vue réelle. Le système intègre un GPS et un accès internet par ondes radio.

Puis en 1999, Hirokazu Kato met à disposition ARToolkit, la première librairie open source et multiplateformes dédiée à la création d'interfaces de RA. C'est ce que Bruce H. Thomas développe en 2002. Le jeu ARQuake, le premier de son genre basé sur la RA était né, permettant de jouer à Quake dans un univers réel grâce à la combinaison de caméras, capteurs et GPS.

En 2009, le lancement de Wikitude Drive est réalisé. Il s'agit du premier système de navigation utilisant sur la RA pour plateformes Android, basé sur NyARToolkit. Il s'agit là de la première application nomade de RA disponible pour le grand public. Peu après, des applications similaires furent mises à disposition sur l'iPhone d'Apple.

La date du 6 juillet 2016 restera une référence dans la phase de démocratisation de la RA. En effet, avant ce fameux 6 juillet, il était compliqué d'expliquer ce qu'était la RA. Le concept demeurait difficile à appréhender et semblait être réservé à une poignée d'initiés jusqu'à ce que l'application « Pokémon Go » soit lancée sur le marché. Cette application, qui a été le jeu vidéo tube de l'été 2016, a soudain fait découvrir la RA au grand public. Le terme s'est banalisé. Et chacun a pu constater qu'il ne fallait ni matériel coûteux et sophistiqué (un simple smartphone suffit) ni être un expert pour naviguer dans cette nouvelle dimension. Que Pokémon Go soit un phénomène éphémère ou une plateforme durable n'a pas d'importance. Ce qui compte, c'est qu'il a fait entrer la RA dans la vie quotidienne. Elle a franchi le cap de la reconnaissance par le grand public. Reconnaissance qui est désormais un préalable indispensable à l'adoption de la technologie dans un contexte professionnel, comme on a pu le constater avec les smartphones, les tablettes et les applications mobiles.

En novembre 2016, le secteur de la téléphonie mobile est d'ores et déjà prêt à lancer sur le marché toute une flotte de Smartphone exploitant la RA. Le chinois Lenovo a en effet été le premier à proposer un téléphone équipé d'un système de vision 3D développé par Google pour son système d'exploitation Android, sous le nom de « Project Tango ». Depuis, il a été rejoint par le ZenFone AR, signé Asus et présenté au CES de Las Vegas en début d'année 2017. Pour les deux marques, qui sont encore des acteurs secondaires de l'industrie, il s'agissait sans doute d'une action commerciale basée sur leur savoir-faire technologique, car Tango souffre encore à ce jour de dysfonctionnements mineurs et les applications pour tirer profit de cette nouvelle fonctionnalité restent très peu nombreuses.

Mais, les observateurs en sont convaincus, ce n'est qu'un début. « Le vrai lancement, ce sera Apple, avec, comme d'habitude, un écosystème fermé mais très bien fini », estime Jérôme Ramel, analyste chez Exane BNP Paribas, dans son interview dans le journal les échos du 16 mars 2017. En effet, les constructeurs de Smartphones ont de plus en plus de mal à se différencier et leurs ventes patinent. L'iPhone a même enregistré sa première baisse en 2016. L'arrivée de la RA serait un catalyseur bienvenu pour relancer une industrie en manque criant d'innovations. D'autant que, comme le pointe Dorian Terral, analyste chez Bryan, Garnier & Co¹, dans son interview du 16 mars 2017 dans le journal les échos, *« l'adoption de la RA est beaucoup plus simple que celle de la réalité virtuelle, puisqu'elle ne coupe pas l'utilisateur du monde. »*

L'intérêt de cette technologie est particulièrement flagrant dans le secteur de la distribution. Or l'inclusion du digital dans le réel ouvre précisément de formidables perspectives dans ce domaine. Désormais, la taille du point de vente n'est plus un obstacle. En effet, s'il n'est pas possible pour une enseigne de présenter toute sa gamme de produits de manière physique dans son magasin, la RA prend le relais. Une simple tablette permet aux clients de visualiser l'ensemble des produits dans toutes les déclinaisons possibles (tailles, coloris...). La RA offre également aux clients la possibilité de visualiser en 3D ce que donnera un produit chez eux, ou ailleurs, avant même de l'avoir acheté. Il est dorénavant possible, lors de l'achat d'un canapé par exemple, de voir

¹ Bryan, Garnier & Co une banque d'investissement spécialisée dans le développement des compagnies européennes sur les marchés des nouvelles technologies et de la santé.

à l'avance l'allure qu'il aura à l'endroit précis où nous désirons l'installer, de le déplacer virtuellement et de tester quelle couleur ira le mieux dans notre intérieur. Voilà qui facilite considérablement l'achat et limite les risques d'avoir à retourner en magasin. Au-delà de mode qu'elle suscitera encore longtemps, la RA est d'ores et déjà un puissant levier additionnel de création de valeur. Citons par exemple ce fabricant de sodas qui a augmenté de 20% la diffusion de ses armoires réfrigérées chez ses distributeurs grâce à une application permettant de les pré-visualiser dans le point de vente.

Dans le sillage de Pokémon Go, il est probable que de nombreuses applications tourneront d'abord autour du principe de quête commerciale mais, au fil de la courbe d'apprentissage, émergeront de nouvelles idées et des bonnes pratiques. Les marques vont créer des applications correspondant à leurs cibles, à leur univers, à leur stratégie, que ce soit sous forme de services à valeur ajoutée, de campagnes marketing ou d'outils d'aide à la vente. Il y aura sans doute des échecs et des déceptions, mais ceux qui avaient anticipé l'avènement de la RA, seront les mieux placés pour encaisser les dividendes de leur investissement précoce. La vitesse avec laquelle certains ont rebondi sur le phénomène de la RA prouve d'ailleurs que beaucoup de projets se préparaient et ne demandaient qu'à être réalisés. Avec ces prémices d'emballement, les barrières qui freinaient l'essor massif de la RA ont sauté, et c'est un nouveau monde qui s'ouvre devant nous.

1.3. L’enseignement des sciences industrielles

1.3.1. Un enseignement par la démarche de projet

De façon générale, les réformes du baccalauréat technologique mettent en avant la démarche de projet. En effet, l’objectif visé est avant tout de donner du sens aux enseignements dispensés aux élèves. Les savoirs mis en jeu nécessitent d’être connectés avec leurs usages. Ainsi, ils doivent éviter d’être présenté comme une succession de disciplines. Nous pouvons donc nous demander comment les professeurs de sciences industrielles peuvent créer du lien entre ces disciplines et ainsi donner du sens à l’enseignement technologique. En liant les savoirs de ces disciplines, il devient envisageable de concevoir des systèmes techniques complets.

La pédagogie de projet technologique trouve son terreau dans les travaux du philosophe américain John Dewey (1916). Il étudiait les effets d’actions organisées convergeant vers un objectif déterminé. Dans son approche, faire et penser sont inséparables. C’est ainsi que le « *learning by doing* » plébiscite une activité créatrice et inductive face à une diffusion d’information uniquement déductive. Le concept éducatif visé par Dewey place donc les besoins et les intérêts des élèves au centre des actions pédagogiques conçues par le professeur. En parallèle, Cousinet (1959) et Freinet (1964) abondent dans le sens où la pédagogie doit permettre d’apporter une réponse aux besoins des élèves tout en favorisant l’acte de dévolution. Leurs travaux avaient démontré que les enseignements théoriques engendraient peu de résultats s’ils n’étaient pas agrémentés d’expérimentations. Autrement dit, comment permettre aux élèves de visualiser les savoirs mis en jeu.

Les travaux de Piaget rejoignent ce concept constructiviste et ont révélés l’importance de l’activité dans l’apport de connaissance. Dès 1973, les référentiels de l’éducation nationale ont permis de démocratiser la pédagogie de projet auprès des bacheliers en leur proposant de travailler sur des projets pluridisciplinaires, à hauteur

de 10% de leur temps de travail. Le projet technologique est mis en œuvre pour permettre à l'élève de s'approprier une situation constituant un défi (Abdallah, 2009). Aujourd'hui nous pouvons concevoir le projet technologique comme étant une succession de phases, tel que cela se fait en entreprise. Il est initié à partir d'une thématique concrète de la vie (Lebrun, 2007). Les élèves s'impliquent de façon contractuelle à l'élaboration de leurs savoirs. Ces activités nécessitent une évaluation continue, souvent appelée revue de projet, en fonction de l'avancement chronologique dans les différentes phases du projet. Le projet technologique doit s'orienter vers une production concrète et évaluable (Perrenoud, 2002 ; Proulx, 2004). Une des caractéristiques essentielles des projets technologiques est leur durée. En effet le temps monopolisé pour mener à bien un projet est relativement grand si nous devons le comparer aux activités que nous pouvons retrouver dans les matières générales. Par exemple, depuis la réforme du baccalauréat technologique de 2011, le temps du projet de spécialité est de 70 heures. Cette durée nécessite une coordination des actions et des réflexions mais aussi un suivi planifié de l'activité. Pour les élèves, les projets technologiques représentent la possibilité de développer des méta-compétences telles que leur autonomie ou leurs compétences organisationnelles. Les professeurs ne sont pas en reste et voient leurs interactions, avec les élèves, évoluer tout au long du projet technologique. Les activités qu'ils doivent concevoir et les outils mobilisés sont transformés par ce type de pédagogie. L'enseignant a un rôle de guide et de médiateur. L'apprenant est actif et responsable dans l'apprentissage (Raby, Beaudry, & Viola, 2007 ; Proulx, 2004 ; Dumas, 2002).

1.3.2. L'étude de systèmes au centre de l'enseignement

Dans le monde industriel, la réalisation de projets est une méthode de travail de plus en plus commune car elle semble adaptée aux contraintes induites par l'industrie 4.0. Les métiers, les services, sont découplés, et la démarche projet est une solution qui permet d'être plus efficace et plus rapide pour produire un système technique. Concrètement, un projet se présente comme une équipe de personnes rassemblées pour plusieurs mois qui vont devoir travailler ensemble pour atteindre les objectifs assignés. De façon générale, un projet né d'une volonté de création ou d'amélioration. Comme le

dit Herniaux (2001), il est avant tout, une résolution de problèmes complexes qui nécessite : un travail collectif, un défi, un cadre, un pilotage pour respecter les objectifs fixés.

Que ce soit pour l'ingénieur dans l'entreprise ou l'enseignant dans l'éducation nationale, il est nécessaire de piloter le projet. Pour cela, La première compétence à maîtriser, est d'exprimer au mieux le besoin ou le service à rendre à l'utilisateur, sans a priori de solution. C'est ce que nous retrouvons communément sous le nom : « approche fonctionnelle ». Le projet doit être conçu en termes d'objectifs à atteindre recensés dans : « le cahier des charges ». Ensuite, la seconde compétence est d'organiser le suivi des activités. Quelles phases de recherche ? Quel temps pour chacune d'elles ? Quelle planification ? C'est ce que l'on nomme habituellement : « la gestion du projet ». Dans la conception de son projet technologique, le professeur doit quitter sa casquette de professeur pour devenir maître d'œuvre et manager. Le tableau 1 ci-après liste les différentes phases de la gestion d'un projet vue par le professeur. La préparation fait appel aux techniques de management afin de gérer les activités du projet avec des outils appropriés.

Phases	Activités	Outils
Analyse du besoin	Cahier des charges	Diagramme SysML « Requierement »
Segmentation du projet	Phasage	
Répartition des tâches entre acteurs	Fiches de lot	Contrats élèves sous format type « word »
Maîtrise des délais	Planification	Diagramme GANTT
Gestion budgétaire	Achats et maîtrise des coûts	Devis et analyses comparatives chez les fournisseurs
Suivi de projet	Revue de projet	Evaluation des productions écrites et questionnaire par contrat élève
Communication	Présentations et soutenances	Présentation type « Power Point »

Tableau 1 : Gestion de projet vue par le professeur.

Dans le projet technologique, la séparation des responsabilités entre la commande et la production est essentielle. Les notions de maître d'œuvre et maître d'ouvrage jouent

ce rôle et répartissent les responsabilités de chacun par des objectifs clairement identifiés :

- **Le commanditaire est responsable de la pertinence du projet, de sa définition et de sa réception finale ;**
- **Le chef de projet : Il a la responsabilité de l'atteinte des objectifs. Il manage l'équipe du projet. Il rend compte des avancements production, coûts, délais ;**
- **L'équipe projet : Elle conçoit le système technique. Chaque groupe est constitué en moyenne de 4 élèves (maximum 5 selon les préconisations de l'éducation nationale) qui traite chacun, un contrat qui lui est propre. La notion de communication entre les contrats d'un même projet est ici primordiale.**

L'industriel à l'origine de la demande est le commanditaire, le professeur le chef de projet, et le groupe d'étudiants l'équipe de projet. Un des étudiants du groupe peut être chef de projet adjoint pour seconder le professeur. Ce rôle peut être tenu alternativement par chacun d'eux pour développer des compétences de gestion de projet. Ce qui est vrai pour une organisation industrielle l'est également pour une organisation pédagogique. Nous ne pouvons pas demander à l'élève d'être à la fois le demandeur qui exprime le besoin et le concepteur-réalisateur de la solution. Cela relèverait d'une gymnastique intellectuelle et d'un degré d'abstraction tels que la démarche de projet en perdrait une grande part de sa rigueur et que l'apprentissage visé serait faussé. Notons toutefois que bien souvent le commanditaire extérieur est encore trop peu présent dans les projets technologiques en STI2D. Il faut donc que le professeur compense cela en créant un contexte artificiel dans lequel au moins deux partenaires, aux statuts et rôles différents, existent :

- **Le professeur : responsable du groupe classe sera le demandeur qui pose le problème et exprime le besoin ;**
- **Le groupe d'élèves : l'équipe projet chargée de sa réalisation.**

Il restera au professeur à faire jouer le rôle de chef de projet successivement à chaque élève. Le professeur doit pouvoir développer ses compétences d'ubiquité pour être commanditaire et maître d'œuvre. Pour éviter cela, un deuxième enseignant, n'intervenant pas a priori dans le projet, peut potentiellement jouer le rôle de commanditaire afin de distinguer les différents acteurs du projet.

Afin d'appréhender un projet technologique clairement, il est nécessaire d'affecter des tâches précises à chaque élève, il faut décomposer le projet en « contrat » de nature homogène. À partir de cette décomposition exhaustive du projet, le professeur affecte chaque contrat à un groupe d'élève. Pour rendre contractuelle cette mission, chaque tâche fait l'objet d'une consigne donnée sous forme de fiche descriptive détaillée, rédigée par le chef de projet. Ensuite, la phase de planification a pour but de lui fournir toutes les informations de dates, de tâches, de durées, de moyens... La planification n'est pas destinée qu'au chef de projet, elle sert aussi de moyen de communication entre les différents acteurs du projet technologique. L'outil communément utilisé dans cette phase est l'outil le diagramme de Gantt. Ce diagramme permet de visualiser la succession des tâches à réaliser avec des segments situés sur l'axe du temps. Ce planning montre bien ce qu'il faut faire et quand il faut le faire. Son caractère visuel lui permet d'être aussi un outil de suivi dynamique. Enfin, les revues de projet sont des moments de travail permettant de réaliser des entretiens d'avancement entre tous les acteurs du projet technologique. Elles assurent le passage d'une phase à la suivante avec soit un accord, soit un accord soumis à des réserves ou des demandes de corrections. Les revues de projet constituent une étape importante dans le processus de la démarche de projet. Mais au-delà de cet aspect décisionnel, les revues permettent de :

- **Faire un état des lieux sur l'avancement du projet ;**
- **Contrôler les productions et discuter des choix et solutions ;**
- **Diffuser les informations homogènes à tous les élèves d'une même équipe ;**
- **Soutenir une coopération efficace entre les membres de l'équipe ;**
- **Mobiliser tous les élèves dans la poursuite du projet.**

En STI2D, l'initiation à la démarche de projet commence dès la classe de première avec la mise en œuvre de mini-projets permettant de vivre plusieurs étapes du projet pour résoudre un problème technique limité. Ces problématiques s'articulent autour de la conception appliquée à des situations concrètes liées aux enjeux du développement durable ainsi qu'à la compétitivité des produits.

Comme le décrit Taillard (2012), les activités proposées à travers le projet technologique sont conçues de façon à immerger les élèves dans un processus d'enseignement apprentissage basé sur la réflexion et la création collective. Ainsi, le

projet technologique permet aux élèves d'acquérir une démarche structurée et collective d'analyse, de proposition, de choix, de réalisation, de test et de communication. L'objectif de réalisation d'un prototype, fixé par le projet, ne vaut que par l'obligation de valider une conception. Cette phase de validation est essentielle, car elle permet aux élèves d'apprécier les performances de la solution conçue au vu des objectifs fixés dans le cahier des charges. Cette phase de réalisation nécessite que les solutions technologiques soient compatibles avec les moyens de prototypage, mais n'implique pas qu'elles soient optimisées du point de vue de l'industrialisation.

Habituellement, les projets technologiques sont basés sur la modification, l'amélioration, d'un système déjà disponible dans le laboratoire (ou dans l'environnement proche de l'élève). Ce système technique doit être analysable par les élèves. Chaque élève doit être en mesure de pouvoir réaliser une analyse fonctionnelle du système technique proposé. L'analyse structurelle doit rester relativement simple. Ce contexte permet de limiter l'ampleur de la tâche liée à la création d'un nouveau système technique. En fonction de chaque spécialité du cursus STI2D, le domaine technologique et les compétences visés sont ceux définis par le référentiel STI2D de 2011. Pour la spécialité EE², l'objectif du projet est régulièrement basé sur l'amélioration de l'efficacité énergétique dans le cadre de l'évolution d'un système existant et répondant à une problématique réelle, associée à un cahier des charges. La tâche peut être de répondre à un nouveau besoin (autonomie, énergie renouvelable...), d'améliorer les performances d'une chaîne d'énergie (structure, rendement...) ou encore d'optimiser la gestion de l'énergie (régulation...). Toutefois, des projets pluriethniques mixant les problématiques de conception dans plusieurs spécialités peuvent être réalisés de façon coordonnée entre plusieurs groupes d'élèves de spécialités différentes. Pour reprendre le cas de l'efficacité énergétique en EE, la partie modification du pilotage et de la régulation peut être affectée à un groupe de spécialité SIN³. Ce sera alors la gestion de projet qui permettra de coordonner les différents contrats des groupes de spécialités. La même problématique peut être envisagée sur un sujet d'efficacité énergétique dans le bâtiment avec un couplage EE et AC⁴ ou SIN et AC. Le domaine de la mécatronique offre les mêmes

² Energie et Environnement.

³ Systèmes Informatiques Numériques.

⁴ Architecture et Construction.

possibilités entre ITEC⁵ et SIN. Concernant les quatre spécialités, les activités relatives au projet technologique concernent :

- **L'analyse du besoin ;**
- **La conception ;**
- **La réalisation ;**
- **La validation ;**
- **Auxquelles s'ajoute de manière transversale la communication.**

Ces activités correspondent aux phases de développement d'un projet technologique. Elles précisent les grandes étapes du projet ainsi que les attendus de chaque phase. Cette organisation, à adapter à chaque projet, va engendrer toute l'organisation des activités (planning, répartition des tâches collectives et individuelles, revues de projet...). L'élaboration du cahier des charges résulte d'un travail collectif d'analyse du besoin après expérimentations et tests du système dans sa version initiale, le cadre de l'étude étant clairement défini par le professeur au lancement du projet. La conception se décline en recherche d'idées, suivi d'une conception préliminaire puis détaillée, d'une activité de simulation pour estimer le comportement prévisionnel de la solution conçue.

La numérisation des données, la présence des outils numériques mobiles, les solutions de simulation et les machines de prototypage peuvent envisager de faire des validations partielles du système technique. Néanmoins, il existe toujours une limite temporelle où l'équipe d'élèves doit passer à l'étape suivante afin de respecter le planning prévisionnel (Gantt) et ainsi finaliser chaque phase dans le temps imparti. La réalisation de prototypes n'est pas un objectif en soi. Cette phase ne doit pas supplanter les analyses fonctionnelles et structurelles ainsi que la réflexion. Elle permet d'appuyer l'étape essentielle de validation de la conception. Le prototype permet de mesurer des performances obtenues pour valider les fonctions d'un système complet. Les prototypes peuvent être réalisés à l'échelle ou à échelle réduite si cela s'impose.

⁵ Innovation Technologique et Eco Conception

1.3.3. L'analyse fonctionnelle dans la démarche de projet technologique

Dans ses travaux de recherche Gunther (2016) étudie l'efficacité de l'analyse fonctionnelle au collège. Son approche nous intéresse dans le sens où cet outil peut permettre à certains collégiens de mieux appréhender le fonctionnement d'un système technique. En étudiant les référentiels de l'éducation nationale, nous constatons les différentes façons d'aborder l'analyse fonctionnelle dans la démarche de projet technologique. Gunther va dans le sens de Johsua et Dupin et dit que « *Les choix pédagogiques et l'environnement épistémologique sont des indicateurs de la manière dont les connaissances sont transmises* » (Gunther, 2016, p. 28). L'analyse fonctionnelle d'un système technique peut être appréhendée de deux manières différentes. L'une de ces approches consiste à mettre en avant les principaux concepts tels que les interdépendances du système technique ou encore le rapport entre l'homme et ce même système. Dans un projet technologique, la phase de conception nécessite une part de discernement incontournable pour les élèves de STI2D. Leur principale difficulté réside dans le fait de savoir sélectionner les informations pertinentes. Nous nous rapprochons ainsi des analyses de Chatoney (2003) dans ce domaine. Une seconde approche plus pragmatique, proposée par Lebahar (2007) mets en avant un concept plus utilitaire et à destination des élèves. Cette approche prône l'enseignement des outils à partir de la description du système technique. De cette façon, l'élève est confronté à une représentation qui peut l'aider à mieux s'approprier la phase de conception. Les référentiels de STI2D insistent sur la dimension économique dans la démarche de projet technologique. Les activités relatives à cette dimension nécessitent l'étude comparative des coûts du système ou d'une partie de celui-ci, ou encore des matériaux qui le constituent. Cette première analyse intervient en amont de l'analyse fonctionnelle qui en dépend étroitement. Jouineau (1982) précise cela. En effet, c'est en réalisant une analyse fonctionnelle pertinente que les aspects économiques inhérents à la conception puis à la production du système technique pourront être rationalisés.

Analyser de façon fonctionnelle un système n'est pas nouveau. Cette activité apparaît dès les années 60, lors de l'apparition de la technologie dans les référentiels de

l'éducation nationale. C'est par l'observation des systèmes techniques, associés aux représentations graphiques, que sont abordées les connaissances liées à l'analyse fonctionnelle (Lebeaume & Martinand, 1998). En effet, les langages graphiques se sont imposés comme étant les outils de représentations indispensables pour faciliter la compréhension du monde technologique qui nous entoure. Ainsi, depuis les années 74⁶, les schémas et dessins techniques permettent d'étudier avec précision les structures internes et externes des systèmes techniques, principalement mécaniques. Les réformes successives ayant vu naître les EMT⁷, ont clairement définies l'analyse fonctionnelle comme étant indispensable à l'enseignement technologique. Dans les faits, et comme le relève Perry, Dockett & Harley (2012) dans leurs travaux, cette période semble avoir plébiscité les activités manuelles au détriment d'une réflexion réellement technologique. Ce n'est que depuis les années 85, date où la technologie fut réellement appréhendée comme une discipline à part entière, que les référentiels de l'éducation nationale ont inclus la démarche de projet technologique. Dès lors, l'analyse fonctionnelle complète les savoirs acquis dans les cursus de collèges où les représentations graphiques des chaînes d'énergie et chaînes d'information permettent de modéliser un système technique. Depuis la réforme du baccalauréat technologique de 2011, le système technique est au centre des référentiels de spécialités. Les termes « Analyse », « Fonction », « fonctionnement » sont récurrents. L'analyse fonctionnelle est donc bien présente en STI2D et constitue une connaissance à part entière à acquérir dans le cadre de la démarche de projet technologique. L'étude d'un système technique, connu ou non, est étroitement liée à sa fonction principale ainsi que de son fonctionnement. Spaulding, Bridge & Skitmore (2005) ont montré que malgré les normes en vigueur, l'analyse fonctionnelle reste sous exploitée dans le monde industriel, et cela au niveau international. Le manque de compétence en serait la principale explication. L'investigation au sujet de sa présence dans les systèmes éducatifs internationaux nécessiterait une étude détaillée.

La transposition de l'analyse fonctionnelle issue du monde industriel dans les cursus STI2D ne s'est pas faite sans difficulté et ce, malgré les volontés politiques

⁶ Voir référentiel de l'éducation nationale de 1974.

⁷ Education Manuelle et Technologique.

(Olivier, 2014). Les objectifs industriels n'ont pas vocation à prioriser l'acquisition des savoirs mais plutôt à accroître l'efficacité en matière de production. Toutefois Ginesté (2008) fait référence à un modèle d'apprentissage organisé autour de l'acquisition de compétences. Nous pensons que ces compétences peuvent être mesurées grâce à des comportements caractéristiques et identifiables à ce qui se pratique dans le monde industriel. Ainsi elles peuvent nécessiter de s'appuyer sur les connaissances relatives à l'analyse fonctionnelle. La problématique engendrée nécessite des facultés d'adaptation et d'utilisation de ces outils en instruments pour enseigner. De plus les systèmes techniques actuels, toujours plus complexes, engendrent des analyses fonctionnelles elles aussi plus complexes. Le développement des outils numériques peut en ce sens œuvrer pour apporter une nouvelle approche des systèmes techniques et ainsi faciliter leur analyse fonctionnelle.

La recherche qui suit va tenter de nous éclairer sur le rôle éventuel que peut jouer la RA dans l'analyse fonctionnelle en STI2D. Ainsi nous pourrions tenter de mesurer son impact dans la démarche de projet technologique. Ce domaine de recherche centré sur l'utilisation de l'analyse fonctionnelle par les enseignants a été observé par Chatoney (2003) au niveau de l'école primaire et Gunther (2016) au niveau collège. Les expérimentations menées par Chatoney (2010) indiquent que l'analyse fonctionnelle est avant tout, un instrument structurant. Pour les élèves de STI2D, l'analyse fonctionnelle donne du sens aux activités de conception. Comme déjà évoqué dans les lignes précédentes ainsi que par Graube et al. (2003), la mise en œuvre de l'analyse fonctionnelle engendre deux écueils :

- **Une problématique liée au transfert des outils industriels vers le cursus STI2D ;**
- **Une problématique de transformation en instrument pour enseigner.**

Le défi est donc d'identifier les connaissances devant être transmises dans la démarche de projet. Le monde numérique dans lequel évoluent les élèves de STI2D les confronte sans cesse à des systèmes pluri techniques et par conséquent pluri disciplinaires. L'utilisation des nouveaux outils numériques tels que la RA, peuvent aider ces élèves à appréhender l'utilisation de l'analyse fonctionnelle. Dans ce cas, l'analyse fonctionnelle, potentiellement appuyée par la RA, serait susceptible de tisser le lien

entre les élèves, les systèmes techniques et les interdépendances entre les solutions techniques et les fonctions tel que défini par Simondon (1958).