

THESIS / THÈSE

MASTER EN SCIENCES INFORMATIQUES À FINALITÉ SPÉCIALISÉE EN SOFTWARE ENGINEERING

Enseigner l'intelligence artificielle pour les jeunes de 12 à 14 ans afin d'en changer leur image et leur représentation au travers d'activités de courte durée

Olivier, Briec

Award date:
2018

Awarding institution:
Universite de Namur

[Link to publication](#)

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal ?

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

UNIVERSITÉ DE NAMUR
Faculté d'informatique
Année académique 2017-2018

**Enseigner l'intelligence artificielle pour
les jeunes de 12 à 14 ans afin d'en
changer leur image et leur représentation
au travers d'activités de courte durée**
Brieuc Olivier



Maître de stage : Julie HENRY

Promoteur : _____ (Signature pour approbation du dépôt - REE art. 40)
Benoît FRENAY

Co-promoteur : Julie HENRY

Mémoire présenté en vue de l'obtention du grade de
Master en Sciences Informatiques.

Résumé

De nos jours, l'éducation de l'informatique aux jeunes prend de plus en plus d'importance et les autorités se penchent sur l'introduction de l'intelligence artificielle aux programmes de cours. Cependant, le contenu de ce genre de cours reste à traiter. Ce mémoire présente une étude qui a eu lieu tout au long de l'année scolaire 2017-2018 au sein de l'Université de Namur et de plusieurs écoles participant au projet. Cette étude présente une enquête sur l'image et la représentation de l'intelligence artificielle chez des élèves (de 12 à 18 ans) et étudiants (à partir de 18 ans) du grand public. À la suite de cette étude, un enseignement court comprenant des activités sur l'intelligence artificielle est mis en application et l'évolution des élèves est mesurée suite à ce dernier.

Abstract

Nowadays, computer education for young people is becoming increasingly significant, and the authorities are looking forward to the introduction of artificial intelligence to the curriculum. However, the content of such courses is still a question. This master thesis presents a study that took place throughout the school year 2017-2018 within the University of Namur and several schools participating in the research. This study presents a survey on the depiction and representation of artificial intelligence among pupils (from 12 to 18 years old) and students (from 18 years old) of the general public. Following this study a brief teacher including activities about artificial intelligence is carried and the student's evolution after this teaching measured.

Avant-Propos

Ce mémoire est la suite du travail effectué tout au long de mon stage à l'Université de Namur. Tout ceci n'aurait été possible sans ces personnes que je souhaite remercier.

Les constructions du sondage et des activités se sont déroulées dans le bureau 426 de l'Université de Namur. Je tiens à remercier ses occupants et surtout l'équipe du projet School-IT pour son accompagnement tout au long de la création et des tests des activités dans les différentes écoles.

Mes remerciements vont aussi au personnel des écoles ayant accepté de nous accueillir pour tester nos activités et ayant collaboré activement au projet.

Je tiens également à remercier particulièrement ma maître de stage et copromotrice, Julie Henry, de son travail titanesque de relecture poussée ainsi que ses bons conseils qui m'ont permis de ficeler cet ouvrage ainsi que d'apporter ma participation au monde scientifique à travers quatre soumissions sur deux colloques scientifiques tout au long de mon stage.

Mes remerciements s'adressent aussi à mon promoteur, Benoît Frénay pour sa disponibilité et ses bons conseils qui m'ont permis de compléter ce mémoire.

Pour terminer, je souhaite remercier ma famille ainsi que ma compagne de m'avoir soutenu ces cinq dernières années.

Table des matières

1	Introduction	6
2	Intelligence artificielle	8
2.1	Hivers de l'intelligence artificielle	8
2.2	Définition	9
2.2.1	Raisonnement humain	10
2.2.2	Raisonnement idéal	10
2.2.3	Comportement humain	10
2.2.4	Comportement idéal	11
2.3	Angles d'approche	11
2.4	Discussion sur la représentation	13
3	Enseigner l'intelligence artificielle	15
3.1	Langage de programmation	16
3.2	Technique et algorithmique	16
3.3	Robotique	17
3.4	Jeu	18
3.5	Discussion sur les différents enseignements	21
3.6	Conclusion	24
4	Problématique de recherche	25
5	Méthodologie relative à l'enquête	28
5.1	Publics-cible	28
5.2	Contenu de l'enquête et méthode d'analyse	28
5.2.1	Questions de 1 à 4	29
5.2.2	Questionnaire à choix multiples	30
6	Résultats de l'enquête	32
6.1	Questions de l'enquête concernant l'image	32
6.1.1	Données sur la définition	32
6.1.2	Données sur l'exemplification	35
6.2	Questionnaire à choix multiples	37
6.2.1	Résultats du QCM	37
6.2.2	Application des résultats sur l'Hypothèse 1	40
6.3	Mise en relation avec le niveau d'études	40
6.4	Opinion sur l'intelligence artificielle	42
6.4.1	Opinion et image	42
6.4.2	Opinion et représentation	44

7	Activités sur l'intelligence artificielle	46
7.1	Public cible	46
7.2	Description des activités	47
7.2.1	Introduction au concept d'IA	47
7.2.2	Synthèse d'émotions	47
7.2.3	Robotique	49
7.2.4	Apprentissage machine	50
7.2.5	Stratégie	52
7.3	Table des séquences d'apprentissage	53
7.4	Description des pré et post-tests	54
7.4.1	Questions ouvertes	54
7.4.2	Questionnaire à choix multiples	54
7.5	Méthodes d'analyse des résultats	55
8	Retours sur l'enseignement	56
8.1	Appréciation générale	56
8.2	Retours par activités	58
8.2.1	Synthèse d'émotions	58
8.2.2	Robotique	59
8.2.3	Apprentissage machine	60
9	Image et représentation après un premier enseignement	62
9.1	Résultats de l'enseignement	62
9.1.1	Séquences avec l'activité sur la synthèse d'émotions	62
9.1.2	Séquence avec activité sur la robotique	66
9.1.3	Séquence avec activité sur l'apprentissage machine	67
9.2	Analyse des résultats groupés	68
10	Conclusion	70
10.1	Conclusion sur la Question de recherche	71
10.2	Futurs travaux	72
	Références	73
A	Réponses au questionnaire à choix multiples	77
B	Résultats de l'enquête pour le public universitaire	83
C	Résultats de l'enquête pour le public secondaire	90
D	Résultats des pré et post-tests	93

Chapitre 1

Introduction

L'éducation au numérique est un sujet d'actualité en Belgique comme à l'étranger. Le Pacte d'Excellence¹ illustre ce sujet pour la fédération Wallonie-Bruxelles. Une volonté existe de former, dès le plus jeune âge, des citoyens agiles dans un monde numérique. Si le contenu de cette formation reste à traiter en Belgique francophone (Henry J. & A-S., 2018), certaines matières comme l'intelligence artificielle (raccourcie par IA dans le reste de ce mémoire) sont citées de manière croissante comme un sujet inévitable de la formation au numérique chez les jeunes (Eaton et al., 2017 ; Gadanidis & Gadanidis, 2017).

Ce mémoire a pour objet l'enseignement de l'IA en vue d'accroître la connaissance qu'en ont les jeunes. Il questionne aussi le format et la durée qu'un tel enseignement devrait avoir afin de transmettre aux élèves un savoir suffisant de l'IA pour comprendre ce dont il s'agit.

Dans un premier temps, le point est fait sur l'image et la représentation de l'IA dans la littérature. À la suite et pour couvrir l'entièreté du thème du travail, un aperçu est donné quant à l'enseignement du concept. L'objectif est d'observer ici l'apprentissage des élèves de 12 à 14 ans. L'état de l'art traite de l'enseignement chez les élèves (âgés de moins de 18 ans) et les étudiants (âgés de plus de 18 ans) afin d'obtenir un aperçu plus le plus significatif possible de ce à quoi peut ressembler un enseignement de l'IA. Le contenu de cette analyse de la littérature permet de tirer un premier bilan.

Une question de recherche est rédigée et est déclinée en hypothèses de recherche. Chacune d'elles est soit affirmée soit infirmée dans les chapitres suivants, apportant de ce fait des éléments de réponse à la question de recherche. Une proposition de définition des termes "image", "représentation", "définition" et "compréhension" est donnée afin d'apporter plus de précision sur les mesures présentées dans les méthodologies présentées dans la suite du travail.

Une enquête est alors décrite et les résultats de celle-ci analysés afin d'obtenir la représentation de l'IA pour deux échantillons sélectionnés pour cette étude. Un groupe de secondaires (entre 12 et 18 ans) ainsi qu'un autre d'universitaires

1. Site du projet : www.pactedexcellence.be

de plus de 18 ans sont choisis. L'accent est porté tant sur les connaissances des répondants que sur l'opinion qu'ils ont de l'IA. Par ailleurs, une section entière du sondage teste leur capacité à définir le niveau d'avancement de certaines technologies de l'IA.

Des séquences d'activités créées dans le cadre de ce mémoire pour enseigner l'IA sont expliquées. Ces dernières traitent de certaines matières considérées comme prérequis aux notions vues dans les activités sur l'IA. Chaque séquence est précédée d'un pré-test et suivie d'un post-test visant à mesurer l'évolution de l'image ainsi que de la représentation de l'IA chez l'élève. Des retours sont donnés sur la mise en application des activités et les résultats extraits des tests sont analysés afin de définir l'impact de ces activités sur les jeunes. L'accent est mis sur leur capacité à définir et à comprendre le concept d'IA. Les biais possibles sont identifiés pour expliquer certains résultats.

En guise de conclusion, une réponse à la question de recherche est donnée et nuancée afin de lui apporter plus de finesse et d'aborder des piste éventuelles pour continuer la recherche.

Chapitre 2

Intelligence artificielle

S'il est question, dans ce mémoire, d'enseigner l'IA à des jeunes, il ne s'agit pas d'en faire des experts. Il s'agit plutôt de les rendre conscients du monde numérique dans lequel ils évoluent. En effet, étant donné qu'il est sujet d'une technologie avec laquelle ils vont très fréquemment interagir dans leur avenir, il semble pertinent d'en développer chez eux une bonne représentation. Pour cela, un apprentissage est mis en place en vue de faire acquérir les concepts de base et ainsi corriger les idées reçues sur le sujet.

Cet état de l'art aborde la définition et la compréhension de l'IA des experts, mais aussi l'image et la représentation du domaine pour le grand public. Premièrement, une analyse est menée sur sa représentation et l'approche qu'il est possible d'avoir par rapport à son évolution historique. Deuxièmement, quatre définitions types issues de huit auteurs sont présentées. Ensuite, différentes approches de l'IA sont abordées : scientifique, éducationnelle, du grand public et éthique. Enfin, une discussion est menée sur le sujet.

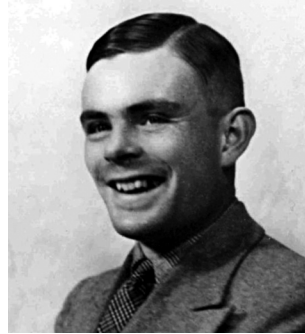
2.1 Hivers de l'intelligence artificielle

Depuis ses débuts avec Turing (1950) (Figure 2.1), l'IA a connu, dans son évolution, des croissances fulgurantes, mais également des *hivers*. Les deux *hivers* principaux ont eu lieu aux débuts des années 80 et 90, causés par une perte de confiance envers l'IA encore supportée à l'époque par des machines limitées tant en termes de puissance que d'espace.

Ces *hivers* ont eu pour conséquence le changement de nom de différents sous-domaines de l'IA. En effet, afin d'obtenir des financements ou des contrats, les experts évitaient le terme IA, alors perçu négativement. Ainsi sont nés des secteurs de recherche comme l'informatique cognitive ou l'intelligence computationnelle (Poole, Mackworth, & Goebel, 1998). Ces termes sont les traces de l'impact qu'a eu le monde financier sur le domaine. Toujours pour des causes proches du monde économique, l'étiquette IA est rapidement enlevée d'un produit une fois l'innovation rentrée dans les mœurs¹ et ce quel que soit la situation

1. <http://edition.cnn.com/2006/TECH/science/07/24/ai.bostrom/> consulté le 23-03-2018

FIGURE 2.1 – Alan Turing, 1950, Université de Princeton, source : <https://www.princeton.edu/turing/alan/history-of-computing-at-p/> le 02-05-2018



du secteur. Ceci explique pourquoi beaucoup de produits contenant pourtant de l'IA ne sont pas labellisés comme tel (par exemples, les IA de jeux, les voitures autonomes...). Dans le même d'ordre idée, certains *buzzwords* comme Machine Learning ont parfois pris le dessus sur le terme IA, bien qu'étant un sous domaine de cette dernière.

2.2 Définition

Une manière de considérer l'image et la représentation que quelqu'un se fait de l'IA est de lui demander de la définir et de l'exemplifier. La chose n'est pas aisée. En effet, il faut pour ce faire définir un terme qui est lui-même difficile à définir : l'intelligence (Legg & Hutter, 2007). Ce concept est complexe comme l'illustrent ses différents modèles (Tirri & Nokelainen, 2012; Lautrey, 2006; Fiorello, Flanagan, & Hale, 2014).

Parmi les travaux présents dans la littérature, un grand nombre d'experts ou de professionnels proposent des définitions pour l'IA. Quatre types de définitions sont acceptés par Russel (Russell, Norvig, & Intelligence, 1995 cité par Sweeney, 2003). Ils peuvent être organisés autour de deux axes (Sweeney, 2003) (Tableau 2.1).

TABLE 2.1 – Classification selon deux axes des différentes définitions de l'IA

"Une IA est un système qui..."	Raisonnement	Action/Comportement
Idéal	"... raisonne idéalement"	"... se comporte idéalement"
Humain	"... raisonne humainement"	"... se comporte humainement"

L'axe horizontal oppose le raisonnement à l'action ou le comportement. La différence se marque vis-à-vis du travail effectué, le premier s'attardant plus sur un

raisonnement et le second à un comportement physique tel qu'un déplacement. L'axe vertical oppose l'idéal à l'humain. Un système idéal suggère ici un système qui serait capable de chose dont un humain serait idéalement capable (en tentant parfois de transcender cela). Un système humain, au contraire, pourra se permettre quelques imperfections afin de ressembler au mieux à l'homme. Cela se rapproche du test de Turing.

Les différentes définitions de l'IA peuvent être classées dans quatre ensembles. Des systèmes sont décrits comme agissant ou raisonnant, et ce humainement ou idéalement (Russell & Norvig, 2010). Chacun de ces types de définitions est approfondi dans les sous-sections suivantes.

2.2.1 Raisonnement humain

Les définitions de l'IA selon Haugeband et Bellman sont respectivement les suivantes : *"La tentative nouvelle et passionnante d'amener les ordinateurs à penser, [d'en faire] des machines dotées d'esprit au sens le plus littéral."* (Haugeland, 1989 cité par Sweeney, 2003) et *"[L'automatisation des] activités que nous associons à la pensée humaine, des activités telles que la prise de décision, la résolution de problèmes, l'apprentissage..."* (Bellman, 1978 cité par Sweeney, 2003). Il est ici question de machines qui portent un raisonnement semblable à celui des humains. Par rapport aux axes de Sweeney, ces définitions sont orientées *"raisonnement humain"*. Ce type de définition est surtout orienté pour les tâches où la compréhension de l'homme est primordiale comme dans le cas des systèmes de reconnaissance vocale.

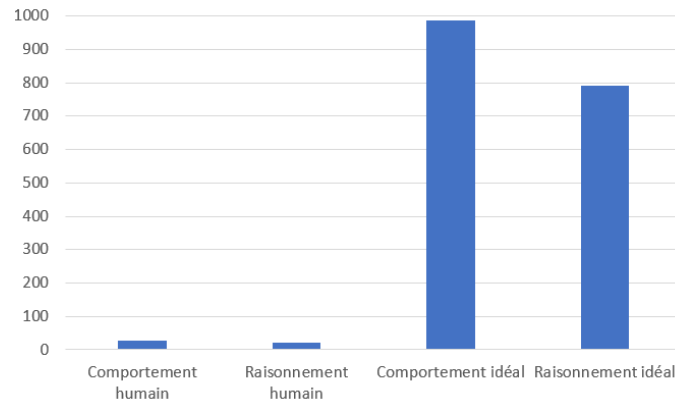
2.2.2 Raisonnement idéal

McDermott et Winston proposent comme définitions de l'IA *"L'étude des facultés mentales grâce à des modèles informatiques"* (Charniak, Riesbeck, McDermott, & Meehan, 2014 cité par Sweeney, 2003) et *"L'étude des moyens informatique que rendent possible la perception, le raisonnement et l'action"* (Winston, 1992 cité par Sweeney, 2003). La vision commune à ces deux définitions est axée sur le raisonnement idéal que pourrait avoir une machine plutôt que l'imitation pure et dure qu'elle pourrait faire d'un humain (les systèmes de diagnostic médical, par exemple). Selon Sweeney (2003), ce type de définition d'une IA est la deuxième vision la plus populaire auprès des experts (Figure 2.2).

2.2.3 Comportement humain

Certains auteurs s'alignent avec une vision de l'IA autour d'actions ayant pour but d'imiter l'homme. Certaines de leurs citations sont *"L'art de créer des machines capables de prendre en charge des fonctions exigeant de l'intelligence quand elles sont réalisées par des gens."* (Kurzweil, Richter, Kurzweil, & Schneider, 1990 cité par Sweeney, 2003) et *"L'étude des moyens à mettre en œuvre pour faire en sorte que des ordinateurs accomplissent des choses pour lesquelles il est préférable de recourir à des personnes pour le moment."* (Rich & Knight, 1991 cité par Sweeney, 2003). Cette vision de l'IA est populaire dans la presse commerciale ainsi que dans les livres consacrés à l'IA (Sweeney, 2003).

FIGURE 2.2 – Proportion des types de définition selon Russel dans les références des livres de cours sur l'IA, source : Sweeney, 2003



2.2.4 Comportement idéal

Les définitions données par Poole et Nilsson considèrent l'IA comme un système avec des actions rationnelles : "*L'intelligence computationnelle (computational intelligence) est l'étude de la conception d'agents intelligents.*" (Poole et al., 1998 cité par Sweeney, 2003) ; "*l'IA [...] étudie le comportement intelligent dans les artefacts.*" (Nilsson, 1998 cité par Sweeney, 2003). Cette vision est la plus populaire selon Sweeney (Sweeney, 2003). Certains des nouveaux noms donnés lors des *hivers* de l'IA comme *intelligence computationnelle* sont orientés action rationnelle.

Comme observé dans les paragraphes précédents, l'image et la représentation de l'IA dans la littérature se limitent à celles des experts. Peu d'articles se focalisent sur la représentation qu'a le grand public de l'IA (Irnia, 2016). Il est donc intéressant de s'attarder sur les différents angles approchés qu'il est possible d'avoir de l'IA.

2.3 Angles d'approche

Les angles d'approche qu'il est possible d'avoir vis-à-vis de l'IA sont adaptables pour toute autre technologie. Ici, l'objectif est d'analyser l'impact que pourrait avoir une approche spécifique sur l'IA (y compris sur son image ou sa représentation). Dans cette section sont traitées dans l'ordre les approches budgétaires, de l'enseignement, éthique, ainsi que l'approche du grand public.

L'approche budgétaire (ou business) a eu une influence sur le développement à long terme de l'IA, mais aussi sur la représentation qu'il est possible de s'en faire. Les *hivers* sont une réalité qu'il faut prendre en compte lorsqu'il est sujet du manque de confiance envers l'IA. Les coupes budgétaires et les nouvelles

appellations pour contourner ces craintes sont des événements ayant divisé les experts sur le domaine et contribué au flou autour de l'image de l'IA.

Une autre approche est celle d'un enseignant de l'IA. Le livre de Russel (Russell & Norvig, 2010) est un exemple récurrent, car il est référencé dans d'autres livres de cours sur le domaine. Près de trois quarts de ces enseignements sont une introduction au domaine (Eaton et al., 2017). Ces enseignements de l'IA ont logiquement un impact sur la façon dont les étudiants se représentent la technologie.

Ensuite, l'approche éthique n'est pas en reste dans un monde où l'IA peut aider l'homme aussi bien pour des catastrophes de grande ampleur que pour des dialogues démocratiques (Baquias, 2007). Cette question éthique se retranscrit aussi à travers plusieurs autres domaines. Par exemples, le droit (Desmoulin-Canselier, 2012) et la philosophie font la distinction entre la pensée d'un humain et d'une machine (Boisse, 2016). L'approche éthique de la littérature mets aussi en évidence la question de l'empathie envers les entités artificielles et, plus particulièrement, des robots (Tisseron, 2015).

Enfin, une approche importante de l'IA est celle de l'image et de la représentation du grand public. Cette facette de l'IA est très peu abordée dans la littérature scientifique. Le Grand Livre Blanc de l'Institut National de Recherche en Informatique et en Automatique (2016) recense différents articles scientifiques traitant de l'IA. Aucun de ceux cités ne s'intéresse à la représentation du grand public, tous les articles recensés traitant de cas d'application pratique de l'IA.

Des sondages informels tels que celui de Webb² existent. Dans l'analyse des résultats, l'auteur décrit explicitement la non-neutralité des questions posées. Ces résultats sont reconsidérés peu de temps après par Oakley³. Ils mettent en évidence un potentiel désaccord entre le grand public et les experts de l'IA. Ils donnent pour exemple le développement d'une IA révolutionnaire, mais possiblement dangereuses. Leur conclusion est la volonté du public de voir le développement de tels projets surveillé (Figure 2.3).

La communication entre experts et grand public au sujet de l'IA peut être placée dans un triangle où chaque angle représente respectivement le public, les experts et la presse (Matthew, Alexander, & Latiff, 2010) (Figure 2.4). Outre la difficulté du grand public à poser une définition sur l'IA, le côté du triangle où l'information circule le mieux est celui entre la presse et le grand public. D'autre part, la communication entre les experts de l'IA et les médias est faible et celle entre les experts et le grand public, presque inexistante. De plus, l'intérêt plus factuel de la presse envers les nouvelles technologies ne permet pas aux experts de communiquer les fondements du domaine aux deux autres parties du triangle. Ceci peut renforcer l'hypothèse selon laquelle le public se ferait une image limitée voire faussée de l'IA.

2. <https://shift.newco.co/superintelligence-and-public-opinion-228dbedad5b9>, consulté le 11-03-2018

3. http://www.techx365.com/author.asp?section_id=605&doc_id=736438, consulté le 11-03-2018

FIGURE 2.3 – Proportion des réponses à la question "Pensez-vous que la recherche sur la super intelligence devrait être...", source : Webb, 2017

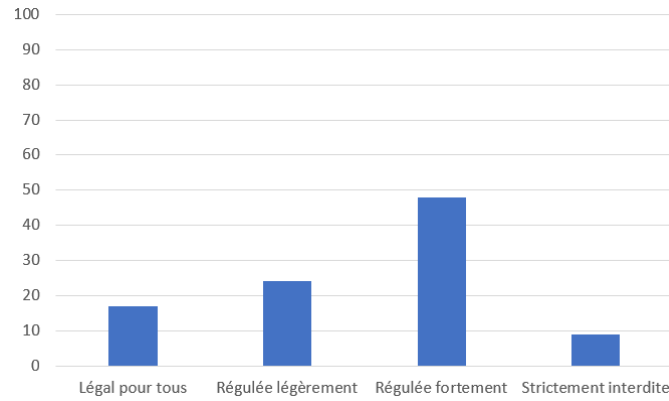
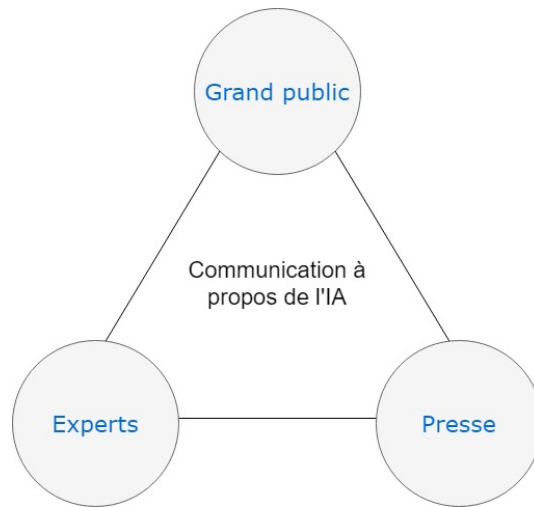


FIGURE 2.4 – Triangle de la communication de l'IA en fonction de ses acteurs, source : Dodd, 2010



2.4 Discussion sur la représentation

Dans les différents points abordés, il est possible de tirer quelques traits relatifs à la représentation de l'IA quel que soit le public.

Le lien peut être fait entre l'absence d'article sur l'IA selon le grand public dans le livre blanc de l'Inria (2016) et l'analyse du triangle de la communication de l'IA (Figure 2.4). En effet, cela concorde avec les conclusions selon lesquelles la communication entre les experts de l'IA et le grand public seraient peu développée.

La conséquence en est que les uniques informations que reçoit le grand public à propos de l'IA proviennent de la presse ou des médias de divertissement. Cette information a pour source des personnes non expertes en la matière ou des romanciers mettant en œuvre une IA dans des fictions. Ils participent à la difficulté de définir et donc de se représenter l'IA.

Une autre explication de la difficulté pour le grand public à poser une définition claire de l'IA provient du fait que, même pour les experts, ce concept est difficile à définir. Et s'il est possible de trouver des définitions génériques telles que celles des dictionnaires⁴, ces dernières ne permettent pas pour autant de comprendre la nature ou le fonctionnement de l'IA.

L'IA est un domaine assez récent qui s'est développé dans les tumultes des débuts de l'informatique, ce qui rend compliquée l'identification de ses différentes variations ainsi que sa définition déjà, par nature, difficile à donner. Si une définition générique de l'IA peut être utilisée afin de contenter le plus grand nombre sans donner trop de précisions, les définitions d'experts peuvent, pour leur part, être organisées en quatre catégories. Ces dernières sont réparties autour de deux axes se croisant orthogonalement et représentant d'une part, le côté actif ou cognitif du système comprenant de l'IA et d'autre part, le côté raisonnable ou humain de son comportement.

4. http://www.larousse.fr/encyclopedie/divers/intelligence_artificielle/187257, consulté le 15-03-18

Chapitre 3

Enseigner l'intelligence artificielle

Tant pour former les futurs experts de l'IA que pour donner une représentation correcte pour les non-initiés, l'enseignement du domaine est primordial. Certes, une adaptation en fonction du niveau d'expertise visé par l'enseignement est nécessaire, mais l'initiation et le perfectionnement peuvent s'inspirer l'un de l'autre afin de se diversifier. Les thèmes traités ou les manières d'enseigner une matière ne sont pas exclusifs et peuvent se compléter mutuellement.

L'enseignement de l'IA est de notoriété complexe à enseigner (Wollowski, Neller, & Boerkoel, 2017), que ce soit en introduction ou en perfectionnement, et ce quel que soit l'âge des apprenants. Des enseignements visent soit à une vulgarisation (axée principalement sur les "quoi", "pourquoi" et "comment" de l'IA) grâce à des vidéos (Figure 3.1), soit à une expertise approfondie (Russell & Norvig, 2010) tant pour des élèves (Heinze, Haase, & Higgins, 2010) que pour des étudiants (Sklar, Parsons, & Azhar, 2007).

FIGURE 3.1 – Élèves regardant une vidéo à propos de l'IA avant de porter une réflexion sur celle-ci, source : <https://medium.com/eliza-effect/science-fiction-movie-trailers-and-youtube-videos-i-use-to-help-kids-understand-artificial-38a6c08d4652>, consulté le 01-02-18



Trois grands sujets peuvent être abordés lorsqu’il s’agit d’enseigner l’IA : les algorithmes de recherche, les jeux et puzzles et l’apprentissage machine (Wollowski et al., 2016). Deux de ces thématiques, les algorithmes de recherche et l’apprentissage machine, sont recommandées par quatre enseignants du domaine sur dix. Par ailleurs, l’apprentissage machine est la thématique la plus en vogue en 2016 (Wollowski et al., 2016).

Une première distinction est faite, dans cet état de l’art sur l’enseignement de l’IA, entre les cours s’articulant autour de la programmation et ceux la plaçant en second plan. Les enseignements ayant pour centre d’intérêt l’algorithmique sont traités. Ensuite sont abordés les cours intégrant de la robotique avec une attention particulière sur le déplacement des machines dans le monde physique. Enfin, la concurrence et le jeu dans l’enseignement de l’IA sont traités avant de discuter le tout à travers un tableau récapitulatif.

3.1 Langage de programmation

La nature de l’IA reposant sur les machines, il est naturel de concevoir un enseignement traitant en parallèle un langage approprié pour appliquer les concepts vus au cours. C’est les cas de nombreux enseignements (Charniak et al., 2014 ; Luger, 2005 ; Cohen & Feigenbaum, 2014) et les langages utilisés sont récurrents comme le LIPS, le Prolog ou le Python. L’objectif de donner un tel enseignement de l’IA est souvent de prolonger les séances de cours magistral en vue de compléter la compréhension théorique par la pratique (Eaton et al., 2017)

Il est courant qu’un cours d’IA soit la suite directe d’un cours de programmation (Cohen & Feigenbaum, 2014). Cela ne signifie pas nécessairement qu’il s’agit d’un cours ayant pour but de former des étudiants pour en faire des experts. En effet, il peut s’agir d’un cours d’initiation au monde de l’informatique et de l’IA visant à faire comprendre aux jeunes le fonctionnement de l’IA en utilisant la programmation (Heinze et al., 2010).

3.2 Technique et algorithmique

La programmation n’est pas toujours le centre des cours d’IA. Le cours peut s’axer sur de la théorie des différents algorithmes et concepts d’IA (Russell & Norvig, 2010 ; Winston, 1992 ; Rich & Knight, 1991 ; Nilsson, 1998), préférant utiliser du pseudo-code pour illustrer plutôt qu’un langage de programmation précis. Des livres de cours sur la programmation proposent des annexes plus pratiques donnant des exemples sans citer de langage pour une compréhension fine des concepts, mais laissent cette partie facultative (Poole et al., 1998).

Une telle façon d’enseigner est parfois préférée, car un enseignement basé sur un langage de programmation en particulier requiert une connaissance poussée de ce langage utilisé. Des lacunes dans la connaissance du langage ou dans les concepts de base en programmation sont un frein à l’application d’un enseignement appuyant la programmation (Bennett, 2017).

Les enseignements visant à donner une intuition de l'IA ou même à l'introduire n'ont pas nécessairement besoin d'un langage de programmation. L'apprentissage de l'IA peut se faire grâce à son utilisation, qui peut aider à comprendre son comportement et donc son fonctionnement. L'IA peut aussi assister l'étudiant lors d'une résolution d'exercices sur les concepts de l'IA sans programmation (Capus, Potvin, & Tourigny, 2002 ; Sintov et al., 2017).

3.3 Robotique

La robotique est un thème souvent abordé dans les cours d'IA. L'objectif est, à nouveau, de compléter la théorie et de faire une mise en application des sujets vus au cours afin de se forger une première expérience tangible (Eaton, 2017 ; Arnaldi, Barone, Fusco, Leofante, & Tacchella, 2016 ; Heinze et al., 2010). L'intérêt est ici de faciliter le lien entre la théorie et l'objet tangible manipulé (Fermé & Fernandes, 2007), mais aussi d'augmenter la motivation de l'apprenant.

Ces cours se concrétisent très souvent à travers des projets de robotique en programmation orientée agent (D. Kumar & Meeden, 1998 ; A. N. Kumar, 2005 ; Talaga & Oh, 2009 ; Fermé & Fernandes, 2007 ; Klassner, 2006). Le plus souvent, les robots sont introduits à travers un cours sur l'IA. Cependant, certains cursus proposent un cours sur l'IA pour des ingénieurs déjà initiés à la robotique, mais pas à l'IA (Burgsteiner, Kandlhofer, & Steinbauer, 2016).

Si plus d'un tiers des professeurs traitent de robotique dans leur cours d'IA, seulement 10% l'utilisent pour de la mise en pratique (Wollowski et al., 2016). Ces chiffres relativement faibles peuvent s'expliquer par les deux facteurs principaux que sont le temps nécessaire pour intégrer de la robotique à un cours sur l'IA (A. N. Kumar, 2005, 2006 ; Greenwald, Artz, Mehta, & Shirmohammadi, 2006) et le prix du matériel (D. Kumar et al., 2008 ; Talaga & Oh, 2009).

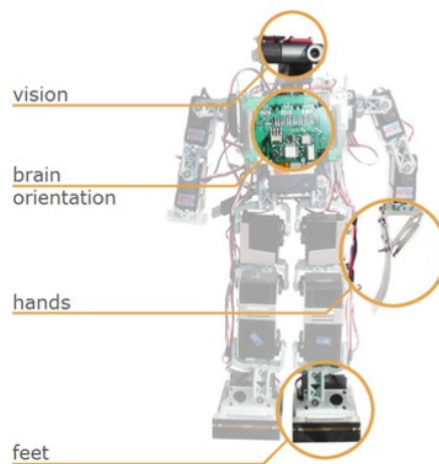
Le nombre de capteurs embarqués sur les robots représente leur atout majeur. Les cours d'IA mettent un accent particulier sur l'utilisation intelligente de ceux-ci (Arnaldi et al., 2016 ; Wiesner & Brinda, 2007). Ils permettent de faire face aux irrégularités du monde physique (adhérence des pneus du robot imparfaite, sol cannelé...) et d'y réagir adéquatement. Par exemple, une multitude de micro-mouvements peut corriger un déplacement sensé être unidirectionnel du robot Lego NXT (Figure 3.2) (Martin, 2007). C'est dans ce cadre que l'apprentissage machine est parfois mis en application sur des robots (Arnaldi et al., 2016 ; Danyluk, 2008).

Les robots montés sur roues sont les plus courants dans ces cours d'IA incluant de la robotique. Cependant, outre la dimension de déplacement dans un espace physique, de nouvelles dimensions peuvent être ajoutées en variant le type de robots donnés (Weinberg et al., 2008). Par exemple, une IA pour robot bipède (Figure 3.3) devra gérer constamment l'équilibre de la machine (Sklar et al., 2007).

FIGURE 3.2 – Robot Lego NXT souvent utilisé dans les compétitions de robotique, source : Kumar, 2008



FIGURE 3.3 – Robot SkewZone capable de se tenir sur deux jambes, source : <http://slideplayer.com/slide/5184083/>, consulté le 27-04-2018

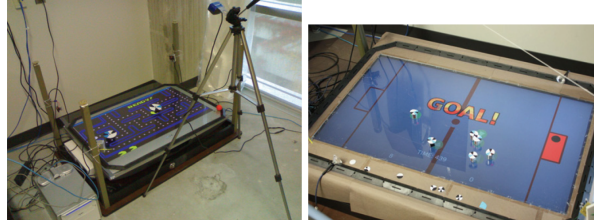


Certains robots d'apprentissage rendent abstraits ces mouvements de micro-correction (Danyluk, 2004). Il peut s'agir d'un parti pris si le professeur a un objectif de programmation d'une IA à un plus haut niveau (Dogmus, Erdem, & Patoglu, 2015). Dans ces cas, là il est alors possible de pousser l'abstraction plus loin encore en créant un environnement virtuel propre au robot et visible à travers une interface de réalité augmentée pour aider à la compréhension des étudiants (Anderson & Baltés, 2009) (Figure 3.4).

3.4 Jeu

Certains cours utilisent le jeu (Veliz, Gutierrez, & Kiekintveld, 2016 ; Ribeiro, Simões, & Ferreira, 2009) en tirant l'inspiration de compétitions extrascolaires

FIGURE 3.4 – Application d’une interface de réalité augmentée sur un jeu de hockey et de Pacman dans un objectif d’apprentissage de l’IA, source : Anderson, 2009



(de robotique par exemple (Arnaldi et al., 2016)). Certains enseignants, conquis par le concept organisent, dans leurs cours, une compétition entre les étudiants pour augmenter leur motivation (Ribeiro et al., 2009 ; DeNero & Klein, 2010 ; Taylor, 2011). Cette façon de faire fait ses preuves, notamment en augmentant l’intérêt porté pour certains cours d’IA (Taylor, 2011).

Les cours où prend place de la compétition sont souvent donnés sous forme de projets organisés avec un score à atteindre (Yoon & Kim, 2015) ou ayant un tournoi en guise d’examen (Veliz et al., 2016). La compréhension et l’application correcte des concepts vus en cours sont nécessaires pour gagner ce genre de compétition et c’est là dessus que se reposent les enseignants pour s’assurer du bon apprentissage de leurs étudiants.

Cette introduction du jeu dans le cours d’IA peut être faite à travers trois catégories de jeux : les jeux de rôles, les jeux de plateaux et les jeux vidéos.

Jeux de rôles

Deux moyens sont mis en avant pour utiliser le jeu de rôle dans l’enseignement de l’IA. Le premier est de se concentrer sur l’enseignement de la théorie des jeux appliquée à l’IA et de faire appliquer les concepts à travers des jeux de rôles impliquant de la gestion ou l’application d’une stratégie (Sintov et al., 2017) (Figure 3.5).

Le second (Sintov et al., 2016) est de pousser l’apprenant à jouer, au sens théâtral, le rôle d’une IA simple. L’idée est qu’il comprenne ses mécanismes en les mettant en application par lui même. Cela permet au jeune, en plus d’obtenir une représentation plus correcte de l’IA si l’activité est bien appliquée, de se rendre compte des différents avantages et désavantages que peut avoir une IA comparée à un humain.

Jeux de plateau

Les jeux de plateaux étant emblématiques lorsqu’on parle d’IA (cf. la victoire de Deep Blue sur le champion du monde d’échecs en 1997), il est tout à fait

FIGURE 3.5 – Plateau du jeu de rôle créé par Sintov ayant pour but d’enseigner l’IA, source : Sintov, 2017



naturel que l’enseignement se tourne vers cette facette de l’IA.

Des outils existent pour un apprentissage autodidacte autour de jeux de plateau (Zhang et al., 2012) et sont parfois adaptés par un professeur pour un cours. Il s’agit souvent d’outils de création de programmes (Zhou, Zhou, Zhang, Huang, & Li, 2017) ou de structures logicielles (Ribeiro et al., 2009).

L’enseignement de l’IA prenant comme support les jeux de plateaux vise une réflexion sur l’approche la plus pertinente en fonction de la situation (McGovern, Tidwell, & Rushing, 2011), des réflexions probabilistes et l’optimisation des ressources pour certains jeux (Bryce, 2011).

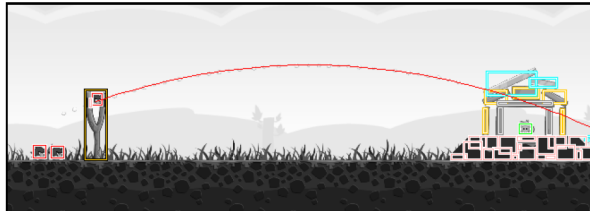
Jeux vidéo

Toujours dans l’optique de renouveler l’enseignement et de susciter la motivation et l’intérêt de l’étudiant (El-Sheikh & Prayaga, 2011), l’enseignement de l’IA s’est rapidement tourné vers le jeu vidéo. L’utilisation du jeu vidéo a pour objectif de faire construire aux étudiants un système consistant qu’ils sont capables de comprendre et sur lequel ils sont évalués (DeNero & Klein, 2010).

Il est possible de classer cette utilisation selon trois approches (Riedl, 2015) : certains utilisent des jeux vidéo commerciaux; d’autres, des moteurs de jeu vidéo commerciaux (logiciel comprenant les bases du programme et pouvant être étendu par un programmeur pour créer un jeu); d’autres utilisent encore des moteurs de jeu ou des jeux "maison". L’utilisation des jeux est souvent l’occasion de manipuler les réseaux neuronaux (Wong, Zink, & Koenig, 2010).

Les jeux commerciaux couramment utilisés sont des jeux de courses ou typés arcade, mais certains enseignants veulent changer les habitudes avec des jeux un peu différents comme Angry Birds©(Yoon & Kim, 2015) (Figure 3.6). Des structures logicielles ou des interfaces existent pour prendre en charge des jeux d’arcade et développer des IA d’apprentissage supervisé (Eaton et al., 2017) ou par renforcement (Taylor, 2011).

FIGURE 3.6 – Affichage de la projection de la trajectoire et détection des différents éléments du jeu ayant pour but d'aider les étudiants dans l'apprentissage de l'IA, source : Yoon, 2015



L'utilisation de moteurs de jeux permet d'obtenir des systèmes avec lesquels les étudiants peuvent interagir de manière abstraite et se concentrer sur la problématique de la prise de décision de l'IA (Gemrot, Černý, & Brom, s. d.).

Les jeux ou les moteurs de jeux "fait maison" permettent plus facilement le développement d'agents artificiels non triviaux (Veliz et al., 2016). En effet, le code source de tels jeux ou moteur de jeux étant connu, il est plus facile d'adapter son code en fonction du jeu.

3.5 Discussion sur les différents enseignements

Dans les ressources présentées, de l'intérêt pour un enseignement de l'IA existe. Pour le pratiquer, une certaine rigueur est de mise car il a un impact sur les apprenants (Eaton et al., 2017). En effet, au delà de l'IA elle-même, l'apport de l'enseignement en terme de culture générale est non-négligeable (Eaton et al., 2017) et une observation de l'augmentation des compétences en mathématique et des capacités de résolution de problèmes peut être observée (Fermé & Fernandes, 2007).

Cette importance d'apprendre l'IA semble reconnue, comme en témoignent les divers outils d'aide à l'apprentissage qui se retrouvent dans la littérature ou dans les divers dépôts de code en ligne (Par exemple, Scratch¹). Diverses structures logicielles adaptables, outils de robotique pour l'apprentissage machine et la reconnaissance d'image (Braught, 2012), moteurs de création d'IA de jeux (Riedl, 2015), moteurs de stratégie pour agents intelligents (Sosnowski, Ernsberger, Cao, & Ray, 2013) visent à assister l'apprentissage de différents domaines de l'IA aux initiés. Le tout en donne son importance à l'aspect multidisciplinaire de l'IA (Stansbury, 2010) qui ajoute de la richesse à la technologie.

Un résumé des différentes formes d'enseignement de l'IA est présenté dans le Tableau 3.1. Les colonnes sont, dans l'ordre, l'âge des apprenants ciblés par l'enseignement, si l'enseignement utilise un robot ou non, s'il utilise le jeu ou non, s'il introduit de la concurrence entre élèves ou non, s'il aborde de l'éthique ou

1. <https://scratch.mit.edu>, consulté le 19-05-18

non, les langages de programmation utilisés (si pertinents et stipulés), la durée de l'enseignement (si pertinente et stipulée)² et la présence ou non d'évaluation (si stipulée).

L'impact de l'enseignement de l'IA implique une réflexion éthique (Eaton, 2017). Sa présence dans la littérature est assez faible comme observé dans le Tableau 3.1. Elle est étudiée un cadre de pensée composant entre conséquentialisme, déontologie et éthique de la vertu (Eaton et al., 2017). Ce cadre, s'il n'apporte pas de réponse, permet à l'étudiant de prendre conscience des questions qui pourraient se poser.

Le Tableau 3.1 montre la faible quantité de ressources pour les jeunes comparées aux ressources, plus nombreuses, de l'enseignement de l'IA pour l'enseignement supérieur. Bien qu'il soit complexe de faire comprendre les différents concepts et fonctionnements relatifs à l'IA, cela garde un intérêt fort de l'enseigner chez les jeunes (Eaton et al., 2017). Il est souvent conseillé de travailler sur plusieurs années (Heinze et al., 2010).

La complexité pour pouvoir mettre en place cet enseignement vient parfois du système scolaire. En effet, les écoles offrent parfois des enseignements différents comportant un programme plus ou moins précis et déterminé avec lequel il faut composer pour y introduire l'enseignement de l'IA (Eaton et al., 2017). Il faut donc réviser entièrement les compétences visées dans un enseignement parfois peu flexible.

Si les séquences d'activités de courte durée existent, elles ne sont pas légion et l'apprentissage sur un an, voire plus, reste la norme (Tableau 3.1). Cet apprentissage de courte durée est surtout observé chez les jeunes.

Le tableau de synthèse (Tableau 3.1) soulève l'absence de mise en concurrence chez les jeunes sous 14 ans. Ceci peut s'expliquer par la difficulté pour de jeunes élèves à concevoir des systèmes comme agents jouant à des jeux entre lesquels une mise en compétition peut être organisée.

À l'exception des langages de programmation graphiques, les jeunes de moins de 15 ans reçoivent un enseignement sur l'IA sans langage de programmation. En effet, un langage de programmation rendrait le cours plus compliqué pour les jeunes et donc plus difficile à mettre en place pour les professeurs.

Enfin, le tableau de synthèse (Tableau 3.1) montre le petit nombre d'enseignements avec une évaluation décrite dans la littérature. Cette absence d'évaluation implique qu'en fin d'enseignement, il n'y a aucune preuve que l'élève a acquis les connaissances et les compétences liées à l'IA.

2. Un an signifie, dans le tableau, l'équivalent d'un cours. Celui-ci peut être réparti soit sur un quadrimestre, soit sur l'entièreté de l'année scolaire.

TABLE 3.1 – Tableau de synthèse des formes d’enseignement de l’IA présents dans la littérature, classées selon l’âge des apprenants

Référence	Age	Robots	Jeux	Concurrence	Éthique	Langage	Durée	Évaluation
Kahleej Times ³	6 +							
(Burgsteiner et al., 2016)	6 +	•					7 semaines	
(Kandlhofer et al., 2016)	6 +	•						
Sherol Chen ⁴	11 +		•		•		2-3 semaines	
(Martin, 2007)	12 +	•						
(Fermé & Fernandes, 2007)	14 +	•					1 an	•
(Wiesner & Brinda, 2007)	15 +	•	•		•		1 an	
(Heinze et al., 2010)	15 +	•	•		•		plus. années	
(Eaton et al., 2017)	15 +				•			
(Anderson & Baltes, 2009)	15 +	•		•			1 an	•
(Sintov et al., 2016)	15 +		•	•			3 jours	
(Gemrot et al., s. d.)	15 +		•	•			1 an	
(Sintov et al., 2017)	16 +		•			Graphique	3 jours	
(Capus et al., 2002)	18 +						1 an	•
(D. Kumar & Meeden, 1998)	18 +	•				Lisp	2 ans	•
(A. N. Kumar, 2004)	18 +	•				Lisp	2 ans	•
(Dogmus et al., 2015)	18 +	•						
(Talaga & Oh, 2009)	18 +	•				Lisp		
(Sklar et al., 2007)	18 +	•				Lang. OO	1 an	
(Braught, 2012)	18 +	•				Java		
(A. N. Kumar, 2004) (2006 ; 2008)	18 +	•					1 an	
(Stansbury, 2010)	18 +						1 an	
(Straub et al., 2017)	18 +	•					1 an	
(Klassner, 2006)	18 +	•				RCXLips	1 an	
(Chilton & Gini, 2007)	18 +	•		•			1 an	
(Greenwald et al., 2006)	18 +	•					1 an	
(Weinberg et al., 2008)	18 +	•					1 an	
(Danyluk, 2004, 2008)	18 +						1 an	
(Luger, 2005)	18 +					Prolog		
(Ribeiro et al., 2009)	18 +		•	•			1 an	
(Wong et al., 2010)	18 +		•	•			1 an	
(DeNero & Klein, 2010)	18 +		•	•			1 an	
(Taylor, 2011)	18 +		•				1 an	
(Riedl, 2015)	18 +		•					
(Yoon & Kim, 2015)	18 +		•	•			1 an	•
(Sosnowski et al., 2013)	18 +							
(Veliz et al., 2016)	18 +		•	•				
(Bryce, 2011)	18 +		•				1 an	
(McGovern et al., 2011)	18 +		•					
(Wollowski et al., 2016)	18 +	•					plus. années	
(Wollowski et al., 2017)	18 +				•			
(Bennett, 2017)	18 +					Python	1 an	•
(Zhou et al., 2017 ; Zhang et al., 2012)	18 +		•			Plusieurs		
(Arnaldi et al., 2016)	18 +	•					1 an	

3.6 Conclusion

L'enseignement de l'IA est un domaine plus présent dans la littérature que ne l'est sa représentation. Il est reconnu comme complexe à enseigner, mais cependant important. Certains enseignants abordent dès lors ce cours en y ajoutant des éléments de motivation, telle que l'application.

En effet, si une grande partie des enseignants font programmer leurs apprenants, la forme que cette mise en pratique peut prendre varie considérablement d'un enseignant à l'autre. La robotique est un sujet assez couramment traité, mais les jeux et, plus récemment les jeux vidéo prennent de plus en plus d'importance dans lorsqu'il s'agit de pratiquer.

À travers ces jeux, une dimension de concurrence a été introduite dans le cours d'IA, suscitant toujours plus la motivation et l'intérêt de l'étudiant. De manière un peu paradoxale, ce genre de mise en opposition entre les apprenants est souvent sujette à une grande collaboration entre eux, dans le but d'améliorer leurs systèmes.

Enfin, la littérature transcrit un manque dans l'enseignement de l'IA au sujet de l'éthique et de la mise à disposition de cet enseignement pour les plus jeunes. La difficulté d'introduire une telle matière dans les programmes d'enseignement pour la jeunesse est justifiée tant par des raisons de didactique et de pédagogie, que par des raisons logistiques.

Chapitre 4

Problématique de recherche

Dans cette partie, certains manquements identifiés à travers l'état de l'art sont soulignés dans le but d'y apporter des éléments de réponse dans ce mémoire. Une question de recherche est formulée et plusieurs hypothèses sont énoncées pour y répondre.

Question de recherche

Le thème de la recherche s'axe autour de la représentation de l'IA, ainsi que de son enseignement. Par souci, de rigueur et pour faciliter la lecture des résultats, les termes "*image*", "*définition*", "*représentation*" et "*compréhension*" sont définis ci-dessous. Bien que ces quatre termes soient liés, chacun possède une nuance qui lui est propre. Chacun peut ainsi se positionner selon deux axes : intuition/connaissances et nature/fonction (Tableau 4.1).

Image de l'IA : désigne l'idée, l'intuition que se fait quelqu'un de l'IA.

Définition de l'IA : désigne les mots posés, selon ses propres connaissances, par quelqu'un pour exprimer ce qu'il croit être une IA.

Représentation de l'IA : désigne l'intuition qu'a quelqu'un sur l'utilité et/ou le fonctionnement de l'IA.

Compréhension de l'IA : désigne les connaissances d'une personne relatives à l'utilité et/ou au fonctionnement de l'IA.

TABLE 4.1 – Classification personnelle des termes utilisés dans le cadre de ce mémoire.

	Intuition	Connaissances
Nature	Image	Définition
Fonction	Représentation	Compréhension

Différents constats ont été mis en évidence par l'état de l'art. Le premier est que l'enseignement de l'IA est rare chez les jeunes. Ensuite, la représentation et l'image générale de l'IA dans le grand public sont erronées et guidées principalement par les médias plutôt que par des experts ou un enseignement propre à cette matière.

De plus, les enseignements les plus fréquents pour les élèves jusqu'à 14 ans sont assez courts. Pour le même âge, il y a très peu d'évaluation dans la littérature, ce qui ne permet pas d'assurer la bonne acquisition des concepts liés à l'IA.

La question de recherche porte donc sur la pertinence d'un enseignement de l'IA attentif à la représentation et l'image de l'IA chez les jeunes de 12 à 14 ans. Des apports supplémentaires que pourrait avoir un tel apprentissage serait que l'élève puisse donner une bonne définition et ait une bonne compréhension de l'IA. Toutefois, l'objectif ici n'est pas de former des experts mais plutôt des citoyens éclairés sans *a priori* sur l'IA.

Question. *Un format d'enseignement de l'IA réparti sur une courte durée et abordant différents domaines de l'IA permet-il de changer l'image et la représentation de l'IA chez les jeunes ?*

Hypothèses de recherche

Afin de répondre à la question de recherche, plusieurs hypothèses de recherche ont été posées. Chacune de ces hypothèses prend la forme d'une affirmation qui a pour but d'être réfutée ou affirmée.

Premièrement, l'affirmation est faite que la représentation de l'IA est limitée chez les jeunes. L'état de l'art appuie cette hypothèse pour des adolescents (12 - 18 ans) et des jeunes adultes (plus de 18 ans).

Hypothèse 1. *Les jeunes ont une image et une représentation limitée de l'IA.*

Deuxièmement, il est pertinent de souligner que l'état de l'art ne montre pas de relation entre le niveau d'enseignement suivi et la représentation ou l'image qu'ont les jeunes de l'IA. Il est donc supposé que la limitation de l'image et la représentation de l'IA sont communes aux différents niveaux d'études.

Hypothèse 2. *La représentation limitée de l'IA est commune aux différents niveaux d'études.*

Troisièmement, outre l'image et la représentation, il est possible de s'intéresser à l'opinion qu'a le grand public de l'IA. Leur image, leur représentation de l'IA a un impact sur leur opinion de l'IA. Cela peut signifier qu'une image et une représentation correctes de l'IA (voire une compréhension) permettrait d'améliorer l'opinion qu'elle inspire.

Hypothèse 3. *L'image et la représentation ont un impact sur l'opinion qu'ont les jeunes de l'IA.*

La méthodologie pour répondre à ces hypothèses est présentée dans le Chapitre 5. et les résultats et les conclusions sur ces hypothèses dans le Chapitre 6.

Quatrièmement, du point de vue de l'enseignement, une hypothèse soulevée serait qu'un enseignement, même de courte durée, sous forme d'activités inscrites dans un cycle d'introduction à l'informatique pourrait changer l'image de l'IA. Le contenu de l'enseignement ainsi que la quantité de ce dernier se veulent modulaires afin d'observer les différentes influences.

Hypothèse 4. *Un enseignement de courte durée portant sur un ou plusieurs domaines différents de l'IA peut changer l'image qu'en ont les jeunes.*

Cinquièmement, la dernière hypothèse sensée apporter des éléments de réponse porte sur une amélioration de la représentation de l'IA suite à un enseignement de courte durée.

Hypothèse 5. *Un enseignement de courte durée portant sur un ou plusieurs domaines différents de l'IA peut changer la représentation qu'en ont les jeunes.*

La méthodologie pour confirmer ou non ces hypothèses est présentée dans le Chapitre 7 et les résultats expliqués dans les Chapitres 8 et 9.

Chapitre 5

Méthodologie relative à l'enquête

Cette partie présente la méthodologie utilisée pour tenter de confirmer ou non les hypothèses de recherche et, par extension, répondre à la question de recherche.

Une enquête, passée entre novembre 2017 et janvier 2018, constitue l'outil utilisé pour la collecte de données. Elle sonde l'image et la représentation qu'ont les jeunes de l'IA et vise dès lors un public issu de différents niveaux d'études et types d'enseignement pour confirmer les Hypothèses 1 et 2. L'enquête vise à vérifier l'existence d'un lien entre l'image, la représentation de l'IA et l'opinion que peuvent en avoir les jeunes pour tenter de confirmer l'Hypothèse 3.

5.1 Publics-cible

Afin d'obtenir un public issu de différents niveaux d'études, l'échantillon a été divisé en deux : élèves de moins de 18 ans (enseignement secondaire) et étudiants de plus de 18 ans (enseignement supérieur).

L'enquête a été proposée via un formulaire web à l'ensemble des élèves de l'université de Namur, et ce pour toucher un public le plus diversifié possible, provenant de différentes facultés et de milieux supposés différents. La méthode d'acquisition des résultats est entièrement numérique.

Une deuxième passation a été organisée auprès d'élèves du secondaire au cours du mois de janvier, dans une école possédant des classes d'enseignement général, technique et professionnel. L'enquête a été passée sous la supervision des professeurs, pendant les heures de cours.

5.2 Contenu de l'enquête et méthode d'analyse

L'enquête est composée de trois parties. La première demande au répondant son image, sa représentation et son opinion de l'IA et vise à répondre aux Hy-

pothèses 1, 2 et 3. La deuxième partie vérifie sa connaissance sur le niveau d'avancement des technologies de l'IA. Enfin, la troisième demande des informations sur le répondant à des fins d'identification.

5.2.1 Questions de 1 à 4

La question 1 de l'enquête est la suivante : "*Qu'est-ce qu'une intelligence artificielle (IA) selon vous ?*". Elle vise à obtenir, de la manière la plus brute possible, l'image qu'a le répondant de l'IA. Afin de faciliter le traitement des résultats de cette question, chaque réponse est cotée avec une note sur 4. L'objectif n'est pas d'observer une connaissance experte du concept d'IA chez les répondants, mais bien une connaissance basique, suffisante pour nos objectifs. Dès lors, les critères de cotation sont les suivants.

Le score de 0/4 est attribué aux définitions collectées par les répondants ne donnant aucun élément de réponse valable. Le score de 1/4 est donné aux définitions fausses de l'IA qui contiennent au moins un aspect approchant d'une bonne définition. Par exemples, parler de technologies ou parler d'imitation de l'intelligence valent toutes deux 1/4. En effet le répondant se rapproche ici de l'IA respectivement à travers l'aspect technologique ou à travers la fonction.

Le score de 2/4 est attribué aux définitions correctes mais invalidées par une erreur. Par exemple, une IA est un logiciel qui imite l'intelligence humaine avec des capacités infinies. Cette définition est notée 2/4 car l'IA n'est pas infinie et a les limites partagées par les programmes. Le score de 3/4 est donné aux définitions limitées de l'IA ne traitant qu'un domaine unique comme l'apprentissage machine ou la robotique. Enfin, le 4/4 est le score donné aux définitions correspondant à un des quatre types de définition de Russel (1995).

Il est important de souligner que dans cette échelle de notation à quatre valeurs, seule la note de 4/4 garantit que le répondant possède une bonne image de l'IA. Pour chacune des définitions notées 4/4, une tentative de catégorisation est faite entre les quatre types de définition de Russel.

Afin de sonder la représentation du répondant, il est demandé la chose suivante : question 2 "*Donnez deux ou trois exemples d'intelligence artificielle, fictifs ou non.*". De cette manière, le répondant a l'occasion de prouver sa capacité à identifier une IA même s'il n'est pas capable de poser les bons mots pour la définir.

Pour sonder l'opinion du répondant et répondre à l'Hypothèse 3, la question 3 "*Selon vous, que peut apporter l'intelligence artificielle à votre vie privée ou professionnelle ? Qu'en pensez-vous ?*" et la question 4 "*Pensez-vous que l'arrivée de l'IA soit plutôt positive, neutre ou négative pour votre métier ?*" sont posées.

La question 3 sur l'apport de l'IA permet aussi de fournir un supplément d'information quant à la représentation de l'IA du répondant (à travers la justification) et son opinion sur le sujet. La dernière question sur l'IA au regard du

métier du répondant de cette partie permet de confirmer ou d'obtenir l'opinion qu'il se fait de l'IA. Par opinion, il est considéré ici si le répondant est favorable ou non à l'introduction de l'IA dans sa vie professionnelle ou privée.

Chacun des résultats de ces trois questions fait l'objet d'analyses multidimensionnelle, de fréquence et de similitude à l'aide du logiciel Iramuteq¹.

5.2.2 Questionnaire à choix multiples

La deuxième partie est la plus conséquente de l'enquête. Elle consiste en 44 actions posées par l'IA pour lesquelles le répondant doit choisir si chacune d'entre elles est "Opérationnelle", "En cours de finalisation", "Pourra exister dans 15 ans" ou "Impossible". Cette partie prend la forme d'un questionnaire à choix multiple (appelé QCM pour la suite du travail).

Ces actions ont été choisies dans le but d'explorer un maximum de domaines de l'IA et d'observer ainsi la représentation que s'en fait le répondant. Cette partie se présentait sous la forme d'une échelle de Likert (Figure 5.1). Les questions ont été présentées aux répondants dans un ordre aléatoire.

La notation des réponses à ce QCM est simple : la note se fait sur 44 et, à chaque réponse correcte, le répondant obtient un point. Pour les analyses, les répondants seront classés dans quatre catégories : les scores situés entre 0/44 et 11/44, entre 12/44 et 22/44, entre 23/44 et 33/44 et enfin, entre 34/44 et 44/44. Ce regroupement permet d'obtenir des catégories de répondant en fonction de leur score.

Voici la liste des propositions : "Une intelligence artificielle permet de..."

- Déceler dans un texte la réponse à une question précise
- Traduire un texte d'une langue à une autre.
- Découvrir de nouveaux usages pour les médicaments existants
- Détecter des logiciels qui pourraient être dangereux pour votre ordinateur
- Dessiner des choses simples (logos, icônes...)
- Établir un diagnostic médical
- Concevoir l'architecture d'un immeuble (dessiner les plans du bâtiment)
- Trouver un chemin entre de nombreux points le plus court possible et, ce, le plus rapidement possible
- Gérer un trafic routier
- Aider à l'apprentissage de langues ou d'autres matières
- Reproduire le fonctionnement du cerveau humain
- Trouver en un seul essai le chemin le plus court possible pour la sortie d'un labyrinthe inconnu
- Manipuler les pensées d'un humain
- Comprendre les centres d'intérêt d'un utilisateur
- Faire de l'analyse politique
- S'entraîner/s'améliorer
- Donner les bons numéros pour la prochaine cagnotte de l'EuroMillions
- Diriger une entreprise

1. IRaMuTeQ V 0.7 alpha 2, par le laboratoire LERASS REPERE, sous licence GNU GPL

- Reconnaître des visages humains
- Draguer
- Écrire un livre
- Gérer un agenda
- Se rebrancher soi même en cas de manque de batterie
- Reconnaître les émotions dans la voix de quelqu'un
- Jouer au Poker
- Pulvériser le minimum de pesticide sur un champ en fonction de l'activité des insectes
- Recomposer des images floues ou pixelisées
- Faire des recherches juridiques pour des dossiers spécifiques
- Jouer à Super Mario
- Créer de la musique
- Identifier une météo potentiellement dangereuse (orage, verglas...)
- Lire sur les lèvres
- Créer une autre intelligence artificielle capable d'apprendre par elle même
- Se (re)construire ou se réparer
- Jouer aux échecs
- Faire marcher un robot sur deux jambes quel que soit le terrain à vitesse normale
- Conduire une voiture
- Détecter les problèmes dans le code génétique d'un être vivant
- Parler
- Éprouver des sentiments
- Reconnaître et exprimer des émotions
- Prédire la météo jusqu'à 30 jours à l'avance
- Cuisiner
- Reconnaître des empreintes digitales

FIGURE 5.1 – Visuel de trois actions issues du QCM proposé sur l'IA

A quel stade de développement pensez-vous qu'est l'affirmation suivante : "Une intelligence artificielle permet de..." *

	Opérationnel	En cours de finalisation	Pourra exister dans 15 ans	Impossible
Traduire un texte d'une langue à une autre.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Concevoir l'architecture d'un immeuble (dessiner les plans du bâtiment)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Décoder dans un texte la réponse à une question précise	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

La troisième partie questionne le répondant sur son genre, son âge, son niveau d'études, s'il est étudiant ou non, ainsi que son domaine d'étude ou son métier, le cas échéant. Il lui est demandé s'il a des notions de programmation ou non. Ces informations sont demandées car l'échantillon inclus les étudiants en horaire décalé et donc pouvant travailler tout en continuant leurs études.

Chapitre 6

Résultats de l'enquête

Ce chapitre traite de l'analyse des résultats obtenus via l'enquête décrite au Chapitre 5. Il est agencé en fonction des hypothèses de recherche. Dans un premier temps, l'Hypothèse 1 est abordée dans les deux premières sections pour répondre respectivement aux aspects image et représentation. Ensuite, les résultats sont abordés selon les niveaux d'études des répondants afin de confirmer ou non l'Hypothèse 2. Finalement, les questions sur l'opinion sont analysées afin de confirmer ou non l'Hypothèse 3. Sauf mention contraire, les deux échantillons (soit celui de jeunes issus du secondaire, entre 12 et 18 ans, et celui d'étudiants universitaires de plus de 18 ans) sont regroupés pour les analyses afin de ne pas dupliquer l'information.

6.1 Questions de l'enquête concernant l'image

Les données sur la définition et sur l'exemplification sont analysées selon le système de notation défini dans la méthodologie (Chapitre 5.).

6.1.1 Données sur la définition

520 résultats ont été collectés. Chacune des définitions données a été notée selon le système défini en Section 5.2.1. La moyenne générale obtenue pour l'ensemble des 520 répondants est de $2,3225/4$. Ce résultat est, à première vue, assez bas, se situant en dessous de la note désignant une définition limitée de l'IA ($3/4$).

La répartition des répondants en fonction des scores attribués à leur définition est donnée dans le Tableau 6.1. Plus de 37% des répondants n'arrivent pas à donner une définition de l'IA et plus de la moitié des autres répondants n'en donnent qu'une limitée ou comprenant une erreur. La majorité générale (30,33%) des définitions est limitée et non fausse.

Parmi les bonnes définitions, le type dominant est celui du raisonnement humain comme observé dans le Tableau 6.2. L'importance de ce type de définition peut être due au fait que beaucoup de personnes utilisent des synonymes des

TABLE 6.1 – Tableau de fréquences des notes obtenues pour la définition de l'IA

Score	Fréquence (%)
0/4	13,6%
1/4	23,4%
2/4	06,3%
3/4	30,3%
4/4	26,3%

mots intelligence et artificielle afin de définir le concept demandé. Ce comportement entraîne une interprétation plus axée vers un raisonnement humain.

TABLE 6.2 – Tableau de fréquences des types de définition selon Russel parmi les bonnes définitions de l'IA

	Raisonnement	Comportement
Humain	45,99%	19,7%
Idéal	23,36%	10,95%

Une analyse des fréquences de mots utilisés dans les définitions des répondants (Figure 6.1) montre que le mot le plus utilisé est "intelligence". En effet, beaucoup de définitions étaient formulées de la sorte "Une IA c'est une intelligence qui...". Ce constat est peut-être un premier indice concernant la méconnaissance du sujet. En effet, une IA est plus un système qu'une réelle "intelligence".

Les mots "capable", "capacité", "humain" et "homme" indiquent une bonne image de l'IA. En effet, ces mots sont souvent présents pour désigner le fait que l'IA a les mêmes capacités (ou plus de capacité) qu'un humain.

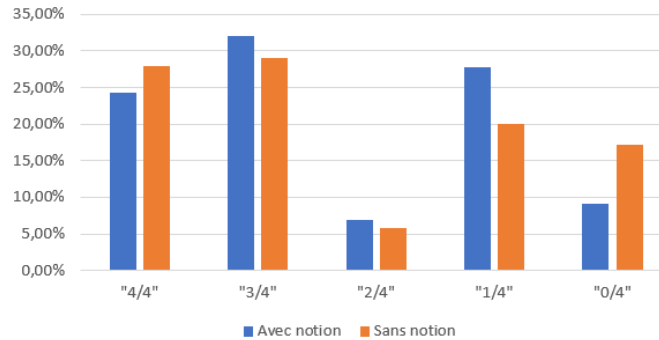
Le terme "créer" est aussi assez fréquent. Ce mot est, par contre, présent aussi bien pour de bonnes que de mauvaises images de l'IA. Ce terme est utilisé tantôt pour dire que c'est une intelligence créée par l'homme (ce qui est vrai) et tantôt pour dire que c'est une intelligence créée par des machines ou des robots (ce qui n'est pas nécessairement le cas).

D'autres termes tels que "machine", "ordinateur", "robot", "apprendre", "programme" et "informatique" sont relatifs à l'aspect technologique de l'IA. Bien que pouvant parfois être la source d'une réponse jugée correcte, mais limitée, ils montrent un rapprochement vers une image correcte de l'IA.

Certains répondants présentaient des notions en programmation¹ (231/520). Il est donc pertinent de se demander si ces répondants obtiennent de meilleurs résultats en ce qui concerne la définition de l'IA. La moyenne de ces derniers est de 2,356 contre de 2,303 pour les autres ne possédant aucune notion en

1. Une notion en programmation correspond ici autant à des notions de base très terre à terre (par exemple une utilisation du langage R dans le cadre d'un cours de statistiques) qu'aux notions d'un expert.

FIGURE 6.2 – Comparaison de la qualité de définitions données pour l'IA entre les personnes ayant ou non des notions de programmation



6.1.2 Données sur l'exemplification

Analyse globale

La question 2 demandant aux répondants d'exemplifier l'IA fait principalement ressortir un mot (Figure 6.3) : "robot". Ce mot présente 211 occurrences² parmi les 486 réponses analysées. En effet, cette question était facultative et 486 sur les 520 répondants n'ont pas donné d'exemples. Il est intéressant de souligner que le second mot le plus important, en termes de fréquence, est le mot "ordinateur", avec seulement 74 occurrences. Le terme "Siri" partage cette seconde place avec exactement le même nombre d'apparitions.

Le terme "ordinateur", de manière isolée, n'est pas accepté comme un exemple correct. En effet, il n'exécute que, somme toute, très rarement des programmes d'IA comparé à son temps de mise en fonction total. Le terme "Siri", quant à lui, est accepté du fait qu'il s'agit d'un programme d'IA et plus précisément d'un agent/assistant conversationnel.

Le mot "robot", s'il est accepté de manière générale comme un exemple correct, est un peu plus discutable. En effet, un grand pan du travail autour de l'IA consiste à implémenter des programmes pour des machines que l'on peut appeler robots. Cependant, la robotique n'utilise pas forcément des techniques d'IA et les robots peuvent être programmés selon une suite d'actions sans simulation d'intelligence, quelle qu'elle soit.

Une raison de la fréquence plus élevée du terme "robot" pourrait être que certains agents conversationnels ou autres entités totalement virtuelles sont appelés parfois "robots". Par exemple, des voix robotisées, des robots analyseurs de données... en opposition aux termes robot pour des machines tangibles se déplaçant dans l'espace comme des robots industriels ou ménagers.

². Les occurrences font fis de toute variation du mot. Iramuteq regroupe tous termes possédant une racine semblable (comme, par exemples, robots, robot ou robotique)

Les mots "Jeu", "Google" ou même "voiture" apparaissent également avec une certaine fréquence. Hors de leur contexte, ils ne représentent pas forcément des exemples corrects. Cependant, les mots sont sans doute liés à d'autres et c'est pourquoi une analyse de similitude a été effectuée sur le corpus de réponses (Figure 6.4). Ce schéma fait l'objet d'un filtre pour que soient affichés seulement les mots ayant une fréquence supérieure ou égale à 10, augmentant ainsi sa lisibilité. L'épaisseur des traits représente la fréquence d'occurrence commune entre différents termes.

Le mot "jeu" apparaît souvent en couple avec le terme vidéo (jeu vidéo). Le couple représente un exemple correct de l'IA. Il en est de même avec la voiture qui est souvent qualifiée d'autonome, Siri et Google Home ou Google Assistant cités ensemble. Sur la droite du schéma apparaissent deux branches concernant le cinéma ou la culture populaire avec, d'un côté "film" et "Chappie"³ et de l'autre "iron", "man" et "Jarvis"⁴.

La Figure 6.5 est obtenue en jugeant chaque réponse individuellement et en les classant dans les quatre catégories suivantes : "Deux bons exemples", "Un exemple correct", "Au moins un mauvais exemple" et "Réponse vide". Dans cette notation, un exemple est "correct" lorsqu'il parle d'une application ou d'un système classable dans une des catégories de Russel (1995).

Les résultats obtenus à travers cette classification sont beaucoup plus positifs que ceux concernant la question 1 : "Qu'est-ce qu'une intelligence artificielle (IA) selon vous?" Cependant, ils peuvent être nuancés vu la popularité du terme robot. En effet, ce terme a été considéré comme correct dans la plupart des exemples à cause de son ambiguïté. De plus, l'omniprésence du terme montre par lui-même une image restreinte de l'IA.

Moins d'un quart des définitions données par les répondants sont complètes et les exemples donnés sont limités. Il apparaît que l'image qu'ont les jeunes de l'IA est limitée. Cela valide partiellement l'Hypothèse 1.

6.2 Questionnaire à choix multiples

Une analyse est portée sur le QCM de l'enquête afin de pouvoir valider ou non l'autre moitié de l'hypothèse, à savoir celle concernant la représentation de l'IA. La liste des réponses au QCM se retrouve en annexe.

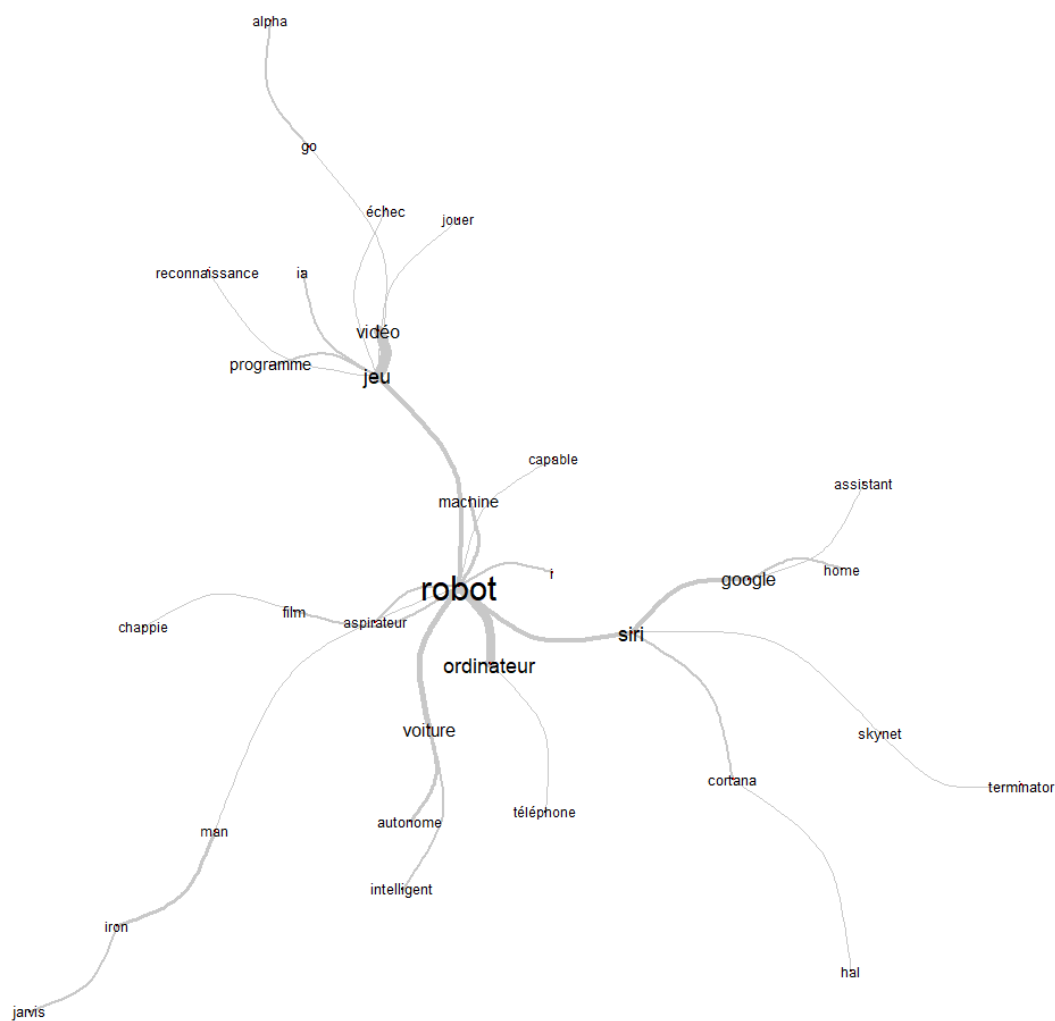
6.2.1 Résultats du QCM

La moyenne totale pour les 520 répondants au QCM est de 19,6/44, à savoir en dessous de la moitié. La représentation générale de l'IA serait donc assez limitée également. Il est toutefois pertinent de s'attarder sur les résultats et de tenter d'en apprendre plus. Dans un premier temps, les résultats de la question 1

3. Chappie est un film de Neill Blomkamp sorti en 2015 où un robot obtient la capacité de penser et de ressentir par lui-même

4. Iron Man et Jarvis sont deux personnages créés par Stan Lee et qui apparaissent dans le film *L'ère d'Ultron (2015)* réalisé par Joss Whedon

FIGURE 6.4 – Analyse de similitude générée par Iramuteq à partir des réponses à la question "Donnez deux ou trois exemples d'intelligence artificielle, fictifs ou non."

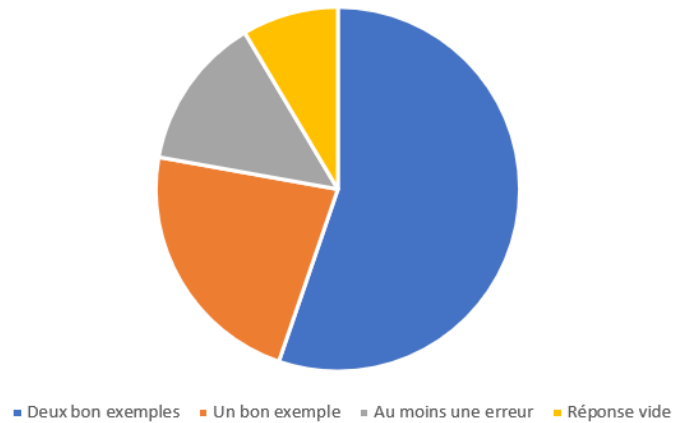


"Qu'est-ce qu'une intelligence artificielle (IA) selon vous ?" sont mis en relation avec les résultats du QCM avant de faire l'analyse dans l'autre sens.

Résultats en fonction de la qualité de la définition

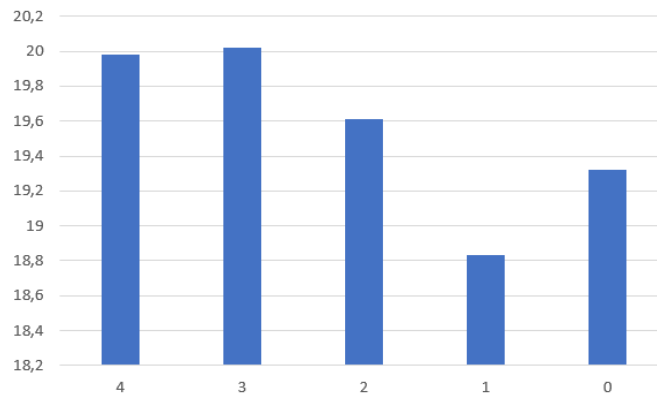
Lorsque les résultats au QCM sont regroupés en fonction de la qualité de la définition d'IA, les résultats présents sur la Figure 6.6 ressortent. Il est pos-

FIGURE 6.5 – Répartition de la qualité des exemplifications de l'IA de la question 2 de l'enquête



sible d'en déduire que savoir définir une IA n'implique pas nécessairement d'en connaître les possibilités.

FIGURE 6.6 – Diagramme des résultats du QCM en fonction de la qualité de définition de l'IA

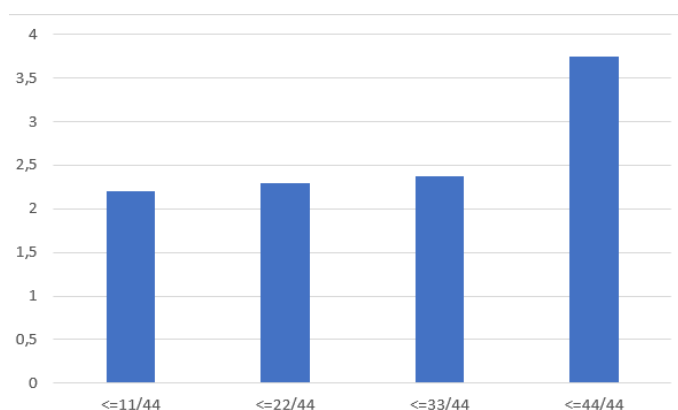


Les résultats obtenus poussent à se poser la question suivante : les répondants avaient-ils bien conscience que chacune des propositions traitait d'IA ? En effet, il aurait pu être pertinent de demander pour chaque proposition s'il s'agit d'une application de l'IA ou non.

Qualité de la définition en fonction du résultat du QCM

La Figure 6.7 met en relation les résultats au QCM et la moyenne de la qualité de la définition. Les répondants sont regroupés en quatre catégories : ceux dont les résultats au QCM sont inférieurs ou égaux à 11/44, à 22/44, à 33/44 ou à 44/44, chaque catégorie excluant les précédentes.

FIGURE 6.7 – Diagramme des moyennes de définition en fonction des réponses bonnes réponses au QCM



Au plus le répondant est au courant des différents niveaux d'avancement pour les différentes applications de l'IA, au plus il est à même de la définir correctement. Les résultats de la ligne " $\leq 33/44$ " de ce tableau pourraient ne pas être représentatifs, car ils ne traitent que de 4 personnes. Les autres catégories pourtant confirment cette tendance et sont bien plus peuplées.

6.2.2 Application des résultats sur l'Hypothèse 1

Au vu des résultats obtenus sur la question 1 "Qu'est-ce qu'une intelligence artificielle (IA) selon vous ?", il est déjà possible d'affirmer que les jeunes ont une image limitée de l'IA. Les résultats à la question 2 de l'enquête "Donnez deux ou trois exemples d'intelligence artificielle, fictifs ou non" tendent à affirmer la même chose en ce qui concerne leur représentation de l'IA. En effet, moins d'un tiers des répondants arrivent à donner des bonnes réponses pour plus de la moitié des affirmations. L'Hypothèse 1 est affirmée : *Les jeunes ont une image et une représentation limitée de l'IA.*

6.3 Mise en relation avec le niveau d'études

La qualité de la définition ainsi que le score au QCM en fonction du niveau d'étude des répondants permettent de confirmer ou non l'Hypothèse 2. C'est ce que résume le Tableau 6.3. Pour cette section, certificat d'études de base est abrégé en CEB (élèves d'au moins 12 ans), certificat d'enseignement du premier

degré en CE1D (élèves d'au moins 14 ans), certificat d'enseignement secondaire supérieur en CESS (étudiants d'au moins 18 ans), bachelier universitaire en BAC U (étudiants d'au moins 21 ans), bachelier professionnalisant en BAC (étudiants d'au moins 21 ans), master ou licencié en MA (étudiants d'au moins 23 ans) et enfin bachelier professionnalisant de type long en BAC+5 (étudiants d'au moins 23 ans). Les âges donnés pour chaque diplôme sont les âges courants et ne prennent pas en compte les cas d'étudiants ayant sauté une année.

TABLE 6.3 – Tableau des moyennes de résultats sur la définition de l'IA et sur la moyenne au QCM par niveau d'études

Niveau d'études	Définition	QCM	Répondants
CEB	1,11/4	18,45/44	56
CE1D	2,20/4	17,97/44	30
CESS	2,46/4	19,85/44	317
BAC U	2,57/4	18,83/44	41
BAC	2,59/4	19,74/44	18
MA	2,30/4	21,60/44	42
BAC+5	2,50/4	17,83/44	6
Doctorat	2,40/4	16,50/44	2

Les élèves ayant validé leur CEB obtiennent une moyenne inférieure pour la définition de l'IA. Cette moyenne pour la définition de l'IA augmente encore pour les personnes ayant obtenu leur CESS et leur BAC U. Une légère chute est observée pour les MA. Il est difficile de commenter les résultats pour les BAC+5 et les docteurs étant donné les petits nombres de répondants.

Si, finalement, les MA ont une moyenne pour la définition plus basse, ils possèdent le meilleur score pour ce qui est des résultats au QCM. Cela peut s'expliquer par le fait qu'il s'agisse de personnes moins habituées au niveau académique et donc donnant une définition plus pragmatique et donc possiblement limitée de l'IA. Leur score au QCM quant à lui peut s'expliquer par le fait qu'étant dans la vie active, ils ont plus tendance à se tenir au courant de l'actualité technologique.

Les catégories les plus représentées, à savoir les élèves ayant leur CEB et leur CESS, montrent que les plus jeunes ont une tendance à moins bien répondre au QCM. Cependant, parmi les catégories au moins représentées par 30 individus, le score le plus bas est obtenu par les élèves ayant leur CE1D, suivi par ceux ayant leur CEB, puis BAC U, puis CESS. La meilleure moyenne revient aux masters ces derniers étant toujours cependant situés sous la barre des 22/44. La moyenne la plus basse obtenue par les CE1D peut s'expliquer par le fait qu'aucune des classes concernées ne soit en secondaire générale et que les élèves soient moins intéressés par la technologie.

Si une évolution est constatable entre les plus bas niveaux d'études et les niveaux plus avancés, il faut mettre l'accent sur le fait qu'il s'agit de jeunes enfants qui représentent les niveaux plus bas. De plus, si les niveaux plus avancés

montrent une meilleure image et une meilleure représentation, ils n'atteignent tout de même pas des scores permettant d'affirmer qu'ils ont une bonne image et une bonne représentation de l'IA.

La tendance générale tend donc vers une amélioration de l'image et de la représentation avec l'évolution du niveau d'éducation du répondant. Cependant cette analyse montre que, quelque soit le niveau d'étude, les résultats restent limités tant pour l'image que pour la représentation. Ceci permet donc de valider l'Hypothèse 2 : *La représentation limitée de l'IA est commune aux différents niveaux d'études.*

6.4 Opinion sur l'intelligence artificielle

6.4.1 Opinion et image

Pour valider l'Hypothèse 3, il est nécessaire de s'attarder sur les questions 3 et 4 de l'enquête : celles traitant de l'opinion. Afin, de faciliter l'analyse six niveaux ont été déterminés permettant de classer les répondants vis-à-vis de leur opinion à propos de l'IA. Leur catégorie sera déterminée en jugeant leurs réponses aux questions 3 et 4.

La catégorie "Pour" représente les répondants ayant une opinion positive sans réserve. La catégorie "Pour, mais..." contient les répondants ayant un avis global positif sur l'IA mais avec réserves (par exemple, estimer qu'il faut faire attention à la sécurité ou l'emploi). La même logique est appliquée pour les catégories "Contre" et "Contre, mais..." (où les réserves auraient plutôt des sujets de points positifs de l'IA). La catégorie "Mitigé/Neutre" regroupe les répondants étant soit directement neutre soit mitigés sans penchant plus positif ou négatif. Enfin, la catégorie "Non positionné" comporte les répondants ne s'étant pas positionnés (ne répondant qu'un "/" ou explicitant clairement l'absence de positionnement). La répartition de l'IA selon ces catégories est représentée dans la Figure 6.8.

La moyenne pour l'ensemble des 520 répondants vis-à-vis de l'opinion sur l'IA est de 2,47/4, ce qui correspond à une réponse mitigée/neutre, voire positive, avec réserves. La catégorie la plus représentée est mitigé/neutre, car elle regroupe deux états d'esprits qui ne sont ni pour ni contre l'IA. Le second avis représenté est tout de même le "positif" avec un peu moins d'un tiers des répondants. Près de 18 pour cent des répondants sont contre (totalement ou avec réserves) l'IA.

Afin de confirmer ou non l'Hypothèse 3, il est pertinent d'analyser le rapport entre la qualité estimée de la définition donnée et la moyenne de l'opinion (Figure 6.9). Afin de comparer des nombres avec des nombres, les catégories sont représentées par des notes sur quatre. 0/4 représente la catégorie "Contre", 1/4 "Contre mais...", 2/4 "Neutre/Mitigé", 3/4 "Pour mais..." et 4/4 "Pour". Les personnes non positionnées ont été écartées pour la comparaison. Cette analyse permet d'affirmer que quelqu'un sachant bien définir l'IA n'en a pas forcément une meilleure opinion.

FIGURE 6.8 – Répartition des opinions sur l'IA

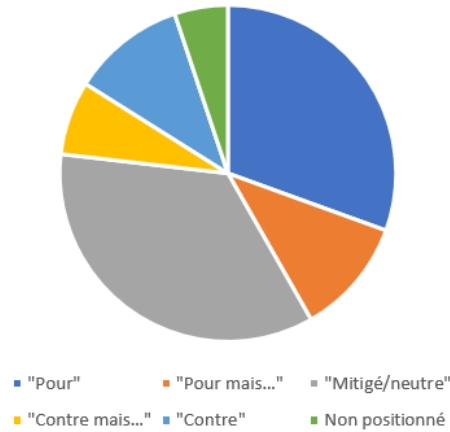
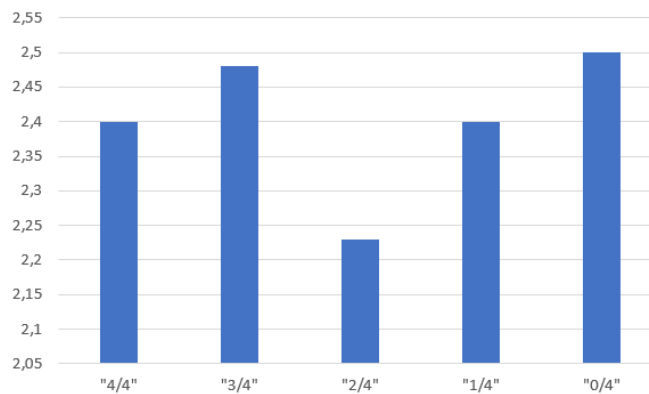


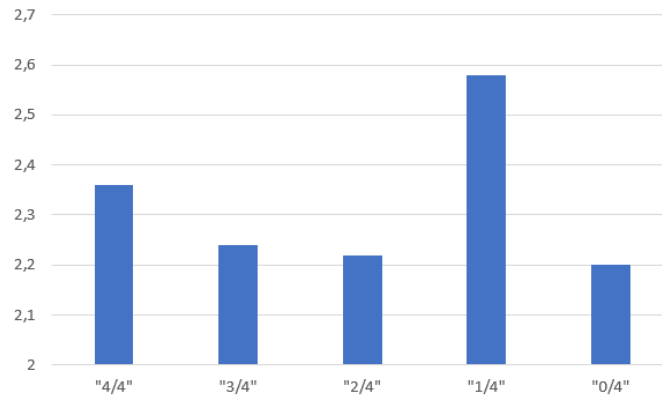
FIGURE 6.9 – Moyenne de l'opinion en fonction de la qualité de définition de l'IA notée sur 4



Les répondants donnant des définitions avec erreur en ont une plus mauvaise opinion que les autres (Figure 6.9). En effet, les réponses aux questions 4 et 5 comportent souvent des idées inspirées de la culture populaire telles que la domination des machines ou révolution des robots.

Les données analysées dans l'autre sens (la définition en fonction de l'opinion) dévoilent d'autres informations (Figure 6.10). La catégorie d'opinion "0/4" ou "Contre" présente la seconde meilleure moyenne pour la définition de l'IA. Les catégories "Contre, mais..." et "Neutre/Mitigé" (soit "1/4" et "2/4") obtiennent des moyennes de définition plus basses que le reste, légèrement au-dessus de 2,2/4.

FIGURE 6.10 – Moyenne de qualité de la définition en fonction de l'opinion sur l'IA



La catégorie "Pour, mais..." quant à elle possède la meilleure moyenne de définition de l'IA. Les réserves les plus fréquentes pour cette catégorie sont la régulation de l'utilisation afin de réduire l'impact sur le monde de l'emploi ou limiter la surveillance importante parfois exercée par l'IA.

La catégorie "4/4" ayant donc une opinion "Pour" l'IA a pourtant la moyenne de définition la plus basse. Une explication pour cela est que les personnes ayant une meilleure connaissance de l'IA en connaissent aussi les enjeux éthiques et sociaux, ce qui apparaît ici comme une réserve. Les personnes n'en ayant pas spécialement une image correcte peuvent donc s'imaginer une technologie de rêve ou adopter l'image révolutionnaire sans faille communiquée par les médias.

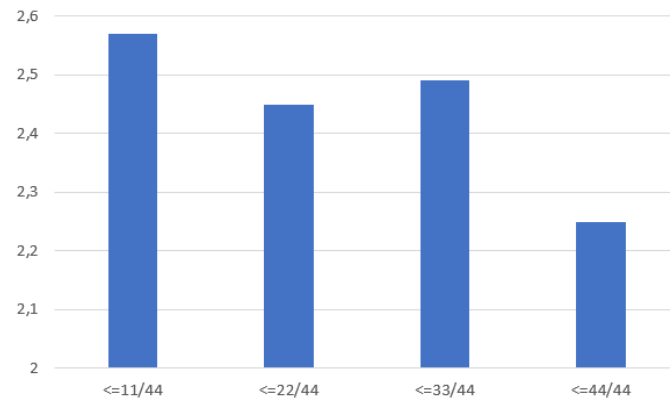
L'opinion est influencée par la qualité de la définition et inversement. Dans les deux sens, l'opinion positive avec réserve est liée à une définition de l'IA correcte selon les critères choisis et une moins bonne opinion de l'IA à une définition erronée. La relation entre image et opinion étant établie, il est pertinent de se pencher sur une possible connexion entre représentation et opinion.

6.4.2 Opinion et représentation

Afin d'analyser l'opinion en fonction de la représentation de l'IA, les répondants sont répartis dans quatre catégories en fonction de leur score au QCM, de la même manière que dans la méthodologie en Section 5.2.2. Cette division est représentée dans la Figure 6.11.

Les personnes ayant la meilleure opinion sur l'IA sont les personnes avec un score situé entre 0/44 et 11/44 au QCM. De manière générale une baisse de l'opinion est observée en fonction de l'amélioration des scores au QCM, ce qui montre que la représentation de l'IA a bien un impact sur son opinion.

FIGURE 6.11 – Opinion sur l'IA en fonction de la catégorie de score relative aux résultats du QCM



L'Hypothèse 3 : *L'image et la représentation ont un impact sur l'opinion qu'ont les jeunes de l'IA* peut être affirmée. Cependant, la relation n'est pas simple. L'opinion ne croît pas en fonction de la croissance de la qualité de l'image. Les fausses idées ont surtout tendance à donner une mauvaise opinion de l'IA, alors qu'une bonne opinion avec réserves implique souvent une image correcte.

Chapitre 7

Activités sur l'intelligence artificielle

L'objectif est de vérifier si un enseignement de l'IA entraîne un changement de l'image ou de la représentation qu'ont les jeunes de l'IA. Pour ce faire, un enseignement est organisé en séquences d'activités courtes intégrées dans le cadre du projet "School-IT"¹ initié par la faculté d'informatique de l'université de Namur. Cette mise en œuvre est testée et des mesures sont prises sur les résultats afin de confirmer ou non les Hypothèses 4 et 5. Le tout a pour objectif d'obtenir des analyses nécessaires pour répondre à la question de recherche.

7.1 Public cible

L'enseignement vise un public adolescent âgé de 12 à 14 ans. C'est pourquoi la grande majorité des groupes concernés par l'enseignement sont en première et deuxième secondaire de l'enseignement belge. Les activités disposent d'un léger prérequis qui est une courte activité d'introduction à la programmation en blocs et au fonctionnement du matériel utilisé.

Cependant, afin de possiblement nuancer l'hypothèse sur l'âge de l'apprentissage, trois groupes plus âgés sont intégrés au projet. Ces trois groupes sont en cinquième et sixième secondaire de l'enseignement secondaire belge, soit des adolescents de 16 à 18 ans. Contrairement aux groupes plus jeunes, ces trois derniers groupes ne suivent pas les prérequis avant leurs séances d'activités sur l'IA.

Au sein des groupes âgés de 12 à 14 ans se retrouvent deux classes de première secondaire différenciée, trois classes de première secondaire générale et six classes de deuxième secondaire générale. Ces différents groupes sont issus de cinq institutions différentes réparties dans les communes de Namur (pour les groupes de 12 à 14 ans) et de Virton en Belgique.

1. Lien vers la description du projet : <https://school-it.info.unamur.be/>

Au-delà de la distinction entre les classes de secondaire différenciées et de secondaire générale, on retrouve aussi une différenciation sur la scolarité future des élèves. Certaines écoles proposent après la troisième secondaire un enseignement uniquement de type technique ou professionnel tandis que d'autres ne proposent que de l'enseignement général.

7.2 Description des activités

Les activités d'enseignement de l'IA sont issues d'un stage auquel ce mémoire fait suite. Elles ont été développées de sorte à proposer un apprentissage de l'IA diversifié pour ouvrir l'élève aux divers domaines existants. Parmi les quatre présentées, seules trois activités ont été testées : celles traitant de synthèse d'émotion, d'apprentissage machine et de robotique.

Les fiches proposées aux professeurs ainsi qu'aux élèves sont disponibles sur le répertoire en ligne à l'adresse suivante : <https://tice.unamur.be/formations>.

7.2.1 Introduction au concept d'IA

Cette partie introductive à l'IA prend place au début de chacune des activités suivantes (Sections de 7.2.2 à 7.2.5) afin de donner les bases théoriques sur lesquelles peut se reposer l'enseignement.

L'introduction au concept d'IA donne une définition générale en essayant de ne pas se replacer dans un des 4 types selon Russel (1995). Sur base de cette définition, l'enseignant fait participer la classe afin que les élèves citent différentes sortes d'IA de leur vie courante. Il essaie de les guider de sorte à citer plusieurs domaines de l'IA dont au moins la robotique, la synthèse d'émotions, les systèmes experts (dont les IA de jeux) et l'apprentissage machine. L'objectif est ici de faire prendre conscience à l'élève du large éventail de cas où l'IA peut être utilisée afin de ne pas obtenir une image de l'IA focalisée sur un domaine précis.

Suite à cela, le test de Turing est expliqué à l'aide d'un schéma simple (Schéma 7.1) au tableau. Pour cette explication, l'accent est mis sur la différenciation entre la machine et l'humain par l'examineur. Enfin, pour conclure la partie théorique commune à toutes les activités, le concept de base de connaissance est présenté également à l'aide d'un schéma (Figure 7.2) comme le résultat d'un ensemble de faits et de règles.

Cette introduction peut subir quelques variations mineures en fonction de l'activité qui suit. Les exemples donnés peuvent être plus insistants sur le domaine de l'activité en question. Il peut s'agir aussi d'un rappel si cette introduction a déjà été donnée dans le cas où deux activités sur l'IA se suivent dans une séquence d'activités.

7.2.2 Synthèse d'émotions

Cette première activité vise à faire développer aux participants un agent émotionnel, à savoir un système pouvant exprimer des émotions de manière logique

FIGURE 7.1 – Schéma proposé aux élèves pour illustrer le test de Turing lors de l'introduction à l'IA d'une activité, source : School-IT

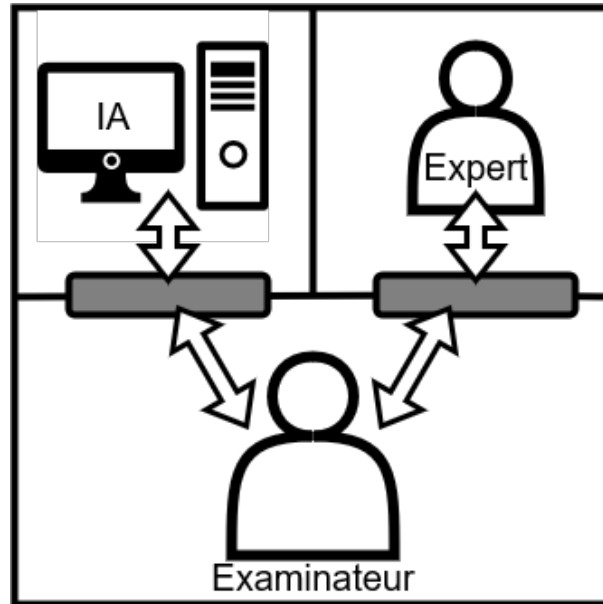
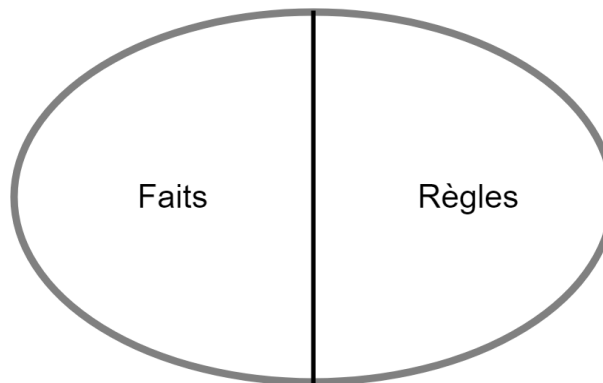


FIGURE 7.2 – Schéma proposé aux élèves pour illustrer le concept de base de connaissance lors de l'introduction à l'IA



selon son environnement et certains événements. Elle est donnée par classe d'une vingtaine d'élèves maximum (idéalement) en répartissant les élèves par groupes de deux ou trois. Elle est répartie sur deux périodes de cours (d'une durée de 45 ou 50 minutes dans l'enseignement belge).

Après l'introduction, le professeur s'assure de la compréhension de la classe du concept d'émotion. Pour se faire, il incite le groupe à lister plusieurs émotions

qu'il valide ou non. L'enseignant les inscrit ensuite au tableau afin de les garder pour la suite de l'activité.

En faisant le parallèle avec le concept de base de connaissance ainsi que son utilité dans le cadre d'IA, l'enseignant présente un formalisme logique. Ce formalisme exprime une règle censée régir l'occurrence d'émotions. Il consiste en une conjonction et une implication logique de la forme : "*contexte* ET *événement* IMPLIQUENT *émotion*". Avec le professeur, la classe formule un ou deux exemples d'une utilisation de ce formalisme logique avec les émotions inscrites au tableau afin de s'assurer de la compréhension des concepts et des termes utilisés. Par exemple, un résultat peut être : "il faisait chaud ET le soleil s'est levé ALORS j'étais content". Les élèves sont ensuite chargés de trouver et formaliser deux exemples comme celui-ci.

Une fois les règles prêtes, le professeur présente plusieurs des blocs utilisés dans l'interface de code en blocs et demande aux élèves s'il s'agit d'"événements" ou de "contextes". S'il s'agit ici d'un "contexte", le bloc en question ne fait que réceptionner une valeur actuelle lorsque le bloc est exécuté. Au contraire, un "événement" exécute le code qu'il contient lorsqu'il est déclenché.

Les différents blocs classés, l'enseignant explique le concept de métaphore informatique à l'aide de la métaphore du bureau. Il leur est demandé de trouver une métaphore pour chacune des règles rédigées en fonction des différents senseurs disponibles sur le micro contrôleur utilisé en cours. La métaphore pour l'affichage de l'émotion par défaut se fait via l'affichage d'une petite émoticône. Cette étape a pour but de rendre la règle d'origine *compréhensible* pour le système. Jusqu'à présent, tout est fait sur papier.

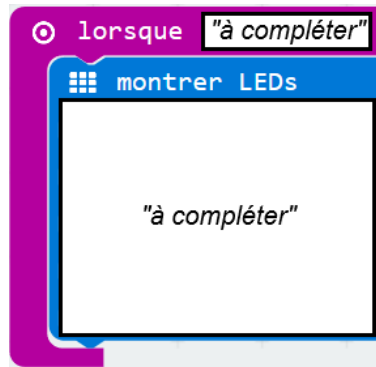
Enfin, les élèves codent sur l'appareil leurs solutions afin d'obtenir un système fonctionnel tout en s'aidant de patrons de conception fournis par le professeur (Figure 7.3). Ils peuvent opérer en plusieurs itérations pour améliorer leur agent émotionnel et s'ils le souhaitent peuvent ajouter une troisième émotion sur leur micro contrôleur. L'activité se finit par un échange entre groupes et la validation des agents d'autres groupes.

7.2.3 Robotique

Cette activité vise à faire programmer, par groupes de trois élèves, une IA basique pour un robot monté sur roues et dont l'interface est également programmable en blocs. Elle a aussi pour but de confronter les élèves à la difficulté de gérer le nombre important de capteurs disponibles sur le robot ainsi que la non-trivialité de tâches paraissant pourtant simples à première vue.

Après l'introduction de l'IA, le professeur définit le concept de robot et exemplifie en citant différentes formes que celui-ci peut prendre. Il insiste aussi sur le fait qu'un robot ne contienne pas nécessairement de l'IA. L'exemple cité est celui d'un robot d'une chaîne de production qui peut exécuter une tâche de manière totalement répétitive sans montrer d'intelligence. Au contraire, le robot

FIGURE 7.3 – Patron de conception à compléter proposé lors de la phase de code en blocs par le professeur pour l'implémentation d'un agent émotionnel dans l'activité traitant de la synthèse d'émotions



pourrait intégrer de l'IA en embarquant des senseurs et, par exemple, attendre le refroidissement d'une pièce pour ne pas l'abîmer lors de la manipulation.

Le professeur explique les termes senseurs et actuateurs en faisant le lien avec les entrées et sorties d'un ordinateur et dévoile le robot sans montrer ses différents senseurs ou actuateurs. Il poursuit avec une séquence de découverte du robot pour les élèves. Ils ont pour tâche de lister les comportements que peut avoir ce dernier ainsi que les différentes caractéristiques du matériel. Les élèves remplissent un schéma à compléter selon les différentes caractéristiques du matériel qu'ils ont reçu en début d'activité. Ils mettent ensuite en commun avec le professeur les comportements supposés de l'appareil. Les senseurs et actuateurs sont ensuite mis en relation avec les comportements.

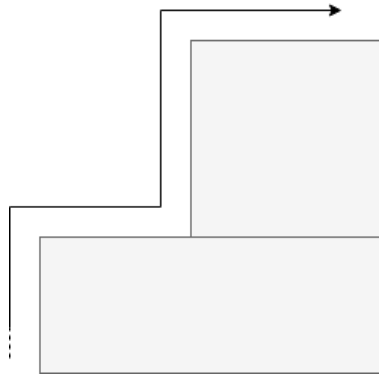
Après la découverte de l'outil, une première tâche est donnée à l'élève. Le robot doit rouler de sorte que son trajet contourne les bords d'un objet quelconque ne comportant que des angles droits (Figure 7.4). Les élèves vont alors porter une réflexion logique sur le problème en comparant ce problème avec ce qu'eux feraient même inconsciemment. Le tout est formulé sur papier et est discuté en petits groupes.

Enfin, une fois satisfaits de leur solution, les élèves la codent sur l'interface web de programmation en blocs de l'outil et transfèrent leur programme sur le robot avant de le tester. Les résultats du test peuvent mener à des itérations afin d'améliorer la solution. Le nombre d'itérations peut être élevé, mais le professeur s'assure du caractère réfléchi qu'a chaque tentative.

7.2.4 Apprentissage machine

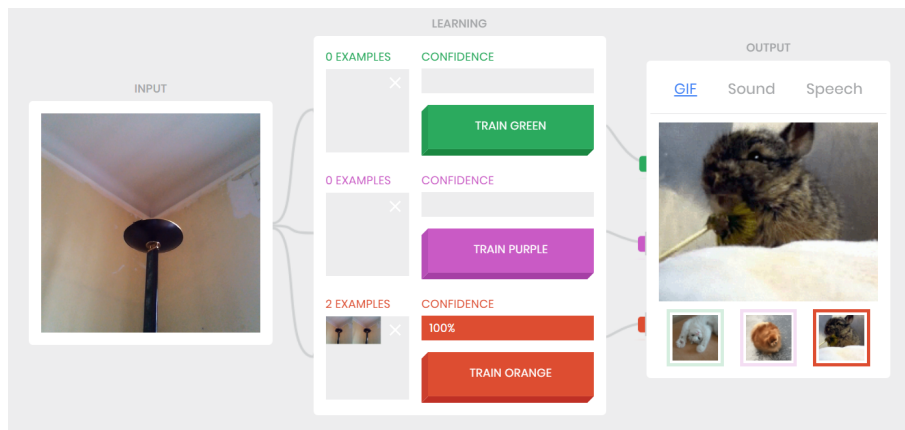
Cette activité vise à ce qu'un élève comprenne de quoi il s'agit lorsque le terme apprentissage machine est utilisé. Elle ne vise pas à coder une IA, mais à en utiliser une (Figure 7.5) afin de l'entraîner, de lui apprendre à reconnaître

FIGURE 7.4 – Exemple de forme (en gris) et parcours attendu (flèche) du robot dans l'activité traitant de la robotique



des objets ou des concepts au travers d'une caméra. L'activité se donne pour des classes d'une vingtaine maximum (idéalement) et en répartissant les élèves par groupes de trois. De toutes les activités sur l'IA, elle est la plus courte. En effet, cette activité tient sur une seule période de cours (d'une durée de 45 ou 50 minutes pour l'enseignement belge).

FIGURE 7.5 – Outil d'enseignement développé par Google et utilisé dans le cadre de l'activité sur l'IA traitant de l'apprentissage machine, source : [www.https://teachablemachine.withgoogle.com](https://teachablemachine.withgoogle.com)



Après l'introduction à l'IA, le professeur explique le but principal de l'apprentissage machine. Il poursuit par une brève explication de deux méthodes d'apprentissage. Le logiciel peut comparer un problème avec une base de problèmes et tente de donner la même réponse qu'aux problèmes les plus proches. Sinon, le logiciel peut construire lui-même une logique afin d'atteindre la solution sur

base d'exemples. Le sujet des réseaux neuronaux est abordé très superficiellement, car trop complexe. Pour appuyer ses propos, le professeur présente ensuite l'outil utilisé dans le cadre de l'activité (Figure 7.5). Cet outil utilise la dernière forme d'apprentissage présentée à savoir les réseaux neuronaux.

L'outil utilise la caméra de l'ordinateur. Il existe trois catégories dans lesquelles l'utilisateur peut enregistrer des images pour entraîner l'IA. Chacune de ces catégories mène à l'affichage d'une image (dans le cas échéant un lapin, un chien ou un chat). Le but est d'enregistrer dans chacune des catégories des images similaires afin que le système les reconnaisse par la suite. L'entraînement pour reconnaître des images fixes est court. Il est plus long pour reconnaître des concepts.

Dans un premier temps, l'élève a pour but d'apprendre à l'ordinateur les formes telles que le cercle, le carré et le rond. Pour ce faire, il dispose d'un set de formes de différentes couleurs et enrichit l'IA d'exemples de chacune de ces formes. Cependant, si cela marche lorsque les formes sont droites, ce n'est plus le cas si elles sont retournées ou déplacées dans le champ de vision de la caméra. L'élève doit donc entraîner son IA en enregistrant les différentes positions possibles de la forme.

Une fois les formes apprises à l'IA, l'élève a dans un second temps la tâche d'apprendre un autre concept à l'ordinateur : celui de couleur. De la même manière, l'élève va apprendre au système trois couleurs en lui donnant le plus de cas différents possible comprenant la couleur souhaitée. Enfin, les élèves mettent au défi les IA entraînées par les autres groupes dans le but de les tester.

7.2.5 Stratégie

Cette activité a pour but d'apprendre à l'élève le fonctionnement des IA auxquelles il peut par exemple se confronter dans des jeux vidéos. Elle est également courte et ne dure qu'une période de cours (d'une durée de 45 ou 50 minutes en enseignement belge). L'élève doit y préparer et coder une stratégie afin de gagner un jeu simple. Cette même stratégie sera améliorée en plusieurs itérations pour illustrer le principe du raffinement. Elle n'a pas été testée faute d'affinage de l'activité et de temps lors de l'étude.

L'introduction à l'IA est suivie une brève introduction au concept de stratégie. Le lien est fait avec l'utilisation de stratégie en IA et un exemple est donné avec le jeu (vidéo). La règle du jeu duquel les élèves devront développer une IA leur est ensuite expliquée.

Les règles du jeu sont très simples et s'apparentent au jeu de "plus petit ou plus grand" avec quelques règles supplémentaires. Ces ajouts ne compromettent pas le jeu d'origine. Lors de la première itération, l'élève prépare une stratégie très basique sur papier. Ce premier jet est fait en ignorant les règles supplémentaires. Une fois la stratégie prête, ils la codent sur leur micro contrôleur et

observent la rapidité de l'IA pour finir le jeu. L'outil en question est mis en relation avec un autre qui fait office d'arbitre du jeu. Ils doivent donc faire preuve d'abstraction vis-à-vis du code présent sur l'autre outil.

Le professeur explique ensuite le principe de raffinement. Il fait le lien avec une amélioration ou l'ajout d'options sur un appareil quelconque. La deuxième phase met ce même concept en application.

La deuxième phase consiste en une amélioration de la stratégie en prenant en compte les nuances apportées au jeu en tirant un maximum profit de celles-ci. Une fois cette logique prête, les élèves l'implémentent sur l'outil et observent l'amélioration qu'ils ont apportée à leur IA. Ils terminent l'activité en mettant en commun leurs difficultés et en établissant un parallèle avec des choses qu'ils peuvent utiliser dans la vie de tous les jours comme les jeux vidéo.

7.3 Table des séquences d'apprentissage

Chacune des activités est présentée dans un contexte différent selon la classe d'élèves. Afin de synthétiser l'enseignement de l'IA, une liste de toutes les activités du projet est présentée (Tableau 7.1) et les différentes séquences sont énumérées en fonction des différents groupes ayant vécu les séquences correspondantes.

TABLE 7.1 – Liste des activités d'initiation au numérique du projet School-IT

0. Éducation au numérique	
1. Découverte	1a. Entrées et sorties
	1b. Introduction la programmation
2. Bases de programmation	2a. Variables et accéléromètres
	2b. Conditions et capteurs
	2c. Boucles
	4d. Condensé de 2a, 2b, 2c.
3. Fonctions	
4. Communication	4a. Communication
	4b. Sécurité
5. Structure de données	
6. Intelligence artificielle	6a. Synthèse d'émotions
	6b. Apprentissage machine
	6c. Stratégie
	6d. Robotique

Le Tableau 7.2 regroupe les différentes séquences dispensées en fonction des différents groupes et de leurs caractéristiques. Les points virgules marquent dans ce tableau les séparations entre les différentes périodes tandis que les traits marquent les différentes activités exécutées sur la même période. (Par exemple les activités 1a - 1b auront lieu sur la même période tandis que 6a ; 6a sera une activité répartie sur deux périodes).

TABLE 7.2 – Séquences d’activités proposées dans le cadre de cette étude

#	Année	Type	Suite d’activités	Nombre
01	1ère	Différenciée	0 ; 1a - 1b ; 2a - 2b ; 4 - 6b ; 6a	10
02	1ère	Différenciée	0 ; 1a - 1b ; 2a - 2b ; 6a	12
03	1ère	Générale	0 - 1a - 1b ; 2a - 2b - 6a	8
04	1ère	Générale	1a ; 1b ; 2a ; 2b ; 6a ; 6a	20
05	2ème	Générale	0 ; 0 ; 1a ; 1b ; 2d ; 3 ; 6d ; 6d	23
06	2ème	Générale	0 ; 0 ; 1a ; 1b ; 2d ; 3 ; 6d ; 6d	25
07	2ème	Générale	0 ; 0 ; 1a ; 1b ; 2d ; 3 ; 6d ; 6d	24
08	2ème	Générale	1a - 1b ; 6a	20
10	5ème	Générale	6a ; 6a	4
11	6ème	Générale	6a ; 6a	8
12	5-6èmes	Générale	6a	5

7.4 Description des pré et post-tests

Avant chaque activité sur l’IA un pré-test est passé et afin de mesurer les connaissances initiales des élèves. Un post-test identique au premier est passé à la fin de la séquence d’activités pour mesurer l’évolution du jeune. Ce questionnaire est sensiblement semblable à l’enquête précédemment décrite (Chapitre 5) et comprend deux parties. Le profilage du répondant se fait uniquement sur base de sa classe.

7.4.1 Questions ouvertes

Dans le même esprit que le sondage sur l’IA, les tests ici commencent par poser la question suivante "À quoi penses-tu quand tu entends "intelligence artificielle" ?". Cette question a pour but de se faire une idée de l’image qu’a l’élève de l’IA. Ensuite, la question à choix multiples suivante est donnée "Penses-tu que l’intelligence artificielle soit pour l’homme une technologie qui :" avec comme choix de réponses "Permettra une grande avancée technologique", "Représente un grand risque", "Nous facilitera la vie" ou "Ne changera pas grand chose". L’intérêt de cette question est de se rendre compte de l’opinion que pourrait déjà avoir un élève de cet âge sur l’IA. Afin de se rendre compte de la représentation de l’élève, une justification est demandée pour cette question.

7.4.2 Questionnaire à choix multiples

Afin d’approfondir la représentation de l’IA et sa connaissance sur l’état actuel de la technologie, une liste de propositions sur de possibles utilisations de l’IA est proposée. Seulement dix propositions sont retirées du QCM de l’enquête (Section 5.2.2) et trois possibilités de réponse sont laissées aux répondants. Les réponses peuvent être "Déjà utilisé", "Possible" ou "Impossible". Moins de choix de nuances est laissé pour le QCM afin de simplifier la réponse de l’élève.

Les propositions des tests sont filtrées dans le test pour les enfants, car proposer 44 applications pour un élève de cet âge serait un risque de perdre son attention lors de sa participation aux tests. Les énoncés sont donc sélectionnés

de façon à conserver une certaine diversité malgré la diminution drastique de ces derniers. La sélection est la suivante :

- Reconnaître et exprimer des émotions.
- Éprouver des sentiments.
- Se rebrancher d'elle-même en cas de manque de batterie.
- Changer le trajet sur un GPS pour éviter les embouteillages.
- Trouver la maladie d'un patient grâce à ses symptômes.
- Détecter des applications/logiciels dangereux.
- Faire marcher un robot sur deux jambes
- Reconnaître un visage humain.
- Donner les bons numéros pour la prochaine cagnotte de l'EuroMillions®.
- S'entraîner et s'améliorer, par exemple, pour jouer à un jeu de société.

7.5 Méthodes d'analyse des résultats

Pour analyser les résultats obtenus, la technique est sensiblement la même que pour le sondage. Cependant, un travail de comparaison est effectué entre les pré et post-tests pour retracer l'évolution des élèves. Les résultats des différentes séquences sont confrontés les uns aux autres afin de tirer les meilleures conclusions possible sur les hypothèses.

De possibles nuances sont apportées en fonction de certaines corrélations dans les résultats. Enfin, les verdicts relatifs aux différentes hypothèses de recherche ainsi que ces nuances mises ensemble forment le point de départ de la discussion. Cette dernière va être utile pour répondre à la question de recherche et idéalement permettre de proposer des pistes pour de futurs travaux ou soulever de nouvelles questions.

Chapitre 8

Retours sur l'enseignement

Ce chapitre décrit la façon dont les activités ont été reçues. La première section traite des remarques reçues pour l'ensemble des activités données. Les suivantes mettent en évidence les remarques propres à chacune de ces activités.

Les remarques proviennent du corps enseignant supervisant les activités, des informaticiens ayant donné les activités et des élèves. Aucune enquête qualitative n'ayant été faite, ces remarques sont tirées de discussions antérieures, simultanées ou postérieures aux activités.

8.1 Appréciation générale

Retours des professeurs encadrants l'activité

Les premières remarques des professeurs encadrants ont mené à une diminution de l'exigence des activités. En effet, lors de la présentation des premiers projets d'activités aux professeurs, la plupart ont souligné qu'elles étaient trop compliquées pour les élèves de cet âge (12 à 14 ans). Ils ont aussi mis en avant qu'il est nécessaire de définir et d'expliquer aux élèves certains termes qui paraissaient triviaux pour les informaticiens. Ces nouvelles explications prenant un certain temps, les objectifs des activités ont été diminués pour conserver une durée raisonnable (une à deux périodes de 45 à 50 minutes).

Deux difficultés sont soulignées par les professeurs après les activités. Premièrement, les activités sont données par des informaticiens sans diplôme de pédagogie. Cela s'est ressenti selon les professeurs encadrants dans la façon d'expliquer certains termes ou concepts. Ensuite, l'intérêt des étudiants a pu être désamorcé, car les activités ne sont entrées en aucun point dans le processus d'évaluation des élèves. Certains élèves plus calculateurs ont donc perdu la motivation de suivre les activités.

Les professeurs encadrants et informaticiens donnant les activités remarquent conjointement que les élèves peuvent accueillir de deux manières différentes le fait de suivre des activités données par d'autres personnes que leurs professeurs habituels. Certains élèves se montrent plus attentifs face aux informaticiens

qu'ils ne connaissent pas et suivent donc mieux l'activité. D'autres, au contraire, ont tendance à moins porter attention à des inconnus dont ils ne reconnaissent pas l'autorité.

Retours des informaticiens donnant l'activité

Les informaticiens donnant les activités distinguent trois catégories d'étudiants et identifient à chacune un comportement type. Dans ces catégories, les élèves se distinguent à travers leur rapport à l'informatique et l'IA en dehors du contexte des activités suivies.

La première catégorie est celle des élèves ayant un intérêt fort pour l'IA et l'informatique en général et ayant déjà programmé chez eux (souvent poussé par un parent, aucun autodidacte n'a été identifié). Les élèves de cette catégorie ont montré une grande motivation et un fort intérêt pendant les activités. Ils ont posé beaucoup de questions sur certains points pour être sûrs de comprendre les détails. Cette catégorie d'élèves semble avoir apprécié les activités et marque une déception sur sa courte durée.

La deuxième catégorie est celle des élèves ayant un certain intérêt pour l'IA et l'informatique (tout du moins, pour apprendre de nouvelles choses), mais n'ayant jamais pour autant programmé chez eux. Ces élèves ont montré de la motivation et de l'intérêt pendant les activités. Ils semblent les avoir appréciées, mais ne n'ont pas posé de question et n'ont pas critiqué la durée.

La troisième catégorie est celle des élèves n'ayant pas ou peu d'intérêt pour l'IA ou pour l'informatique en général. La plupart de ces élèves ont tout de même joué le jeu et ont suivi les activités, une infime partie des élèves est restée isolée sans suivre les activités, toutefois sans déranger leur déroulement. Les élèves de cette catégorie n'ont pas posé de question et certains ont trouvé les activités trop longues.

Les informaticiens donnant ces activités ont aussi noté que le caractère exceptionnel de ces activités tire vers le haut la motivation générale des élèves, quelle que soit leur catégorie. En plus, les élèves ont apprécié faire des parallèles avec des choses de leur quotidien desquelles ils n'ont pas l'habitude de parler en cours (jeux vidéo, objets technologiques de leur maison...).

Retours d'élèves

Enfin, pour chacune des activités, les élèves ont tenté de rapprocher les concepts abordés avec des choses de la vie de tous les jours. La formulation la plus courante a été "C'est comme dans..." et cela a aidé les élèves à plusieurs reprises.

8.2 Retours par activités

8.2.1 Synthèse d'émotions

Retours des professeurs encadrants l'activité

L'activité sur la synthèse d'émotions a été celle qui est mise en application le plus grand nombre de fois. Les professeurs apprécient le fait qu'elle se termine sur un système tangible que les élèves peuvent facilement observer. Les professeurs estiment que cela est gratifiant pour les élèves et donc positif.

Les professeurs soulignent la difficulté de compréhension pour les jeunes élèves du concept de métaphore informatique. En effet, il appuie le fait qu'il est difficile à cet âge de faire preuve d'abstraction et cette dernière est nécessaire pour pouvoir appliquer le concept.

Le corps professoral met aussi en évidence la difficulté pour les élèves de comprendre le lien entre les concepts "contexte" et "événement" et les temps passés de la langue française. En effet, dans l'activité, le contexte est comparé à l'imparfait et l'événement au passé simple. Les professeurs soulignent que certains élèves pouvaient ne pas maîtriser ces temps (en particulier ceux n'ayant pas encore obtenu le CEB).

A la suite de cette remarque, une explication plus directe a été adoptée en faisant le parallèle à une histoire. Le contexte est alors comparé à la situation initiale (je me promenais) et l'événement à l'élément déclencheur (quand, soudain, surgit un lapin du buisson).

Retours des informaticiens donnant l'activité

Une difficulté soulevée par les informaticiens donnant l'activité est la compréhension de la nuance entre les deux termes "règle" et "fait". La distinction entre ces termes a été faite en se reposant sur la logique classique. Le "si alors" est l'implication et le "et" est la conjonction. Cette difficulté est due au fait qu'aucun des élèves n'ait de notion en logique classique.

Afin de faciliter la compréhension de la règle et du fait, un lien entre les concepts et le comportement de l'IA est fait. Un fait correspond à l'information capturée par un senseur. Une règle est le comportement que l'IA adoptera en fonction de cette information.

Les informaticiens ont aussi modifié l'ordre de déroulement de l'activité. L'idéal étant en programmation de modéliser à l'avance l'entièreté du programme avant de l'implémenter, l'activité avait pour but de faire imaginer à l'élève des règles avant de penser à l'implémentation. Étant donné la difficulté de l'élève pour l'abstraction et l'implémentation, il est laissé libre à l'élève de réfléchir à l'implémentation en même temps que les règles de son système. Pour

cela, un tableau¹ montrant les différents blocs de programme organisés selon les termes "contexte" et "événement" est mis à disposition des élèves.

Les informaticiens ont l'intuition que les élèves ont eu principalement des difficultés pour la partie conception de la création de leur agent émotionnel. La partie implémentation, au contraire semble être plus simple pour les élèves, ceux-ci se contentant de suivre le canevas proposé (Figure 7.3). Cette intuition a été confirmée par les élèves finissant parfois la partie implémentation sans l'aide d'un adulte. Un élève a dit : *"En fait c'est facile, il faut juste suivre le dessin"*, ce qui appuie cette supposition.

Retours d'élèves

La métaphore est un retour récurrent pour les élèves. Bien qu'ayant apprécié l'activité, ils ont trouvé cette partie assez complexe à comprendre et à appliquer.

8.2.2 Robotique

Retours des professeurs encadrants l'activité

Avant même les rares itérations de cette activité, une formation sur l'outil avec des professeurs a permis de se rendre compte de plusieurs points. Le projet d'activité qui était à l'origine de programmer une IA pour parcourir et sortir d'un labyrinthe s'est transformé en l'activité telle décrite dans la Section 7.2.3.

Premièrement, l'utilisation et la programmation d'un robot présentent des particularités qui mettent du temps à être perçues par les élèves. Par exemple, le chargement du programme ne se fait pas de la même manière que sur les autres outils utilisés dans les autres activités.

Ensuite, la découverte du robot avec les professeurs a pris beaucoup plus de temps que prévu. Ces derniers ont assuré que les élèves prendraient au moins autant de temps pour découvrir le robot. De plus, la préparation d'un labyrinthe adéquat pour que le robot puisse y évoluer serait très chronophage pour le professeur. L'activité a donc été repensée afin de prendre moins de temps tant à la préparation qu'à l'exécution.

Après que les activités aient été données, les professeurs encadrant les activités ont mis en avant l'importance selon eux de formaliser sur papier l'algorithme employé par l'élève pour l'activité. Cela marque la partie modélisation du processus de programmation de l'IA. Pour ce faire, ils proposent l'utilisation des logigrammes vus dans l'activité sur l'alphabétisation numérique. Cependant, certaines séquences pourraient ne pas inclure l'alphabétisation numérique.

1. Disponible dans le répertoire des fiches professeur et élèves des activités : <https://tice.unamur.be/formations>

Retours des informaticiens donnant l'activité

Les informaticiens donnant les activités observent la difficulté qu'ont les jeunes à programmer un robot qui évolue dans un monde comportant des imperfections. Le robot peut se heurter à des imprévus lorsqu'il avance (sol irrégulier, manque d'adhérence des roues du robot, senseurs imprécis...) (Section 3.3). La gestion de ces imprévus est un obstacle que les élèves gèrent difficilement.

Les informaticiens supposent que, contrairement à l'activité sur la synthèse d'émotions, celle sur la robotique a tendance à montrer la difficulté qui se cache derrière une IA. Cela est confirmé par les élèves qui partagent leur frustration de ne pas atteindre parfaitement les objectifs en fin d'activité. Citation d'élève : *"C'est difficile de lui faire faire des trucs simples !"*. Par exemple, il arrive qu'un robot se bloque ou quitte la pièce (alors qu'il faut la contourner), car tous les cas ne sont pas pris en compte par l'IA de l'élève.

Retours d'élèves

Malgré cette frustration, les élèves sont ravis de découvrir le robot et apprécient découvrir ses différentes fonctionnalités. Ils aiment aussi le fait qu'il soit lumineux et coloré et qu'il produise différents sons. L'aspect lisse et épuré du robot est mis en avant et leur paraît simple.

8.2.3 Apprentissage machine

L'activité sur l'apprentissage machine n'a eu qu'une seule mise en pratique. Cette mise en pratique a été perturbée par les tablettes-PC utilisées qui ne sont pas assez puissantes que pour faire fonctionner correctement TeachableMachine (Section 7.2.4). L'enregistrement d'images pour entraîner l'IA est fortement ralenti sur ce matériel et rend son utilisation pénible. Toutefois, l'utilisation de l'application web reste possible.

Retours des professeurs encadrants l'activité

Le professeur a pointé du doigt l'impatience des élèves sur un système déjà ralenti. Cette dernière a poussé les élèves à appuyer plusieurs fois sur les boutons sans qu'une action se produise et a mené plusieurs fois au blocage de l'application. Il souligne cependant l'avantage d'avoir un adulte par groupe ce qui a permis d'encadrer les élèves et les pousser à manipuler plus soigneusement l'application.

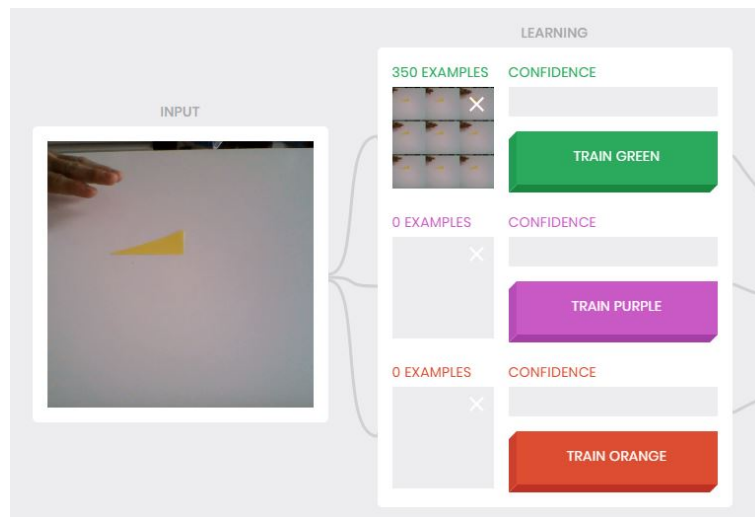
Retours des informaticiens donnant l'activité

Les informaticiens donnant l'activité soupçonnent une certaine incompréhension des élèves vis-à-vis de le l'entraînement de leur IA. Les élèves comprennent la raison pour laquelle une forme est reconnue par le système. Cependant, ils ne comprennent pas pourquoi l'IA ne reconnaît pas une forme retournée. En effet, une forme retournée a subi une transformation (symétrie centrale) et est donc totalement différente pour l'IA. Les élèves ne comprennent pas que cela est un signe qu'il manque des exemples au système pour pouvoir être efficace sous toutes les configurations.

Retours d'élèves

Les élèves reconnaissent leur impatience, ils admettent que leur système ne fonctionne pas idéalement en fin d'activité. Les élèves expliquent cela par la vitesse à laquelle ils ont pris les images et ont déplacé les formes en papier. Le manque de synchronisation à cause de la lenteur de l'application a eu pour conséquence que des doigts ou même des mains sont restés sur les images et faussaient l'entraînement de l'IA (Figure 8.1).

FIGURE 8.1 – Reproduction du type d'image capturée par les jeunes sur l'application TeachableMachine, les doigts laissés involontairement dans le cadre de l'image faussent l'entraînement de l'IA



Chapitre 9

Image et représentation après un premier enseignement

Ce chapitre discute des résultats obtenus suite à la mise en place d'un enseignement de l'IA. D'abord, les résultats sont analysés en fonction des séquences d'activités. Ils sont ensuite traités dans leur globalité avant d'appliquer les résultats globaux et spécifiques sur les Hypothèses 4 "Un enseignement de courte durée portant sur un ou plusieurs domaines différents de l'IA peut changer l'image qu'en ont les jeunes." et 5 "Un enseignement de courte durée portant sur un ou plusieurs domaines différents de l'IA peut changer la représentation qu'en ont les jeunes." pour tenter de les confirmer ou non. Les mesures pour l'image et la représentation de l'IA chez les jeunes sont prises conformément à la méthodologie décrite en Section 7.5.

9.1 Résultats de l'enseignement

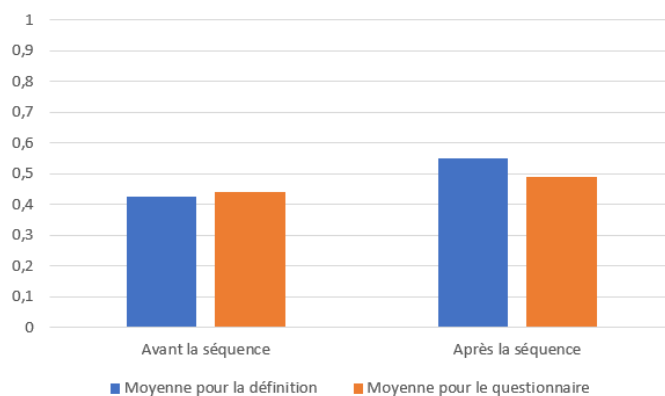
9.1.1 Séquences avec l'activité sur la synthèse d'émotions

Cette activité a été testée avec plusieurs types de publics différents dans trois séquences différentes. Une classe de première secondaire différenciée a reçu une séquence comprenant quatre heures d'introduction au concept d'ordinateur et à l'outil, quatre heures d'introduction à la programmation et deux heures sur l'IA (séquence B). La classe de deuxième secondaire a reçu la même séquence, amputée de l'introduction à la programmation (séquence A). Enfin, une séquence semblable à la séquence A, mais amputée de l'alphabétisation numérique, a été donnée à deux classes de première différenciée et générale (séquence C).

Séquence A

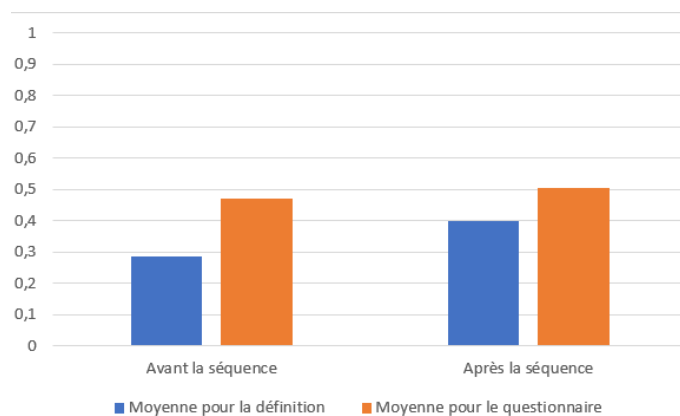
En ce qui concerne la classe de première secondaire, une évolution est observable pour la qualité de la définition de l'IA, leur moyenne passant de 1,7/4 à 2,2/4 (Figure 9.1). De manière similaire, une amélioration du score moyen sur le QCM de 0,5 (la moyenne monte de 4,4/10 à 4,9/10) est observée après la séquence d'activités.

FIGURE 9.1 – Évolution de la moyenne obtenue pour la définition et le QCM (synthèse d'émotions - séquence B - première générale), moyenne rapportée sur 1



Séquence B

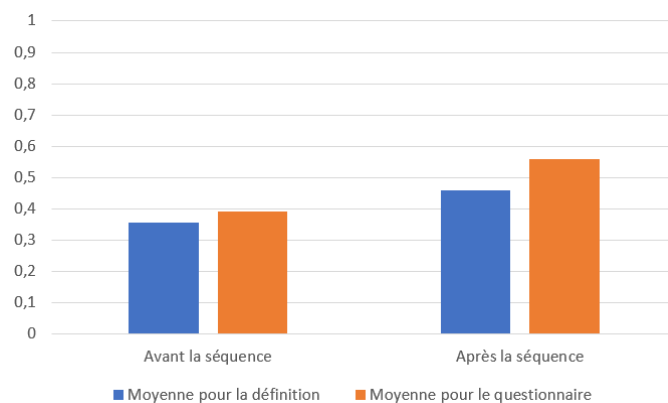
FIGURE 9.2 – Évolution de la moyenne obtenue pour la définition et le QCM (synthèse d'émotions - séquence A - deuxième générale), moyenne rapportée sur 1



Pour la classe de deuxième secondaire, une amélioration est aussi constatée bien que légèrement plus faible que celle de la classe de la séquence A. La Figure 9.2 montre le passage de 1,15/4 à 1,6 pour la moyenne de la définition de l'IA. S'il y a une évolution, la moyenne reste inférieure à 2/4. Cependant, la moyenne des résultats au QCM est plus haute et est sujette à évolution après la séquence d'activités (passage de 4,7/10 à 5,05/10).

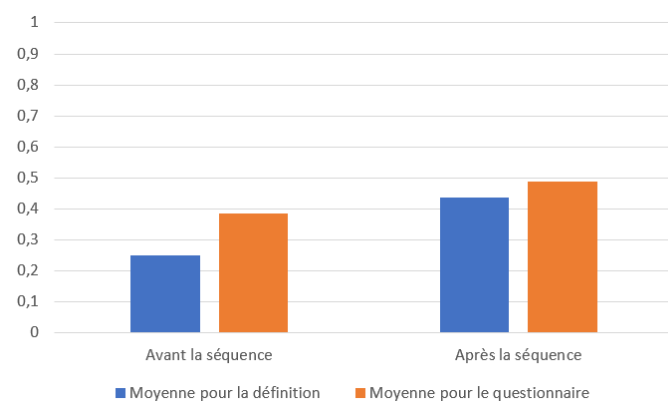
Séquence C

FIGURE 9.3 – Évolution de la moyenne obtenue pour la définition et le QCM (synthèse d'émotions - séquence C - première différenciée), moyenne rapportée sur 1



Les résultats obtenus après la séquence d'activités C montrent une évolution positive pour la classe de première différenciée (Figure 9.3). La moyenne pour la définition croît de 1,42/4 à 1,83/4. Celle-ci, bien qu'améliorée, reste sous la moitié. Cependant, l'amélioration des résultats du QCM (de 3,92/10 à 5,58/10) donne une moyenne finale au-dessus de 5/10.

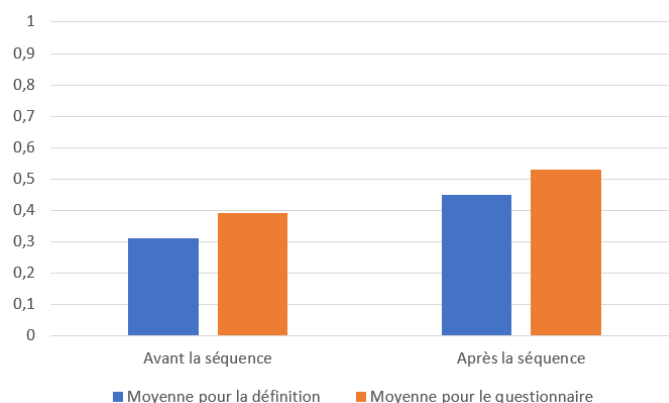
FIGURE 9.4 – Évolution de la moyenne obtenue pour la définition et le QCM (synthèse d'émotions - séquence C - première générale)



Une progression est aussi observable en première générale (Figure 9.4). Les scores obtenus pour la définition (de 1/4 à 1,75 de moyenne), ainsi que pour le

QCM (de 3,86/10 à 4,88) restent pourtant relativement faibles, particulièrement ceux pour la définition.

FIGURE 9.5 – Évolution de la moyenne obtenue pour la définition et le QCM (synthèse d'émotions - séquence C - première générale et différenciée), moyenne rapportée sur 1



Les évolutions des classes de premières (générale et différenciée) de la séquence C sont mises en commun (Figure 9.5). Le constat est toujours en faveur d'une évolution positive de l'image et de la représentation. De 1,25/4, la moyenne de qualité de la définition augmente pour atteindre la moyenne de 1,8/4. Celle du score au QCM passe de 3,9/10 à 5,3. À noter qu'il existe un biais à ces résultats, à savoir que les activités n'avaient pas été testées au préalable.

Séquences A-B-C

Les résultats des classes de jeunes âgées de 12 à 14 ans ayant reçu l'activité de synthèse d'émotions sont illustrés dans la Figure 9.6. Une évolution est bien notable chez les enfants après que ceux-ci aient vécu la séquence d'activités. Le score passe de 1,37/4 à 1,87/4 pour la qualité de définition. Le score pour le QCM évolue lui aussi de 4,35/10 à 5,03/10. Cette marge de progression¹ est la meilleure observée pour la représentation de l'IA tend donc à confirmer les Hypothèses 4 et 5.

Mise en place avec des groupes plus âgés

Seule l'activité sur la synthèse d'émotions a été aussi testée sur des groupes de 5ème et 6ème secondaire de respectivement quatre et neuf élèves ainsi qu'un groupe mixte de 5ème et 6ème secondaires de cinq personnes. L'objectif était de pouvoir faire un rapprochement avec les réponses au sondage des Chapitres 5 et 6. L'analyse portée sur ces groupes n'est pas incluse dans l'analyse globale, mais sert à agrémenter la discussion.

1. La marge de progression est calculée en soustrayant le résultat moyen des pré-test à celui des post-test

FIGURE 9.6 – Évolution de la moyenne obtenue pour la définition et le QCM (synthèse d'émotions - toutes séquences), moyenne rapportée sur 1

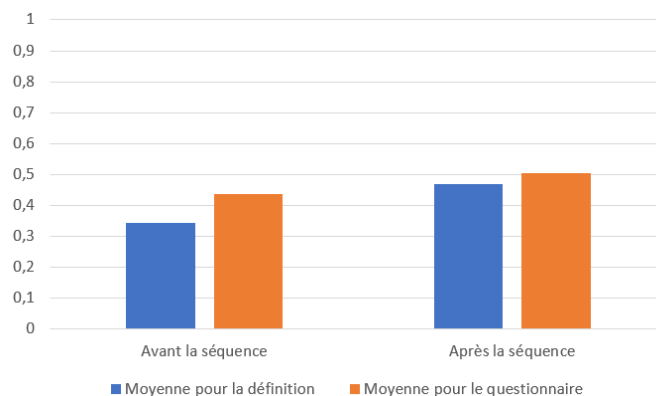
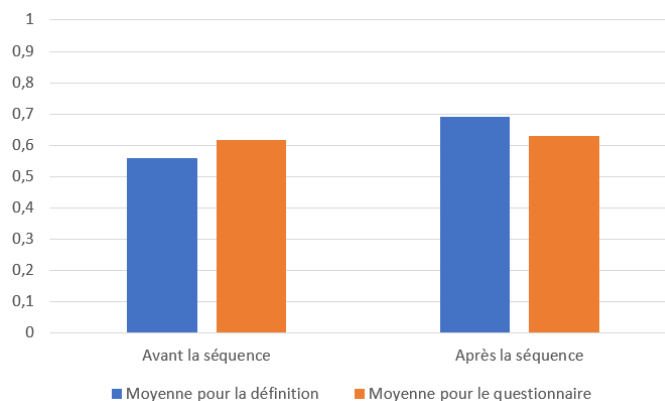


FIGURE 9.7 – Évolution de la moyenne obtenue pour la définition et le QCM (robotique - cinquième et sixième générale), moyenne rapportée sur 1



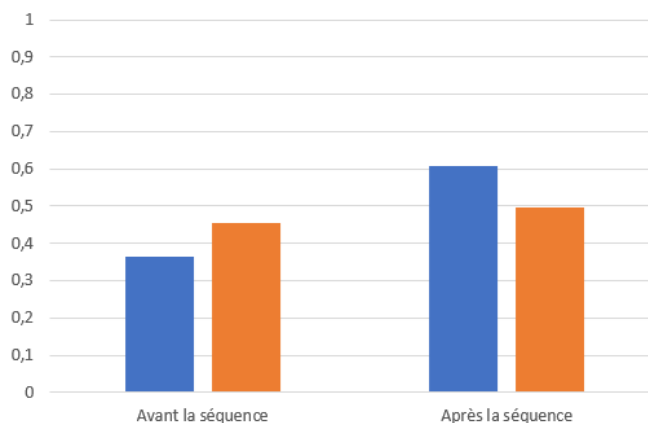
L'observation est la suivante : une amélioration est tout de même observée chez des élèves plus vieux pour qui l'activité pourrait paraître triviale. La moyenne de qualité de définition des groupes passe d'un 2,24/4 à un 2,76 après une activité unique portant sur la synthèse d'émotions. La croissance est moindre, mais toujours existante pour le score au QCM en passant d'un 6,18/10 à un 6,29/10.

9.1.2 Séquence avec activité sur la robotique

Cette séquence se compose de deux périodes d'alphabétisation numérique, quatre d'introduction au concept d'ordinateur et à l'outil, deux d'introduction à la programmation, deux sur les fonctions et deux sur l'IA. Cette séquence a

été donnée à trois classes de deuxième secondaire de 23, 24 et 25 élèves (Tableau 7.2). La suite d'activités étant la même, ces trois classes sont analysées comme un échantillon commun de 72 élèves.

FIGURE 9.8 – Évolution de la moyenne obtenue pour la définition et le QCM (robotique - deuxième générale), moyenne rapportée sur 1



L'évolution de cette classe grâce aux activités est aussi constatable. La moyenne de définition passe de 1,46/4 à 2,43/4 et la moyenne au QCM passe de 4,53/10 à un score moyen approchant de la moitié de 4,97/10 (Figure 9.8). Cette séquence montre la meilleure marge de progression de toutes les activités pour l'image de l'IA. Cet échantillon tend à valider l'Hypothèse 4 ainsi que l'Hypothèse 5.

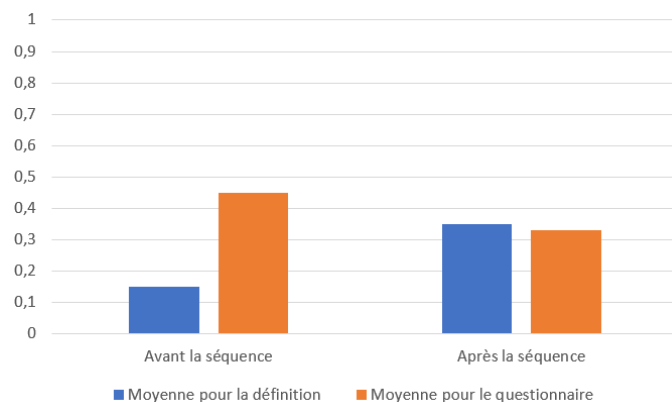
9.1.3 Séquence avec activité sur l'apprentissage machine

La seule séquence d'activités testée contient l'activité sur l'apprentissage machine et également l'activité sur la synthèse d'émotions. La suite comprend deux périodes sur l'alphabétisation numérique, quatre sur l'introduction au concept d'ordinateur et à l'outil, quatre sur l'introduction à la programmation, une introduction au fonctionnement de la communication entre ordinateurs, une d'activité sur l'IA à propos de l'apprentissage machine et deux sur la synthèse d'émotions. Le groupe de première différenciée est assez petit et se compose de dix personnes.

Le groupe, qui était très bas vis-à-vis de la définition l'IA (moyenne de 0,6/4) a évolué positivement, mais toujours pas de manière suffisante que pour atteindre la moitié (1,4/4 au post-tests) (Figure 9.9).

Cependant, une régression est observée lors après l'activité sur le score moyen obtenu au QCM. De 4,5/10, cette classe passe à 3,3/10. Un biais possible a pu être observé lors du déroulement de l'activité sur l'apprentissage machine pour cette séquence. En effet, la puissance des machines sur lesquelles a été lancée

FIGURE 9.9 – Évolution de la moyenne obtenue pour la définition et le QCM (apprentissage machine - première différenciée), moyenne rapportée sur 1

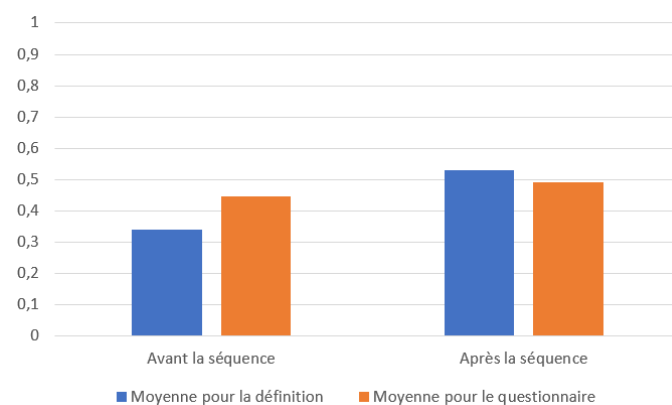


l'application nécessaire à cette activité n'était pas suffisante pour la faire fonctionner correctement. La lenteur de cette application a généré une impatience chez les élèves qui a été la cause de problèmes tout au long de l'activité (Section 8.2.3). Ce désagrément n'a peut-être pas participé à l'amélioration de leur image ou de leur représentation de l'IA.

9.2 Analyse des résultats groupés

D'une moyenne de 1,36/4 en pré-test, la totalité des groupes obtient une moyenne de 2,12/4 en post-test. Une évolution est aussi constatée pour le QCM, le score moyen passant de 4,45/10 à 4,90/10 (Figure 9.10).

FIGURE 9.10 – Évolution de la moyenne obtenue pour la définition et le QCM (toutes les activités), moyenne rapportée sur 1



Malgré l'amélioration de l'image ainsi que de la représentation de l'IA constatée lors des différentes activités, il est clair que les chiffres restent bas. Toutefois, les séquences restent courtes, voire anecdotiques compte tenu du reste du cursus des élèves.

Un biais supplémentaire vis-à-vis des post-tests est les conditions dans lesquelles ces derniers ont été passés. Afin de ne pas empiéter sur l'activité, le post-test a légèrement débordé sur le temps de pause des élèves, ceux-ci soucieux de conserver leur temps libre ont souvent négligé le remplissage du formulaire.

L'opinion des élèves ne varie pas de manière conséquente entre les pré et post-tests. La donnée changeant le plus entre les pré-tests et post-tests est la facilité qu'offre l'IA (Section 7.4.1) et change de moins de 3%. Cependant, la justification donnée pour l'opinion donnée permet d'observer des améliorations dans la représentation de l'IA. Cette observation est faite chez 16,9% des élèves.

L'analyse globale et par séquence de cet enseignement permet donc de valider les Hypothèses 4 "Un enseignement de courte durée portant sur un ou plusieurs domaines différents de l'IA peut changer l'image qu'en ont les jeunes." et 5 "Un enseignement de courte durée portant sur un ou plusieurs domaines différents de l'IA peut changer la représentation qu'en ont les jeunes.". Cette validation pourrait être encore plus appuyée par un enseignement test similaire se déroulant sur une plus longue durée avec des formats d'activités plus conséquents. De plus, l'idéal serait d'offrir aux élèves une activité pour chaque domaine de l'IA et donc avoir une séquence comprenant chacun des domaines pour lesquels il existe une activité.

Chapitre 10

Conclusion

Ce mémoire commence avec un état de l'art centré sur deux concepts : la représentation de l'IA (Chapitre 2) ainsi que son enseignement (Chapitre 3). Cette recherche met en évidence le caractère erroné de la représentation de l'IA du grand public ainsi que la rareté d'enseignement de l'IA évalué chez les jeunes.

Cette problématique a été formulée en une question de recherche, elle-même sous-divisée en cinq hypothèses (Chapitre 4) des termes y sont définis afin de faciliter la lecture des résultats.

La représentation du grand public n'étant que la préoccupation de très peu de ressources dans la littérature, une enquête (Chapitre 5) est menée afin d'établir l'état actuel de l'image ainsi que de la représentation de l'IA chez le public ciblé.

L'image et la représentation sont limitées chez les jeunes sondés (Chapitre 6). Un niveau d'étude plus haut concorde avec de meilleurs scores obtenus dans le cadre de l'étude. La moyenne reste toujours cependant basse et permet de conclure que cette limitation persiste, quel que soit le plus haut diplôme obtenu.

L'enquête permet aussi de soulever que des fausses idées sur l'IA mènent plus souvent à une opinion négative de l'IA tandis qu'une bonne image de celle-ci implique plus souvent une considération positive avec certaines réserves réfléchies. Cela permet de valider les trois premières hypothèses.

À la suite de l'enquête, des séquences comprenant des activités ayant pour thème l'IA sont préparées et réalisées auprès de classes de première différenciée et de première et deuxième secondaire générale (Chapitre 7). Chaque activité a pour thème un domaine précis de l'IA, mais aborde en introduction les divers domaines que sont la robotique, la synthèse d'émotions, les systèmes experts et l'apprentissage machine. Les activités sont précédées d'un pré-test et suivies d'un post-test.

Dans un premier temps, les retours des différents acteurs (enseignants encadrants, informaticiens donnant les activités et élèves) sont traités (Chapitre 8).

Ce retour permet d'améliorer les activités et d'identifier de possibles biais qui pourraient se retranscrire dans la collecte des résultats.

Les retours permettent aussi d'observer une contradiction dans le ressenti des élèves en fonction du domaine de l'IA pratiqué. Les élèves ayant reçu l'enseignement avec l'activité sur la synthèse d'émotions ont le ressenti que la confection d'IA est plus simple que ce qu'ils ne pensaient. Au contraire, ceux ayant reçu l'enseignement avec l'activité sur la robotique, ont le ressenti que la confection d'IA est plus complexe qu'ils ne le pensaient.

Les résultats de cet enseignement permettent de valider l'effet d'un tel enseignement sur les jeunes (Chapitre 9). Si une amélioration générale de l'image ainsi que de la représentation de l'IA est constatée, l'efficacité reste modérée et les scores moyens des groupes ayant reçu l'enseignement restent assez bas.

L'activité sur la robotique présente la meilleure marge de progression pour l'image de l'IA. L'activité sur la synthèse d'émotions présente la meilleure marge de progression pour la représentation de l'IA.

10.1 Conclusion sur la Question de recherche

La Question de recherche est la suivante : *Un format d'enseignement de l'IA réparti sur une courte durée et abordant différents domaines de l'IA permet-il de changer l'image et la représentation de l'IA chez les jeunes ?*. Au vu des conclusions apportées aux Hypothèses 4 et 5 il est possible de dire qu'un tel enseignement a des effets positifs sur l'image ainsi que la représentation de l'IA. De plus, la confirmation des Hypothèses 1, 2 et 3 appuient la pertinence de l'enseignement. Il y a toutefois certaines nuances à apporter à cette réponse.

Premièrement, il est important de souligner qu'au final, les résultats des étudiants sortant des activités ne sont toujours pas satisfaisants pour la plupart. Certes, ils présentent une évolution par rapport à ceux obtenus en pré test, mais il reste des lacunes au terme des différentes séquences.

De plus, si l'évolution peut être conséquente vis-à-vis de l'image de l'IA, elle reste modérée pour la représentation. Bien qu'il puisse être expliqué par les biais évoqués dans le Chapitre 8, les résultats d'une classe montrent une régression de la représentation de l'IA des élèves.

Les résultats sont obtenus à partir de séquences comprenant entre deux et trois périodes d'initiation à l'intelligence artificielle. Des séquences plus longues, contenant plus d'activité sur l'IA et mettant en pratique de plus qu'un ou deux domaines de l'IA pourraient donner de meilleurs résultats sur l'image et la représentation qu'en ont les jeunes.

En effet, la confrontation à la conception d'IA simples comme dans l'activité sur la synthèse d'émotion et à celle d'IA plus complexes comme dans l'activité sur la robotique permettrait de faire comprendre aux étudiants qu'une IA peut prendre beaucoup de formes (Section 8.2.2). Il peut s'agir d'un système très complexe ou d'un système très simple.

Cependant, le fait d'allonger les séquences de cours ferait perdre le caractère exceptionnel des activités sur l'IA et l'étudiant pourrait perdre la motivation observée sur ces activités courtes (Section 8.1).

Enfin, les activités qui ont été développées juste avant de mener l'expérience sont toujours en évolution. Une séquence d'apprentissage donnant plus de périodes à l'IA pourrait proposer à l'élève une multitude de domaines de l'IA pour en renforcer sa compréhension dans tout son aspect multidisciplinaire. Cependant, il n'est pas possible de déterminer avec les données récoltées s'il serait plus efficace de mettre en pratique tous les domaines de l'IA abordés plutôt que d'uniquement les aborder lors de l'introduction.

10.2 Futurs travaux

En plus de l'amélioration des activités au fur et à mesure qu'elles sont testées, plus de données sont récoltées sur l'efficacité de ces dernières. À travers ces informations il est possible de déterminer quelles sont les activités les plus efficaces afin de développer des séquences plus adaptées. Un ajustement pourrait être aussi proposé pour des groupes ayant plus de difficultés.

Une nouvelle mise en place de différentes séquences d'enseignement de l'IA pourrait être mise en place, en séparant celles avec et celles sans la mise en pratique plus d'un domaine de l'IA. La mesure de la différence permettrait de montrer l'intérêt de pratiquer dans plusieurs domaines de l'IA pendant son enseignement.

Afin d'affiner la matière de ces activités, il pourrait être utile de réaliser un nouveau sondage sur l'IA. De la même manière que le précédent, il proposerait différentes actions à la différence pour lesquelles le répondant devrait décider s'il s'agit d'IA ou non. Ainsi, il serait possible de mettre en évidence si les jeunes sont capables d'identifier des systèmes contenant de l'IA ou non.

Enfin, l'idéal serait que des professeurs puissent donner de manière autonome ces séquences d'activités tout en y apportant leurs savoirs pédagogiques. En profitant de l'expérience acquise, ils pourraient entamer le développement de nouvelles activités dans de nouveaux domaines de l'IA. Ce renouvellement permettrait de conserver l'intérêt de l'élève au cours des années.

Références

- Anderson, J. E., & Baltès, J. (2009). Using mixed reality to facilitate education in robotics and ai. In *Flairs conference*.
- Arnaldi, N., Barone, C., Fusco, F., Leofante, F., & Tacchella, A. (2016). Autonomous driving and undergraduates : an affordable setup for teaching robotics. In *Airo@ai*ia*.
- Baquiast, J.-P. (2007). *Pour un principe matérialiste fort*. Bayol.
- Bellman, R. (1978). *An introduction to artificial intelligence : Can computers think ?*
- Bennett, B. T. (2017). Teaching artificial intelligence in a multidisciplinary computing environment. *Journal of Computing Sciences in Colleges*, 33(2), 222–228.
- Boisse, S. (2016). *L'esprit et la machine : faut-il avoir peur de l'intelligence artificielle*. Amazon, Kindle.
- Brought, G. (2012). dlife : A java library for multiplatform robotics, ai and vision in undergraduate cs and research. In *Proceedings of the 43rd acm technical symposium on computer science education* (pp. 33–38).
- Bryce, D. (2011). Wumpus world in introductory artificial intelligence. *Journal of Computing Sciences in Colleges*, 27(2), 58–65.
- Burgsteiner, H., Kandlhofer, M., & Steinbauer, G. (2016). Irobot : Teaching the basics of artificial intelligence in high schools. In *Aaai* (pp. 4126–4127).
- Capus, L., Potvin, B., & Tourigny, N. (2002). Retour d'expérience sur l'enseignement de l'intelligence artificielle : vers un environnement d'apprentissage web. In *Technologies de l'information et de la communication dans les enseignements d'ingénieurs et dans l'industrie* (pp. 29–38).
- Charniak, E., Riesbeck, C. K., McDermott, D. V., & Meehan, J. R. (2014). *Artificial intelligence programming*. Psychology Press.
- Chilton, J., & Gini, M. L. (2007). Using the aibos in a cs1 course. In *Aaai spring symposium : Semantic scientific knowledge integration* (pp. 24–28).
- Cohen, P. R., & Feigenbaum, E. A. (2014). *The handbook of artificial intelligence* (Vol. 3). Butterworth-Heinemann.
- Danyluk, A. P. (2004). Using robotics to motivate learning in an ai course for non-majors. In *Aaai spring symposium, march* (pp. 22–24).
- Danyluk, A. P. (2008). Artificial intelligence for non-majors at multiple levels. In *Aaai spring symposium : Using ai to motivate greater participation in computer science* (pp. 20–25).
- DeNero, J., & Klein, D. (2010). Teaching introductory artificial intelligence with pac-man. In *Proceedings of the symposium on educational advances in artificial intelligence* (pp. 1–5).

- Desmoulin-Canselier, S. (2012). Les intelligences non humaines et le droit observations à partir de l'intelligence animale et de l'intelligence artificielle. *Archives de philosophie du droit*, 55, 65–87.
- Dogmus, Z., Erdem, E., & Patoglu, V. (2015). React! : An interactive educational tool for ai planning for robotics. *IEEE Transactions on Education*, 58(1), 15–24.
- Eaton, E. (2017). Teaching integrated ai through interdisciplinary project-driven courses. *AI Magazine*, 38(2).
- Eaton, E., Koenig, S., Schulz, C., Maurelli, F., Lee, J., Eckroth, J., ... others (2017). Blue sky ideas in artificial intelligence education from the eai 2017 new and future ai educator program. *arXiv preprint arXiv:1702.00137*.
- El-Sheikh, E., & Prayaga, L. (2011). Development and use of ai and game applications in undergraduate computer science courses. *Journal of Computing Sciences in Colleges*, 27(2), 114–122.
- Fermé, E., & Fernandes, E. (2007). Crossing the river with robots : Changing the way of working in an ai subject. In *3rd uk workshop on ai and education*.
- Fiorello, C. A., Flanagan, D. P., & Hale, J. B. (2014). The utility of the pattern of the strengths and weaknesses approach. *Learning Disabilities : A Multidisciplinary Journal*, 20(1), 55–59.
- Gadanidis, G., & Gadanidis, G. (2017). Artificial intelligence, computational thinking, and mathematics education. *The International Journal of Information and Learning Technology*, 34(2), 133–139.
- Gemrot, J., Černý, M., & Brom, C. (s. d.). Teaching intelligent virtual agents programming through simulated children's games.
- Greenwald, L., Artz, D., Mehta, Y., & Shirmohammadi, B. (2006). Using educational robotics to motivate complete ai solutions. *AI magazine*, 27(1), 83.
- Haugeland, J. (1989). *Artificial intelligence : The very idea*.
- Heinze, C., Haase, J., & Higgins, H. (2010). An action research report from a multiyear approach to teaching artificial intelligence at the k6 level. In *1st symposium on educational advances in artificial intelligence*.
- Henry J., D. B., Hernalesteen A., & A-S., C. (2018). Que signifie éduquer au numérique? pour une approche interdisciplinaire? *Dans De 0 à 1 ou l'heure de l'informatique à l'école : Actes du colloque Didapro 7 - DidaSTIC*, p. 61-82.
- Irnia. (2016). *Intelligence artificielle, les défis actuels et l'action d'irnria - livre blanc*.
- Kandlhofer, M., et al. (2016). Artificial intelligence and computer science in education : From kindergarten to university. In *Frontiers in education conference (fie), 2016 ieee* (pp. 1–9).
- Klassner, F. (2006). Launching into ai's" october sky with robotics and lisp. *AI magazine*, 27(1), 51.
- Kumar, A. N. (2004). Three years of using robots in an artificial intelligence course : lessons learned. *Journal on Educational Resources in Computing (JERIC)*, 4(3), 2.
- Kumar, A. N. (2005). Lego robots and ai. In *Acm sigcse bulletin* (Vol. 37, pp. 418–418).
- Kumar, A. N. (2006). Using lego robots for traditional projects in the artificial intelligence course. *Journal of Computing Sciences in Colleges*, 21(6), 1–2.

- Kumar, D., Blank, D. S., Balch, T. R., O'Hara, K. J., Guzdial, M., & Tansley, S. (2008). Engaging computing students with ai and robotics. In *Aaai spring symposium : Using ai to motivate greater participation in computer science* (pp. 55–60).
- Kumar, D., & Meeden, L. (1998). A robot laboratory for teaching artificial intelligence. *ACM SIGCSE Bulletin*, 30(1), 341–344.
- Kurzweil, R., Richter, R., Kurzweil, R., & Schneider, M. L. (1990). *The age of intelligent machines* (Vol. 579). MIT press Cambridge.
- Lautrey, J. (2006). Cent ans après binet : quoi de neuf sur l'intelligence de l'enfant? *Bulletin de psychologie*(1), 133–143.
- Legg, S., & Hutter, M. (2007). Universal intelligence : A definition of machine intelligence. *Minds and Machines*, 17(4), 391–444.
- Luger, G. F. (2005). *Artificial intelligence : structures and strategies for complex problem solving*. Pearson education.
- Martin, F. G. (2007). Real robots don't drive straight. In *Aaai spring symposium : Semantic scientific knowledge integration* (pp. 90–94).
- Mattew, D., Alexander, G., & Latiff, S. (2010). *Artificial intelligence through the eye of the public*.
- McGovern, A., Tidwell, Z., & Rushing, D. (2011). Teaching introductory artificial intelligence through java-based games. In *Aaai symposium on educational advances in artificial intelligence, north america*.
- Nilsson, N. J. (1998). *Artificial intelligence : a new synthesis*. Elsevier.
- Poole, D., Mackworth, A., & Goebel, R. (1998). *Computational intelligence : a logical approach*.
- Ribeiro, P. M. P., Simões, H., & Ferreira, M. (2009). Teaching artificial intelligence and logic programming in a competitive environment. *Informatics in Education*, 8(1), 85–100.
- Rich, E., & Knight, K. (1991). *Artificial intelligence*. McGraw-Hill. Consulté sur <https://books.google.be/books?id=eH9QAAAAMAAJ>
- Riedl, M. O. (2015). A python engine for teaching artificial intelligence in games. *arXiv preprint arXiv :1511.07714*.
- Russell, S., & Norvig, P. (2010). *Intelligence artificielle : Avec plus de 500 exercices*. Pearson Education France.
- Russell, S., Norvig, P., & Intelligence, A. (1995). A modern approach. *Artificial Intelligence. Prentice-Hall, Egnlewood Cliffs*, 25(27), 79–80.
- Sintov, N., Kar, D., Nguyen, T., Fang, F., Hoffman, K., Lyet, A., & Tambe, M. (2017). Keeping it real : Using real-world problems to teach ai to diverse audiences. *AI Magazine*, 38(2).
- Sintov, N., Kar, D., Nguyen, T. H., Fang, F., Hoffman, K., Lyet, A., & Tambe, M. (2016). From the lab to the classroom and beyond : Extending a game-based research platform for teaching ai to diverse audiences. In *Aaai* (pp. 4107–4112).
- Sklar, E., Parsons, S., & Azhar, M. (2007). Robotics across the curriculum. In *Aaai spring symposium : Semantic scientific knowledge integration* (pp. 142–147).
- Sosnowski, S., Ernsberger, T., Cao, F., & Ray, S. (2013). Sepia : a scalable game environment for artificial intelligence teaching and research. In *Proceedings of the 27th aaai conference on artificial intelligence*.
- Stansbury, R. S. (2010). Enhancing student learning in artificial intelligence using robotics. In *Ieee southeastcon 2010 (southeastcon), proceedings of*

- the (pp. 168–171).
- Straub, J., Kerlin, S., & Kim, E. (2017). Analysis of student characteristics and feeling of efficacy in a first undergraduate artificial intelligence course. *Submitted to the Journal of Educational Computing Research*.
- Sweeney, L. (2003). That's ai? : a history and critique of the field.
- Talaga, P., & Oh, J. C. (2009). Combining aima and lego mindstorms in an artificial intelligence coursetobuild realworldrobots. *Journal of Computing Sciences in Colleges*, 24(3), 56–64.
- Taylor, M. E. (2011). Teaching reinforcement learning with mario : An argument and case study. In *Proceedings of the second symposium on educational advances in artificial intelligence* (pp. 1737–1742).
- Tirri, K., & Nokelainen, P. (2012). *Measuring multiple intelligences and moral sensitivities in education* (Vol. 5). Springer Science & Business Media.
- Tisseron, S. (2015). *Le jour où mon robot m'aimera : vers l'empathie artificielle*. Albin Michel.
- Turing, A. (1950). Computing machinery and intelligence. *mind* lix (236) : 433–460. *Reprinted as*, 40–66.
- Veliz, O., Gutierrez, M., & Kiekintveld, C. (2016). Teaching automated strategic reasoning using capstone tournaments. In *Aaai* (pp. 4134–4135).
- Weinberg, J. B., Yu, W., Wheeler-Smith, K., Knight, R., Mead, R., Berstein, I., ... Webster, D. (2008). Making intelligent walking robots accessible to educators : A brain and sensor pack for legged mobile robots. In *The 2008 association for the advancement of artificial intelligence (aaai-08) workshop on ai education*.
- Wiesner, B., & Brinda, T. (2007). Erfahrungen bei der vermittlung algorithmischer grundstrukturen im informatikunterricht der realschule mit einem robotersystem. In *Infos* (pp. 113–124).
- Winston, P. (1992). *Artificial intelligence*. Addison-Wesley Publishing Company. Consulté sur <https://books.google.be/books?id=b4owngEACAAJ>
- Wollowski, M., Neller, T., & Boerkoel, J. (2017). Artificial intelligence education. *AI Magazine*, 38(2).
- Wollowski, M., Selkowitz, R., Brown, L. E., Goel, A. K., Luger, G., Marshall, J., ... Norvig, P. (2016). A survey of current practice and teaching of ai. In *Aaai* (pp. 4119–4125).
- Wong, D., Zink, R., & Koenig, S. (2010). Teaching artificial intelligence and robotics via games. In *Proc. of the eaii symposium*.
- Yoon, D.-M., & Kim, K.-J. (2015). Challenges and opportunities in game artificial intelligence education using angry birds. *IEEE Access*, 3, 793–804.
- Zhang, H., Gao, G., Li, W., Zhong, C., Yu, W., & Wang, C. (2012). Botzone : A game playing system for artificial intelligence education. In *Proceedings of the international conference on frontiers in education : Computer science and computer engineering (fecs)* (p. 1).
- Zhou, H., Zhou, Y., Zhang, H., Huang, H., & Li, W. (2017). Botzone : a competitive and interactive platform for game ai education. In *Proceedings of the acm turing 50th celebration conference-china* (p. 6).

Annexe A

Réponses au questionnaire à choix multiples

Action	État actuel d'avancement.
Établir un diagnostic médical	<p>Seulement en cours de finalisation. Utilisé pour aider le diagnostic et aider mais pas remplacer les médecins.</p> <p>Source : http://www.numerama.com/sciences/188174-une-ia-detecte-sur-une-patiente-une-leucemie-rare-ratee-par-les-medecins.html</p>
Détecter des logiciels qui pourraient être dangereux pour votre ordinateur	<p>Déjà utilisé depuis un petit temps.</p> <p>Source : Koushal Kumar, Gour Sundar Mitra Thakur, "Advanced Applications of Neural Networks and Artificial Intelligence: A Review", IJITCS, vol.4, no.6, p.62, 2012.</p>
Découvrir de nouveaux usages pour les médicaments existants	<p>Récent, mais en utilisation dans des startups.</p> <p>Source : https://www.technologyreview.com/s/603384/machine-vision-helps-spot-new-drug-treatments/</p>
Déceler dans un texte la réponse à une question précise	<p>Accessible pour tous via google</p> <p>Source : https://www.wired.com/2016/11/googles-search-engine-can-now-answer-questions-human-help/</p>
Trouver un chemin entre de nombreux points le plus court possible et, ce, le plus rapidement possible	<p>Ni une IA, ni un humain ne sera capable à tous les coups de résoudre ce problème connu sous le nom du voyageur de commerce. Cependant la réponse optimale est souvent approchée via des simplifications du problème.</p> <p>Source : http://oro.univ-nantes.fr/oro/sujets-09-10/terbarthelemvetal_rapport.pdf</p>
Gérer un trafic routier	<p>Avant les années 2000 ce genre de modèles étaient déjà imaginés. S'il reste des bouchons sur les routes c'est surtout un souci de mise en application. Rediriger les utilisateurs serait une gêne pour les usagers et donc pas mis en pratique.</p> <p>Source: SADEK, Adel, SMITH, Brian, et DEMETSKY, Michael. Artificial intelligence-based architecture for real-time traffic flow management. <i>Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board</i>, 1998, no 1651, p. 53-58.</p>
Concevoir l'architecture d'un immeuble (dessiner les plans du bâtiment)	<p>Possibilité de générer les plans de maisons passives, cependant l'esthétique laisse parfois à désirer.</p> <p>Source : CALDAS, Luisa. Generation of energy-efficient architecture solutions applying GENE_ARCH: An evolution-based generative design system. <i>Advanced Engineering Informatics</i>, 2008, vol. 22, no 1, p. 59-70.</p>
Aider à l'apprentissage de langues ou d'autres matières	<p>Bon nombre d'applications sont présente. Beaucoup se basent sur de l'autodidactie (Ex : Duolingo...). Dans l'enseignement général cela est peu utilisé (manque de données, de matériel, de recherches et peur de remplacement de l'enseignant donc pas de collaboration...)</p> <p>Source : ALLEN, Richard, DESMOULINS, Cyrille, et TRILLING, Laurent. Tuteurs Intelligents et Intelligence Artificielle: problèmes posés</p>

	en construction de figures géométriques. In : <i>Intelligent Tutoring Systems</i> . Springer Berlin/Heidelberg, 1992. p. 325-334.
Traduire un texte d'une langue à une autre	L'exemple google traduction. Source : www.traduction.google.be
Reproduire le fonctionnement du cerveau humain	BlueBrain est un projet qui a pour but de le faire. Un cerveau de rat a déjà été reproduit et ont un budget de recherche qui s'étend jusque 2013. Source : http://www.artificialbrains.com/blue-brain-project#news
Dessiner des choses simples (logos, icônes...)	Des startups ont même développé une IA capable de générer des logos. Source : https://www.indiehackers.com/businesses/logojoy GANJI, Shruti et NAYANA, Kamala. Upgrading human brain to blue brain. <i>Information Technology</i> , 2015, vol. 3, p. 4.
Draguer	Un agent conversationnel a déjà été programmé sur OnCupid (application de rencontre). Source : https://www.nbcnews.com/tech/internet/robot-romeo-charms-women-okcupid-n181886
Gérer un agenda	La plateforme https://x.ai est un bon exemple.
Donner les bons numéros pour la prochaine cagnotte de l'EuroMillions	Mathématiquement impossible.
Manipuler les pensées d'un humain	C'est impossible. Cependant, des techniques d'interface homme machine (expression d'émotions... tournures de phrases...) ainsi que la reconnaissance prédictive de gestes (basés sur certaines mimiques, anticiper les mouvements) sont utilisées pour pousser l'utilisateur à faire certaines actions.
Trouver en un seul essai le chemin le plus court possible pour la sortie d'un labyrinthe inconnu	Problème reconnu comme étant insoluble.
Reconnaître des visages humains	FaceUnlock de Apple
Comprendre les centres d'intérêt d'un utilisateur	Amazon et sa sélection de produits
Diriger une entreprise	C'est possible, cependant, beaucoup de ces IA sont utilisées pour aider les dirigeants d'entreprises, avoir une vision différente.
S'entraîner/s'améliorer	C'est le principe de l'apprentissage machine. Ces IA apprennent sur base d'exemples et d'expériences qui sont parfois les leurs.
Ecrire un livre	Les machines sont déjà depuis un petit temps capable d'écrire des choses sémantiquement viables. Elles ne seront pas d'une qualité narrative exceptionnelle. Mais c'est cohérent. Après l'anglais a plus de chance de fonctionner mieux. Source : BRINGSJORD, Selmer et FERRUCCI, David. <i>Artificial intelligence and literary creativity: Inside the mind of brutus, a storytelling machine</i> . Psychology Press, 1999.

	https://motherboard.vice.com/en_us/article/vvbxxd/the-poem-that-passed-the-turing-test
Faire de l'analyse politique	Déjà en 2002, des recherches sont commencées sur ce qui mène actuellement à l'analyse politique : la catégorisation automatique de textes. En effet, cette application de l'IA s'appuie aussi sur la sémantique des mots lors de son analyse. Source : SEBASTIANI, Fabrizio. Machine learning in automated text categorization. <i>ACM computing surveys (CSUR)</i> , 2002, vol. 34, no 1, p. 1-47.
Jouer à Super Mario	Ceci est un exemple d'une vraie IA jouant à SMB https://www.youtube.com/watch?v=qv6UVOQ0F44
Lire sur les lèvres	C'est possible : Source : https://www.technologyreview.com/s/602949/ai-has-beaten-humans-at-lip-reading/
Créer une autre intelligence artificielle capable d'apprendre par elle-même	C'est possible : Source : https://www.technologyreview.com/s/603381/ai-software-learns-to-make-ai-software/
Jouer au Poker	C'est possible : Source : https://www.wired.com/2017/02/libratus/
Faire des recherches juridiques pour des dossiers spécifiques	C'est possible : Source : https://futurism.com/artificially-intelligent-lawyer-ross-hired-first-official-law-firm/
Pulvériser le minimum de pesticide sur un champ en fonction de l'activité des insectes	C'est possible : Source : https://www.wired.com/2016/05/future-humanitys-food-supply-hands-ai/
Créer de la musique	C'est possible : Source : https://thenextweb.com/artificial-intelligence/2017/02/11/how-creative-ai-can-change-the-future-of-music-for-everyone/
Reconnaître les émotions dans la voix de quelqu'un	C'est possible : Source : http://www.wired.co.uk/article/microsoft-predict-emotions-artificial-intelligence
Identifier une météo potentiellement dangereuse (orage, verglas...)	C'est possible : Source : https://www.nextplatform.com/2016/05/18/climate-research-first-push-deep-learning-traditional-supercomputers/
Se rebrancher soi-même en cas de manque de batterie	Oui, les tondeuses ou aspirateurs robots peuvent avoir ce genre de fonctionnalités

Recomposer des images floues ou pixelisées	<p>C'est possible :</p> <p>Source : https://www.theguardian.com/technology/2017/feb/08/google-ai-system-pixelated-faces-csi?CMP=tw_t_a-technology_b-gdntech</p>
Jouer aux échecs	<p>C'est possible :</p> <p>Source : https://medium.freecodecamp.org/simple-chess-ai-step-by-step-1d55a9266977</p>
Cuisiner	<p>C'est possible :</p> <p>Source : https://www.newyorker.com/magazine/2016/11/28/cooking-with-chef-watson-ibms-artificial-intelligence-app</p>
Détecter les problèmes dans le code génétique d'un être vivant	<p>C'est possible :</p> <p>Source : https://www.forbes.com/sites/jenniferhicks/2016/07/27/artificial-intelligence-and-data-driven-medicine/#145496853069</p>
Faire marcher un robot sur deux jambes quel que soit le terrain à vitesse normale	<p>Les laboratoires Boston Dynamics développent des robots qui commencent à parvenir à ce genre de choses.</p> <p>Source : https://www.youtube.com/user/BostonDynamics</p>
Éprouver des sentiments	<p>Un robot ne peut pour le moment pas ressentir d'émotions et donc pas éprouver des sentiments.</p> <p>il ne s'agit que de modéliser et de faire « comme si » avec des règles les plus logiques possible par rapport à notre réalité.</p>
Conduire une voiture	<p>C'est possible :</p> <p>Source : https://www.dezeen.com/2016/02/12/google-self-driving-car-artificial-intelligence-system-recognised-as-driver-usa/</p>
Reconnaître et exprimer des émotions	<p>La reconnaissance d'émotions commence à être au point, que ça soit par la voix, par le visage. Le seul problème qui reste toujours contesté est leur classification.</p> <p>Source : http://www.wired.co.uk/article/microsoft-predict-emotions-artificial-intelligence http://www.beyondverbal.com/ OCHS, Magalie, NIEWIADOMSKI, Radoslaw, PELACHAUD, Catherine, <i>et al.</i> Expressions intelligentes des émotions. <i>Revue d'intelligence artificielle</i>, 2006, vol. 20, no 4-5, p. 607-620.</p>
Se (re)construire ou se réparer	<p>C'est possible d'un point de vue logiciel :</p> <p>Source : KABLANIAN, Adam, ANDERSON, Thomas P., LE, Chuong T., <i>et al.</i> <i>Built-in self repair system for embedded memories</i>. U.S. Patent No 5,764,878, 9 juin 1998.</p>
Parler	<p>C'est possible :</p> <p>Source : https://deepmind.com/blog/wavenet-generative-model-raw-audio/ OORD, Aaron van den, DIELEMAN, Sander, ZEN, Heiga, <i>et al.</i> Wavenet: A generative model for raw audio. <i>arXiv preprint arXiv:1609.03499</i>, 2016.</p>

Prédire la météo jusqu'à 30 jours à l'avance

La météo surtout à si longue échelle, répond à la théorie du chaos... il est impossible pour une IA de prévoir la météo autant à l'avance. Au mieux elle donnera des résultats probables sur une région géographique de taille assez conséquente.

Source :

<http://www.meteofrance.fr/prevoir-le-temps/la-prevision-du-temps/les-echeances-et-limites-de-la-prevision>

Reconnaître des empreintes digitales

Déjà utilisé sur bon nombre de smartphones et ordinateurs.

Annexe B

Résultats de l'enquête pour le public universitaire

Résultat pour la définition	Type de définition selon Russel	Pensez-vous que l'arrivée de l'IA soit plutôt positive, neutre ou négative pour votre métier ?	Vous êtes...	Âge ?	Étudiant ?	Métier ou études	Notions de programmation ?	Plus haut diplôme obtenu ?
	4	Raisonnement Humain	2 H	45	Non	policier	0	CESDD
	4	Raisonnement Humain	2 F	50	Non	infirmière	0	BAC
	2		4 H	19	Oui	Économie	1	CESS
	4	Raisonnement Humain	4 H	22	Oui	Informatique	1	BAC U
	2		0 F	18	Oui	pharmacienne	0	CESS
	3		2 F	19	Oui	Historienne	0	CESS
	3		4 H	24	Oui	Data Scientist	1	BAC U
	4	Raisonnement Idéal	4 F	20	Oui	Biologie cellulaire	0	BAC U
	4	Comportement Humain	3 H	22	Oui	Biologie - Génomique f	1	BAC U
	4	Raisonnement Idéal	2 F	21	Oui	Pharmacienne	0	CESS
	1		0 H	38	Oui	expert financier	1	BAC
	1		4 H	22	Oui	Manager de gestion	0	BAC U
	4	Raisonnement Idéal	4 H	26	Non	Ingénieur de recherche	1	BAC
	4	Comportement Humain	3 F	29	Oui	Chercheuse, Managem	1	MA
	4	Comportement Idéal	2 F	23	Oui	Etudiant / Informaticien	1	BAC U
	3		4 H	19	Oui	Ingénieur de gestion	0	CESS
	3		3 H	33	Oui	Je travaille en Titre-Ser	1	CESS
	3		4 H	21	Oui	moine	0	CESS
	3		4 H	21	Oui	Culturel	0	CESS
	3		2 H	23	Oui	Physique	1	BAC U
	0		3 H	18	Oui	Bio-chimie	0	CESS
	3		4 F	23	Oui	Marketing Analytique	0	MA
	3		2 F	26	Non	Doctorante biologiste	0	MA
	0		2 F	23	Oui	Dans le domaine de la	1	MA
	3		4 H	20	Oui	Informatique	1	CESS
	3		4 H	21	Oui	Microbiologie	1	BAC U
	3		3 H	21	Oui	Informatique / ML	1	BAC U
	3		2 F	26	Oui	Enseignement	1	MA
	1		1 H	24	Oui	Doctorat en Sciences	0	MA
	3		2 F	21	Oui	computer science	1	BAC U
	3		2 H	27	Oui	commercial	1	BAC
	1		2 F	19	Oui	Vétérinaire	0	CESS
	0		4 H	19	Oui	Historien	1	CESS
	4	Raisonnement Idéal	4 H	23	Non	Doctorant en sciences	1	MA
	1		3 F	18	Oui	étude en communicatio	0	CESS
	4	Comportement Humain	2 F	18	Oui	Géographe	0	CESS
	4	Comportement Humain	2 F	35	Oui	Assistante/ étudiante	0	MA
	0		2 F	30	Oui	Economiste	0	MA
	4	Raisonnement Idéal	0 F	19	Oui	Droit	1	CESS
	1		2 H	18	Oui	Un métier dans l'inform	1	CESS
	1		4 F	18	Oui	Biologiste	1	CESS
	1		2 F	21	Oui	Vétérinaire	0	CESS
	1		4 H	19	Oui	Juge/avocat	0	CESS
	0		2 F	18	Oui	Domaine médical	0	CESS
	3		2 F	19	Oui	Pharmacien	0	CESS
	1		4 H	47	Oui	Informatique	0	BAC 5
	0		2 H	19	Oui	Historien	0	CESS
	4	Comportement Idéal	4 H	29	Oui	Métier actuel : Biologie,	1	MA
	3		4 H	18	Oui	Consultance, assuranc	1	CESS
	4	Comportement Humain	3 F	22	Oui	Technologie, digital	1	BAC 5
	1		2 F	18	Oui	Economique	0	CESS
	0		3 F	19	Oui	Politologue	0	CESS
	0		2 F	20	Oui	Politologue	1	CESS
	0		3 F	18	Oui	étude: ingénieur de ges	1	CESS
	4	Raisonnement Idéal	2 F	33	Oui	Enseignement / reche	1	MA
	1		4 H	21	Oui	Historien	1	CESS
	4	Comportement Idéal	0 F	21	Oui	Biologiste - chercheur	0	BAC
	0		3 H	21	Oui	Un poste dans la gestic	1	BAC U
	3		3 H	19	Oui	informaticien	1	CESS
	3		2 H	22	Oui	Associé de recherche c	1	BAC U
	3		4 F	29	Oui	doctorat	0	MA
	3		3 H	24	Oui	Droit	0	BAC U
	4	Raisonnement Idéal	1 H	20	Oui	métier juridique	1	CESS
	0		2 F	22	Oui	Industries chimiques	1	BAC U
	3		0 F	25	Oui	Droit	1	MA
	1		4 F	18	Oui	Renseigner, aider des j	0	CESS
	3		0 F	19	Oui	Enseignante en langue	0	CESS
	3		0 F	25	Oui	Enseignante en scienc	1	BAC
	1		3 F	20	Oui	juriste/ étude de droit	0	CESS
	4	Raisonnement humain	1 F	21	Oui	Médecine	0	CESS
	3		2 F	18	Oui	Vétérinaire	0	CESS
	1		4 H	38	Oui	Informaticien	1	BAC U
	1		2 H	18	Oui	Médecin	0	CESS
	4	Comportement Idéal	2 H	25	Oui	Avocat	0	MA
	4	Comportement Idéal	2 F	18	Oui	Pharmacien dans la rec	0	CESS
	0		0 H	20	Oui	aéronautique	1	CESS
	4	Raisonnement Idéal	3 F	17	Oui	ingénieur de gestion	0	CESS

4 Comportement Idéal	2 F	37 Oui	Employé, me destine	0 CESS
4 Comportement Humain	2 H	20 Oui	Informatique	1 CESS
1	2 H	21 Oui	Chimiste	1 CESS
0	4 F	20 Oui	Avocat	0 CESS
0	2 H	18 Oui	édition	0 CESS
3	3 F	19 Oui	vétérinaire	0 CESS
3	3 F	20 Oui	avocat	0 CESS
3	4 H	19 Oui	Science Biomedicale	0 CESS
3	1 F	24 Oui	Juriste d'entreprise	0 BAC U
4 Raisonnement Idéal	2 F	20 Oui	Biologiste	1 CESS
3	3 H	19 Oui	Politicien	0 CESS
4 Raisonnement Idéal	2 H	18 Oui	Biologiste	0 CESS
4 Raisonnement Idéal	2 F	19 Oui	Un métier de la justice	0 CESS
3	4 F	18 Oui	Médecin vétérinaire	0 CESS
1	4 H	35 Oui	Analyste/Développeur	1 BAC
1	1 F	20 Oui	Juriste	0 CESS
3	4 F	17 Oui	Pharmacienne	1 CESS
3	4 F	20 Oui	Médecine	0 CESS
3	0 F	20 Oui	zoologue	0 CESS
4 Comportement Humain	2 H	33 Oui	analyste développeur	1 BAC
3	2 F	18 Oui	chimiste	0 CESS
2	2 F	18 Oui	vétérinaire	0 CESDD
4 Comportement Humain	2 F	19 Oui	Travailler dans les ress	1 CESS
4 Raisonnement Idéal	2 H	22 Oui	Recherche en Biotechn	1 CESS
0	4 F	19 Oui	travaux de recherches	0 CESS
3	4 F	18 Oui	Dans le domaine de l'in	1 CESS
0	3 F	43 Oui	Juriste	0 Licence
3	4 H	20 Oui	Chef de Projet	1 CESS
3	2 H	22 Oui	Chercheur en laboratoi	1 BAC U
0	2 F	18 Oui	vétérinaire	0 CESS
1	1 H	26 Oui	Enseignant secondaire	1 CESS
1	1 F	18 Oui	Informatique	0 CESDD
4 Raisonnement Idéal	2 F	18 Oui	Journaliste	0 CESS
0	3 F	20 Oui	Vétérinaire	0 CESS
3	3 H	18 Oui	Recherches médicales	0 CESS
4 Raisonnement Idéal	1 F	18 Oui	Un métier dans le domi	0 CESDD
0	4 F	18 Oui	juriste	0 CESS
1	4 H	26 Non	Assistant-doctorant	1 MA
3	4 F	23 Oui	Informatique	1 BAC
4 Raisonnement humain	4 F	18 Oui	Gestionnaire (ressourc	0 CESS
4 Raisonnement humain	2 F	18 Oui	vétérinaire	0 CESS
0	2 F	18 Oui	Vétérinaire	0 CESS
1	0 F	18 Oui	Pharmacienne	0 CESS
3	4 H	19 Oui	Etudes de physique	1 CESS
3	2 H	22 Oui	Software engineering	1 CESS
1	4 H	72 Oui	ingénieur	1 BAC 5
3	4 H	21 Oui	Ingenieur en Informatiq	1 BAC
1	2 F	22 Oui	dans le droit	0 CESS
1	4 F	20 Oui	Ingénieur de gestion	0 CESS
3	2 F	19 Oui	Professeur	0 CESS
3	1 F	18 Oui	La médecine vétérinain	1 CESS
0	4 F	18 Oui	Vétérinaire	0 CESS
3	4 F	23 Oui	statisticienne	1 BAC U
3	4 F	23 Oui	Biologiste	1 BAC U
3	0 F	18 Oui	Dans le domaine de la	0 CESS
3	4 H	18 Oui	Professeur d'histoire	0 CESS
4 Raisonnement humain	2 F	19 Oui	Vétérinaire	1 CESS
3	2 F	19 Oui	informaticien	1 CESS
3	2 H	19 Oui	Chercheur en sciences	0 CESS
1	2 H	20 Oui	Le monde juridique	1 CESS
0	4 H	35 Oui	R&D robotique, ingénie	1 BAC
4 Raisonnement humain	2 F	19 Oui	Je me destine à un trav	0 CESS
4 Raisonnement Idéal	3 F	28 Oui	droit	0 CESS
3	0 H	20 Oui	Étudiant en droit	0 CESS
3	2 H	36 Oui	Analyste stratégique &	1 MA
3	0 F	18 Oui	Vétérinaire	0 CESS
1	1 H	17 Oui	Programmeur	1 CESS
2	2 H	19 Oui	Biologiste	1 CESS
0	2 H	25 Oui	Doctorat biologie	0 MA
4 Raisonnement Idéal	2 H	19 Oui	biologiste	0 CESS
1	2 F	20 Oui	médecine vétérinaire	1 CESS
4 Comportement Humain	2 F	22 Oui	Consultance	1 BAC U
4 Raisonnement humain	4 F	18 Oui	Médecin	0 CESDD
0	4 H	44 Oui	Enseignant	1 BAC
0	4 H	21 Oui	Je me destine probable	0 CESS
1	2 F	18 Oui	Pharmacie	0 CESS
0	0 F	27 Oui	Banquier	0 BAC
3	2 H	22 Oui	policier ou juge	0 BAC U
4 Raisonnement Idéal	2 F	18 Oui	Études médicales/vété	0 CESS
1	2 F	19 Oui	conservatrice	0 CESS
0	2 H	17 Oui	études en histoire	0 CESS

0	0 F	22 Oui	Consultance marketing	0 BAC U
3	1 F	17 Oui	journaliste	1 CESS
3	4 F	19 Oui	Ingénieur de gestion	0 CESS
1	2 F	28 Oui	professeur ou archéolo	1 CESS
0	0 H	23 Oui	juriste	0 CESS
1	4 F	18 Oui	étudiante	0 CESS
1	2 F	20 Oui	Droit	0 CESS
3	4 F	20 Oui	Chimiste	0 CESS
0	4 F	20 Oui	science, biologie	0 CESS
4 Raisonnement humain	4 H	18 Oui	chimie	1 CESS
4 Comportement Humain	4 F	20 Oui	vétérinaire	1 CESS
0	2 F	18 Oui	Professeur de français	0 CESS
4 Raisonnement Idéal	2 F	18 Oui	Médecine / Sciences bi	0 CESS
4 Raisonnement Idéal	0 H	46 Oui	Ingénieur IT conscient	1 MA
3	3 H	23 Oui	Data scientist	1 BAC
2	1 F	18 Oui	Vétérinaire	0 CESS
0	2 F	18 Oui	Medecin	0 CESS
4 Raisonnement humain	4 F	19 Oui	Médecin	0 CESS
2	4 H	18 Oui	Informatique	1 CESS
4 Raisonnement humain	0 F	20 Oui	Romanes	0 CESS
3	3 F	29 Non	Doctorante	0 MA
1	0 F	18 Oui	Veterinaire	0 CESDD
4 Comportement Humain	4 H	19 Oui	Les sciences chimiques	1 CESS
1	4 F	18 Oui	Journalisme	0 CESS
4 Comportement Humain	3 F	21 Oui	A la médecine	0 BAC U
4 Raisonnement humain	4 F	19 Oui	Biologiste	0 CESS
1	4 H	21 Oui	Recherche en Astronor	1 BAC U
3	2 H	23 Oui	Etudiant en droit des nc	1 MA
0	2 H	21 Oui	Gestion des Ressourc	0 CESS
3	0 H	18 Oui	Ingénieur de gestion / c	1 CESS
4 Raisonnement humain	2 H	18 Oui	Sécurité en informatiqu	1 CESS
0	4 F	18 Oui	Pharmacie	1 CESS
2	0 H	20 Oui	juriste	0 CESDD
3	2 F	20 Oui	La politique	0 CESS
4 Comportement Humain	2 F	18 Oui	Médecin	0 CESS
3	0 F	18 Oui	Juriste	0 CESS
4 Comportement Humain	0 F	17 Oui	professeur ou un méti	0 CESS
4 Raisonnement humain	4 H	20 Oui	chimiste	0 CESS
4 Raisonnement humain	0 H	18 Oui	Géologue	1 CESS
1	3 H	18 Oui	Médecine	1 CESS
0	4 H	20 Oui	Dans l'informatique	1 CESS
1	1 F	20 Oui	Etude de droit	0 CESS
3	1 F	20 Oui	Informaticien	1 CESS
1	0 H	20 Oui	écologie	1 CESS
1	0 H	21 Oui	Medecine	1 BAC U
0	1 H	30 Oui	Inspecteur de Police/Aç	1 BAC
4 Raisonnement humain	2 F	21 Oui	Dans le monde juridiqu	0 BAC U
2	3 F	21 Oui	Dans le domaine des la	0 CESS
3	3 H	20 Oui	Biologiste	0 CESS
4 Comportement Idéal	4 H	18 Oui	Entrepreneuriat	1 CESS
3	4 F	17 Oui	Vétérinaire	0 CESS
3	2 F	22 Oui	Software engineer + m	1 BAC
1	4 F	20 Oui	Médecin	0 CESS
1	2 H	17 Oui	prof de chimie	0 CESS
3	1 F	17 Oui	Médecine vétérinaire	0 CESS
4 Raisonnement humain	4 H	21 Oui	Cadre	0 BAC U
1	2 F	18 Oui	biologiste marin	1 CESS
4 Raisonnement humain	2 H	19 Oui	Science économie et d	0 CESS
3	2 F	18 Oui	Médecine Vétérinaire	1 CESS
3	0 F	18 Oui	Chercheur en neuropsy	1 CESS
3	3 H	23 Oui	Médecin	0 MA
4 Raisonnement humain	4 F	19 Oui	vétérinaire	1 CESDD
2	3 H	18 Oui	Je souhaite exercer le	0 CESS
4 Raisonnement Idéal	3 H	20 Oui	bonne question	1 CESS
1	4 H	18 Oui	Mathématicien/Statistic	1 CESS
4 Raisonnement humain	2 H	22 Oui	Informatique (analyste	1 BAC
4 Raisonnement humain	4 F	18 Oui	Pharmacie en industrie	0 CESS
3	2 F	18 Oui	Droit	0 CESDD
3	2 F	23 Oui	Gestion des ressources	0 MA
3	2 F	18 Oui	Chimiste	1 CESS
1	1 H	18 Oui	Médecin	1 CESS
1	2 F	20 Oui	Juriste	0 CESS
3	0 F	19 Oui	veterinaire	0 CESS
3	0 H	17 Oui	Entrepreneur	0 CESS
0	2 F	20 Oui	Histoire	0 CESS
1	0 F	20 Oui	étudiante (aucune idée	0 CESS
4 Raisonnement Idéal	2 F	17 Oui	Domaine de la psychol	1 CESDD
4 Raisonnement Idéal	0 H	19 Oui	Chimiste	0 CESS
1	2 F	19 Oui	veterinaire	1 CESS
0	4 F	18 Oui	médecine vétérinaire	0 CESS
1	4 H	18 Oui	Informatique (Analyste/	1 CESS

1	4 F	19 Oui	vétérinaire	0 CESS
4 Comportement Humain	4 H	18 Oui	Historien	0 CESS
4 Comportement Idéal	3 H	20 Oui	Informaticien, mais je n	1 CESS
3	4 F	19 Oui	ingénieur de gestion	0 CESS
1	1 H	19 Oui	Droit	1 CESS
1	4 H	34 Oui	Développeur Java	1 MA
4 Raisonnement humain	2 F	19 Oui	Vétérinaire	0 BAC
1	H	20 Oui	La mise en place de no	1 BAC U
2	2 H	21 Oui	L'organisation événem	0 BAC
3	3 H	21 Oui	Chimiste	0 CESS
0	4 F	19 Oui	étudiant sciences politir	1 CESS
3	3 H	21 Oui	Programmeur	1 CESS
1	0 F	20 Oui	Métier juridique	0 CESS
0	2 H	20 Oui	Avocat spé. droit de l'e	0 CESS
2	4 H	22 Oui	enseignant	0 CESS
4 Raisonnement humain	2 F	20 Oui	Dans l'histoire de l'art	0 CESS
2	4 H	20 Oui	Chercheur	1 CESS
1	2 F	19 Oui	Historienne, spécialisat	0 CESS
3	0 F	21 Oui	juriste	0 CESS
1	3 F	17 Oui	Médecine	1 CESS
2	2 H	18 Oui	Vétérinaire	0 CESS
4 Comportement Humain	3 H	18 Oui	Chimie	0 CESDD
1	3 F	21 Oui	médecine	0 CESS
3	4 F	20 Oui	Spécialiste en cyberséc	1 CESS
4 Raisonnement Idéal	2 F	20 Oui	Vétérinaire	1 CESS
4 Raisonnement humain	4 H	18 Oui	Programmeur	1 CESS
4 Comportement Humain	4 H	22 Oui	Data Scientist	1 CESS
0	3 H	19 Oui	forces spéciales	0 CESS
1	2 H	19 Oui	Recherche sur l'intellig	1 CESS
3	4 F	20 Oui	Vétérinaire	0 CESS
3	4 H	18 Oui	Recherche médicale	0 CESS
4 Raisonnement Idéal	4 F	19 Oui	Biologiste	0 CESS
3	4 H	21 Oui	Vétérinaire	1 BAC U
1	2 F	21 Oui	Medecine	0 CESS
4 Raisonnement humain	2 H	23 Non	Développeur	1 BAC
4 Raisonnement humain	3 F	18 Oui	médecin	0 CESS
4 Raisonnement humain	3 F	21 Oui	Recherche scientifique	0 CESS
3	2 F	18 Oui	biomédical (recherche)	0 CESS
4 Raisonnement humain	2 F	18 Oui	banque	0 CESS
4 Raisonnement Idéal	1 F	22 Oui	Professeur dans le sec	0 CESS
1	2 F	19 Oui	Enseignante en langue	0 CESS
3	4 F	21 Oui	recherche- Sciences Bi	1 CESDD
0	0 F	19 Oui	faculté de médecine	0 CESS
1	4 F	18 Oui	Avocate	1 CESS
3	4 H	18 Oui	Médecin ou chercheur	1 CESS
4 Raisonnement humain	3 F	20 Oui	Historienne	0 CESS
3	3 F	18 Oui	Professeur d'histoire	0 CESS
3	0 H	20 Oui	Professeur d'histoire	0 CESS
4 Raisonnement Idéal	3 H	19 Oui	Historien	0 CESS
3	2 H	23 Oui	Avocat	1 MA
2	1 H	19 Oui	Un métier juridique	0 CESS
4 Raisonnement Idéal	1 F	20 Oui	MEDECINE	0 CESS
3	2 H	22 Oui	Physique	1 CESS
4 Raisonnement humain	3 H	18 Oui	vétérinaire	0 CESS
1	4 H	18 Oui	Chercheur	0 CESS
3	2 F	18 Oui	les sciences économiq	1 CESS
1	2 H	18 Non	Informatique	1 CESS
1	4 F	21 Oui	Recherche dans le mili	1 BAC U
4 Raisonnement humain	2 F	18 Oui	Chimiste	1 CESS
4 Comportement Idéal	3 H	19 Oui	Je me vois dans le dorr	0 CESS
3	2 F	22 Oui	Ne sais pas- dans les li	0 CESS
1	4 F	18 Oui	Études informatiques	1 CESS
4 Raisonnement humain	1 H	41 Oui	Architecte software	1 BAC U
4 Raisonnement humain	0 F	20 Oui	Métier du Droit	0 CESS
2	3 H	19 Oui	Avocat	0 CESS
3	2 H	19 Oui	Médecine	1 BAC U
2	4 H	47 Oui	Programmeur	1 BAC U
4 Raisonnement Idéal	4 F	18 Oui	Biologie, psychologie a	0 CESS
4 Raisonnement humain	4 H	20 Oui	Ethologie	0 CESS
1	F	25 Non	IT consulting	1 MA
3	4 H	32 Oui	Bibliothécaire / Informa	1 BAC U
3	2 H	24 Oui	Consultant IT	1 MA
1	2 F	35 Non	bancaire	0 MA
3	3 F	20 Oui	médecine vétérinaire	0 CESS
3	3 H	19 Oui	Software Engineering (1 CESS
4 Comportement Idéal	1 F	21 Oui	Professeur de philosop	1 CESS
3	3 H	18 Oui	Professeur en expressi	1 CESS
3	4 F	22 Oui	Business Analyst	1 BAC U
4 Raisonnement humain	2 F	19 Oui	Journalisme	0 CESS
0	4 H	33 Oui	portfolio manager	1 MA
3	0 F	23 Oui	gestion , finance	0 BAC 5

1	2 H	18 Oui	Cybersécurité	1 CESS
3	2 F	19 Oui	veterinaire	0 CESS
4 Comportement Humain	4 H	21 Oui	scientifique	1 CESS
3	1 H	25 Oui	Dans un musée ou quel	1 CESS
4 Raisonement humain	1 F	20 Oui	Un métier en lien avec	0 CESS
4 Raisonement humain	3 F	19 Oui	Médecin	0 CESS
3	4 H	20 Oui	Economie	0 CESS
0	3 H	21 Oui	juriste	0 BAC U
4 Raisonement Idéal	2 F	19 Oui	Vétérinaire	0 CESS
3	4 H	18 Oui	Programmeur/ services	1 CESS
4 Raisonement humain	4 H	18 Oui	Science eco	0 CESS
0	1 H	22 Oui	Biologiste	0 MA
3	4 H	18 Oui	Physicien quantique	1 CESS
3	1 F	21 Oui	Juriste	0 CESS
0	0 F	25 Oui	Domaine juridique	0 CESS
4 Raisonement humain	2 F	18 Oui	Avocate ou juriste	0 CESS
4 Raisonement Idéal	4 F	18 Oui	Cadre dirigeant	1 CESS
1	2 H	28 Non	Enseignant	1 Doctorat
1	3 H	20 Oui	Juriste	0 CESS
3	4 H	29 Non	Ingénieur vision	1 BAC
3	0 F	19 Oui	géographie	0 CESDD
3	2 F	20 Oui	Médecine	0 CESS
1	H	19 Oui	Bho, je sais pas moi, C	0 CESS
3	2 F	19 Oui	Professeur de français	0 CESS
3	4 F	34 Oui	enseignant	0 MA
0	4 H	20 Oui	Sciences et technologik	0 CESS
1	3 F	18 Oui	Professeur de Français	0 CESS
1	2 F	18 Oui	chercheur en philosoph	0 CESS
4 Raisonement humain	4 F	45 Oui	enseignement	0 BAC
4 Raisonement humain	0 H	22 Oui	Juriste	1 CESS
0	4 H	18 Oui	Les débouchés des sci	0 CESS
1	2 F	18 Oui	pharmacienne	0 CESS
3	2 H	21 Oui	droit	1 CESS
3	2 H	28 Oui	Assistant doctorant	0 MA
4 Comportement Humain	2 H	20 Oui	historien	1 CESS
3	4 H	17 Oui	Chimiste	0 CESS
4 Raisonement humain	4 H	28 Oui	Data scientist	1 CESS
3	2 F	19 Oui	Edition	1 CESS
4 Raisonement humain	0 H	18 Oui	Entrepreneariat/Manage	0 CESS
0	2 F	19 Oui	peut-être dans les lang	0 CESS
0	4 F	31 Oui	Comptable	0 MA
2	4 H	26 Oui	Assistant en médecine	1 MA
1	0 F	21 Oui	Air Traffic Controller	0 CESS
4 Raisonement Idéal	3 H	22 Oui	Avocat, juge	0 MA
3	2 H	18 Oui	AIDER L'HUMANITÉ à	0 CESS
4 Raisonement humain	2 F	18 Oui	Vétérinaire	1 CESS
3	F	18 Oui	Avocate	0 CESS
1	2 F	27 Oui	apicultrice et professeu	1 MA
1	1 H	18 Oui	Chimiste, plutôt dans le	0 CESS
3	4 F	17 Oui	Médecine/Psychiatrie	0 CESS
2	3 F	19 Oui	médecin	1 CESS
0	4 F	21 Oui	médecin	0 BAC U
4 Raisonement humain	2 H	23 Oui	Pharmacie	0 CESS
4 Raisonement humain	2 F	18 Oui	Le droit	0 CESS
4 Raisonement humain	0 F	23 Oui	étudiante en droit	0 BAC U
4 Comportement Idéal	4 H	20 Oui	Biomédecin	0 CESDD
3	4 H	20 Oui	Informatique	1 CESS
4 Comportement Humain	0 H	19 Oui	entrepreneur	1 CESS
3	3 H	19 Oui	juriste	0 CESS
3	3 H	19 Oui	Informatique	1 CESS
3	3 H	22 Oui	étudiant en Physique (r	1 CESS
1	4 H	17 Oui	Médical	0 CESS
4 Raisonement humain	2 H	20 Oui	Philosophie	0 CESS
4 Raisonement Idéal	4 H	19 Oui	Physicien	1 CESS
4 Comportement Humain	2 F	20 Oui	Diplomate préférablem	0 CESS
4 Raisonement humain	3 H	18 Oui	un métier juridique	0 CESS
3	4 H	20 Oui	Géographe dans l'améri	0 CESS
3	2 H	21 Oui	informaticien	1 CESS
3	1 F	17 Oui	avocate	0 CESS
3	4 H	19 Oui	Médecin	0 CESS
3	2 F	18 Oui	Je viens de dire que j'é	0 CESS
3	2 H	50 Oui	Agro-alimentaire	1 MA
3	3 F	28 Non	Enseignante	1 BAC
4 Raisonement humain	2 F	36 Oui	Master data	1 BAC
2	0 F	18 Oui	Ingénieur de gestion	1 CESS
4 Comportement Humain	3 F	18 Oui	professeur	1 CESS
2	2 H	19 Oui	Géologue	0 CESS
1	H	19 Oui	gestion d'entreprise	1 CESS
4 Comportement Humain	3 H	19 Oui	domaine mathématique	1 CESS
2	3 F	18 Oui	Chimiste (recherche)	0 CESS
1	3 H	18 Oui	un métier dans les mat	1 CESS

3	2 H	18 Oui	Dans l'économie/la ges	0 CESS
1	4 F	20 Oui	bureaucratie	0 CESS
1	2 H	22 Oui	Chercheur	1 BAC U
0	2 F	32 Non	Ingénieur	1 MA
4 Raisonnement humain	1 F	31 Non	Manager de projet de n	0 Doctorat
1	1 F	18 Oui	écrivain	1 CESS
3	0 F	49 Non	Infirmière	0 CESS
3	3 F	28 Non	fonctionnaire fédéral	0 BAC 5
4 Raisonnement humain	3 H	21 Oui	Médecin	0 CESS
3	2 H	53 Oui	impression digitale	0 BAC
3	4 F	27 Oui	Marketing	1 MA
4 Raisonnement humain	2 H	24 Oui	un métier lié à la gestio	1 CESS
4 Raisonnement humain	2 F	18 Oui	Avocat	0 CESS
4 Comportement Humain	H	20 Oui	histoire	0 CESS
1	4 H	18 Oui	Entrepreneur	1 CESS
3	3 F	18 Oui	Informatique	1 CESS
0	1 F	19 Oui	Vétérinaire	1 Bac
4 Raisonnement humain	4 H	22 Oui	Actuariat	1 BAC U
4 Comportement Humain	3 H	42 Oui	Enseignement	1 BAC U
1	4 F	19 Oui	Médecine vétérinaire, \	1 CESS
4 Raisonnement humain	3 H	20 Oui	Juriste	0 CESS
4 Raisonnement humain	2 F	29 Non	Professeur de philosop	0 MA
4 Raisonnement humain	4 F	19 Oui	Sciences politiques	0 CESS
4 Raisonnement humain	4 F	19 Oui	Sciences politiques	0 CESS
3	0 F	21 Oui	Pharmacie	0 BAC U
3	1 H	20 Oui	juriste/avocat/juge/prof	0 CESS
4 Comportement Idéal	H	18 Oui	J'étudie les langues for	0 CESS
3	4 F	20 Oui	la gestion	1 CESS
3	4 H	36 Oui	Software Designer (Co	0 BAC 5
4 Comportement Idéal	F	21 Oui	professeur de français	0 CESDD
3	2 H	18 Oui	Community manageme	1 CESS
4 Comportement Idéal	3 F	20 Oui	Médecin	0 CESS
3	1 F	35 Oui	Comptable	0 BAC

Annexe C

Résultats de l'enquête pour le public secondaire

Qu'est-ce qu'une intelligence artificielle (IA) selon vous ?	Type de définition selon Russel	Pensez-vous que l'arrivée de l'IA soit plutôt positive, neutre ou négatif pour votre métier ?	Vous êtes...	Âge ?	Année de secondaire	Type d'enseignement	Option	Idée de métier	Notions de programmation ?	Plus haut diplôme obtenu ?
	1		4 H		16	3 T	Informatique	Informatique		1 CE1D
	4 Raisonnenem		2 H		17	3 T	informatique	développeur		1 CE1D
	2		4 H		13	2 G	foot etude	educateur		0 CEB
	0		4 H		14	2 G	foot	maçon		0 CEB
	3		2 H		15	2 G	Football	/		0 CEB
	1		2 H		15	2 G	football	policier		0 CEB
	1		2 H		13	2 G	sport	educateur spc		1 CEB
	1		2 H		13	2 G	football	sportif		0 CEB
	1		2 H		14	2 G	options foot	moi j'aimerais		1 CEB
	0		2 H		14	2 G	foot	je sais pas		0 CEB
	3		2 H		14	2 G	foot ,info	coach sportif		0 CEB
	1		2 H		14	2 G	foot	je serai bien g		1 CEB
	1		4 H		15	2 G	foot	policier		1 CEB
	3		4 H		15	2 G	foot	militaire		1 CEB
	1		4 H		15	2 G	foot	...		0 CEB
	1		4 H		13	2 G	foot	football		0 CEB
	2		0 H		13	2 G	science	Medecin		0 CEB
	1		2 H		14	2 G	football	boucher		0 CEB
	3		2 H		14	2 G	foot	dans le sport		0 CEB
	1		2 H		13	2 G	foot	footballeur		0 CEB
	0		2 H		13	2 G	foot	educateur spc		0 CEB
	3		0 H		13	2 G	foot	policier		0 CEB
	1		2 H		13	2 G	2csef	je sais pas		0 CEB
	1		2 H		13	2 G	foot	masson		0 CEB
	1		4 F		12	1 G	économie infc	photographe		1 CEB
	1		2 H		12	1 G	Economie	Informaticiens		1 CEB
	2		2 H		12	1 G	Economie	L'armée de te		1 CEB
	0		2 H		12	1 G	économique ii	Informaticien		1 CEB
	4 Raisonnenem		2 H		15	3 T	informatique	Technicien er		1 CE1D
	3		2 H		15	3 T	Informatique	jsp tros cinéas		1 CE1D
	4 Comportemer		0 H		16	3 T	informatique	programateur		0 CE1D
	3		2 H		15	3 T	Informatique	Informaticien		1 CE1D
	1		2 F		16	1 T	informatique	informatique		0 CE1D
	1		2 H		14	3 T	Informatique	J'aimerais dev		0 CE1D
	2		0 H		15	3 T	informatique	informaticien		1 CE1D
	1		2 H		16	3 T	Informatique	Informatique c		1 CE1D
	3		2 H		15	4 T	Informatique	je suis étudiar		1 CE1D
	2		4 H		16	4 T	info	programmation		1 CE1D
	1		4 H		18	4 T	informatique	ingénieur en i		1 CE1D
	1		4 H		16	4 T	informatique	programmeur		1 CE1D
	1		4 H		16	4 T	informatique	ingénieur info		1 CE1D
	4 Raisonnenem		4 F		16	4 T	informatique	étudiant		1 CE1D
	1		4 H		16	4 T	informatique	étudiant		1 CE1D
	4 Comportemer		4 F		18	4 T	Informatique	Informaticien		1 CE1D
	3		2 H		15	4 T	informatique	étudiant		1 CE1D
	1		4 F		13	2 G	science / infor	je ne sais pas		0 CEB
	1		0 F		13	2 G	recherche sci	prof de scienc		1 CEB
	0		2 F		14	2 G	science	coiffeuse		0 CEB
	0		0 F		13	2 G	sciences	etudiant,scien		0 CEB
	0		4 F		13	2 G	sciences	scientifique		1 CEB
	0		2 F		14	2 G	sciences	docteur		0 CEB
	0		2 F		13	2 G	science inform	étudiante et p		0 CEB
	1		4 F		13	2 G	sciences	écolière		1 CEB
	0		2 H		13	2 G	sciences	medecin		0 CEB
	2		2 H		14	2 G	science et inf	informaticien c		0 CEB
	0		2 F		14	2 G	sciences	je vais surem		0 CEB
	2		0 H		14	2 G	Chimie	Paticier		0 CEB
	2		2 F		13	2 G	science info	architecte		1 CEB
	0		F		16	2 G	eco	coatch sportif		1 CEB
	1		2 H		14	2 G	Informatique c	Informatique		0 CEB
	3		0 F		14	2 G	informatique e	je n'exerce pa		0 CEB
	3		4 F		14	2 G	économie infc	je ne sais pas		0 CEB
	0		4 F		13	2 G	Economie-Inf.	J'aimerais étr		0 CEB
	2		2 F		14	2 G	sociales	institutrice ma		1 CEB
	3		0 H		15	2 G	eco info puis l	etudiant/ patti		0 CEB
	2		H		14	2 G	économie	écrivain		1 CEB
	0		4 H		14	2 G	économie et ii	l'informatique		1 CEB
	0		2 F		15	2 G	SOCIALES	je sais pas en		0 CEB
	0		2 F		13	2 G	économie	styliste		0 CEB
	0		2 H		14	2 G	Informatique e	je sais pas		1 CEB
	1		4 F		16	2 G	science econc	pericultrice		1 CEB

1	F	13	2 G	économie prof pour les i	1 CEB
1	4 F	13	2 G	économie infc pdg	1 CEB
1	4 H	15	2 G	économie-iofc je n'exerce pa	0 CEB
0	2 F	14	2 G	économie étudiante-hote	0 CEB
1	2 F	15	4 T	informatique dictatrice	0 CE1D
2	2 H	16	4 T	informatique informatitien	1 CE1D
1	2 H	15	4 T	informatique étudiant/Progi	1 CE1D
3	4 H	16	4 T	informatique l'armée de ter	1 CE1D
3	4 H	15	4 T	Informatique Etudiant / Je r	1 CE1D
3	4 H	15	4 T	informatique je sais pas	1 CE1D
1	2 H	17	4 T	Informatique dans l'informa	1 CE1D
1	4 H	17	5 T	informatique informaticien	1 CESDD
4 Comportemer	0 H	15	4 T	informatique étudiant/techr	1 CE1D
1	2 H	15	4 T	informatique le dévelopen	1 CE1D
1	H	15	4 T	Informatique Graphiste	1 CE1D
2	4 H	17	4 T	Informatique Domaine de li	1 CE1D

Annexe D

Résultats des pré et post-tests

N°	Date début	Date fin	Suite	Meilleure représentation observé grâce à la justification de l'opinion				
				PRE Score Définition	POST Score Définition	PRE Score QCM	POST Score QCM	
1	10-11-2017	8-12-2017	0;1a;1b;2a;2b;6a	2	3	0	5	7
2	10-11-2017	8-12-2017	0;1a;1b;2a;2b;6a	3	3	0	5	6
3	10-11-2017	8-12-2017	0;1a;1b;2a;2b;6a	2	1	0	3	7
4	10-11-2017	8-12-2017	0;1a;1b;2a;2b;6a	0	3	0	3	3
5	10-11-2017	8-12-2017	0;1a;1b;2a;2b;6a	0	1	0	6	4
6	10-11-2017	8-12-2017	0;1a;1b;2a;2b;6a	1	3	0	5	6
7	10-11-2017	8-12-2017	0;1a;1b;2a;2b;6a	0	0	0	0	1
8	10-11-2017	8-12-2017	0;1a;1b;2a;2b;6a	0	0	0	4	5
9	09-11-17	07-12-17	0;1a;1b;2a;2b;4;6b;6a	0	0	0	7	2
10	09-11-17	07-12-17	0;1a;1b;2a;2b;4;6b;6a	0	0	0	6	4
11	09-11-17	07-12-17	0;1a;1b;2a;2b;4;6b;6a	0	0	0	3	2
12	09-11-17	07-12-17	0;1a;1b;2a;2b;4;6b;6a	0	0	0	2	2
13	09-11-17	07-12-17	0;1a;1b;2a;2b;4;6b;6a	3	3	0	6	5
14	09-11-17	07-12-17	0;1a;1b;2a;2b;4;6b;6a	0	2	0	3	6
15	09-11-17	07-12-17	0;1a;1b;2a;2b;4;6b;6a	0	0	0	4	5
16	09-11-17	07-12-17	0;1a;1b;2a;2b;4;6b;6a	0	3	0	6	1
17	09-11-17	07-12-17	0;1a;1b;2a;2b;4;6b;6a	0	3	0	3	3
18	09-11-17	07-12-17	0;1a;1b;2a;2b;4;6b;6a	3	3	0	5	3
19	6-11-2017	4-12-17	0;1a;1b;2a;2b;6a	3	4	0	5	7
20	6-11-2017	4-12-17	0;1a;1b;2a;2b;6a	2	3	0	4	5
21	6-11-2017	4-12-17	0;1a;1b;2a;2b;6a	0	0	0	2	6
22	6-11-2017	4-12-17	0;1a;1b;2a;2b;6a	4	4	0	4	6
23	6-11-2017	4-12-17	0;1a;1b;2a;2b;6a	0	2	0	3	6
24	6-11-2017	4-12-17	0;1a;1b;2a;2b;6a	2	0	0	3	6
25	6-11-2017	4-12-17	0;1a;1b;2a;2b;6a	0	2	0	0	6
26	6-11-2017	4-12-17	0;1a;1b;2a;2b;6a	3	3	0	6	5
27	6-11-2017	4-12-17	0;1a;1b;2a;2b;6a	0	2	0	3	7
28	6-11-2017	4-12-17	0;1a;1b;2a;2b;6a	3	2	0	4	5
29	6-11-2017	4-12-17	0;1a;1b;2a;2b;6a	0	0	0	6	2
30	6-11-2017	4-12-17	0;1a;1b;2a;2b;6a	0	0	0	7	6
31	06-11-17	11-12-17	1a;1b;2a;2b;6a	1	1	0	6	0
32	06-11-17	11-12-17	1a;1b;2a;2b;6a	3	4	0	0	5
33	06-11-17	11-12-17	1a;1b;2a;2b;6a	3	2	1	6	5
34	06-11-17	11-12-17	1a;1b;2a;2b;6a	3	3	1	3	6
35	06-11-17	11-12-17	1a;1b;2a;2b;6a	0	1	0	6	6
36	06-11-17	11-12-17	1a;1b;2a;2b;6a	1	3	0	5	6
37	06-11-17	11-12-17	1a;1b;2a;2b;6a	3	3	1	5	3
38	06-11-17	11-12-17	1a;1b;2a;2b;6a	0	0	0	4	6
39	06-11-17	11-12-17	1a;1b;2a;2b;6a	3	3	0	5	7
40	06-11-17	11-12-17	1a;1b;2a;2b;6a	3	2	0	4	4
41	06-11-17	11-12-17	1a;1b;2a;2b;6a	3	3	0	7	7
42	06-11-17	11-12-17	1a;1b;2a;2b;6a	1	3	1	3	4
43	06-11-17	11-12-17	1a;1b;2a;2b;6a	0	0	0	4	3
44	27-11-17	11-12-17	1a;1b;2a;2b;6a	0	3	0	4	5
45	06-11-17	11-12-17	1a;1b;2a;2b;6a	3	3	0	4	5
46	06-11-17	11-12-17	1a;1b;2a;2b;6a	3	3	0	5	6
47	06-11-17	11-12-17	1a;1b;2a;2b;6a	3	3	0	4	4
48	06-11-17	11-12-17	1a;1b;2a;2b;6a	1	1	0	5	5
49	06-11-17	11-12-17	1a;1b;2a;2b;6a	0	3	0	3	6
50	06-11-17	11-12-17	1a;1b;2a;2b;6a	0	0	0	5	5
51	24-11-2017	16-3-2018	0;1a;1b;2d;3;6d	0	4	0	6	3
52	24-11-2017	16-3-2018	0;1a;1b;2d;3;6d	0	0	0	5	7
53	24-11-2017	16-3-2018	0;1a;1b;2d;3;6d	1	4	1	5	6
54	24-11-2017	16-3-2018	0;1a;1b;2d;3;6d	1	0	1	2	2
55	24-11-2017	16-3-2018	0;1a;1b;2d;3;6d	2	3	0	7	6
56	24-11-2017	16-3-2018	0;1a;1b;2d;3;6d	4	3	0	5	5
57	24-11-2017	16-3-2018	0;1a;1b;2d;3;6d	2	3	0	5	7
58	24-11-2017	16-3-2018	0;1a;1b;2d;3;6d	1	3	0	7	6
59	24-11-2017	16-3-2018	0;1a;1b;2d;3;6d	1	1	1	5	5
60	24-11-2017	16-3-2018	0;1a;1b;2d;3;6d	1	3	0	6	3
61	24-11-2017	16-3-2018	0;1a;1b;2d;3;6d	3	3	0	6	7
62	24-11-2017	16-3-2018	0;1a;1b;2d;3;6d	3	2	1	2	4
63	24-11-2017	16-3-2018	0;1a;1b;2d;3;6d	1	3	0	7	7
64	24-11-2017	16-3-2018	0;1a;1b;2d;3;6d	1	4	0	4	5

65	24-11-2017	16-3-2018	0;1a;1b;2d;3;6d	3	4	1	5	5
66	24-11-2017	16-3-2018	0;1a;1b;2d;3;6d	1	3	0	6	6
67	24-11-2017	16-3-2018	0;1a;1b;2d;3;6d	1	4	0	5	4
68	24-11-2017	16-3-2018	0;1a;1b;2d;3;6d	3	0	0	6	6
69	24-11-2017	16-3-2018	0;1a;1b;2d;3;6d	1	1	1	2	4
70	24-11-2017	16-3-2018	0;1a;1b;2d;3;6d	0	3	0	5	3
71	24-11-2017	16-3-2018	0;1a;1b;2d;3;6d	4	4	1	6	7
72	24-11-2017	16-3-2018	0;1a;1b;2d;3;6d	4	4	0	6	1
73	24-11-2017	16-3-2018	0;1a;1b;2d;3;6d	1	1	0	5	5
74	24-11-2017	16-3-2018	0;1a;1b;2d;3;6d	0	1	0	5	5
75	24-11-2017	16-3-2018	0;1a;1b;2d;3;6d	1	3	0	9	7
76	24-11-2017	16-3-2018	0;1a;1b;2d;3;6d	3	3	0	5	5
77	24-11-2017	16-3-2018	0;1a;1b;2d;3;6d	1	1	0	4	2
78	24-11-2017	16-3-2018	0;1a;1b;2d;3;6d	3	3	0	6	6
79	24-11-2017	16-3-2018	0;1a;1b;2d;3;6d	3	3	1	3	3
80	24-11-2017	16-3-2018	0;1a;1b;2d;3;6d	0	0	1	3	7
81	24-11-2017	16-3-2018	0;1a;1b;2d;3;6d	0	3	0	2	5
82	24-11-2017	16-3-2018	0;1a;1b;2d;3;6d	1	3	1	7	4
83	24-11-2017	16-3-2018	0;1a;1b;2d;3;6d	3	1	0	4	5
84	24-11-2017	16-3-2018	0;1a;1b;2d;3;6d	3	3	0	4	8
85	24-11-2017	16-3-2018	0;1a;1b;2d;3;6d	3	3	0	3	3
86	24-11-2017	16-3-2018	0;1a;1b;2d;3;6d	1	3	0	5	7
87	24-11-2017	16-3-2018	0;1a;1b;2d;3;6d	0	3	0	2	4
88	24-11-2017	16-3-2018	0;1a;1b;2d;3;6d	3	4	1	8	4
89	24-11-2017	16-3-2018	0;1a;1b;2d;3;6d	3	3	1	4	5
90	24-11-2017	16-3-2018	0;1a;1b;2d;3;6d	1	3	0	5	7
91	24-11-2017	16-3-2018	0;1a;1b;2d;3;6d	0	3	0	4	4
92	24-11-2017	16-3-2018	0;1a;1b;2d;3;6d	1	3	0	4	5
93	24-11-2017	16-3-2018	0;1a;1b;2d;3;6d	0	3	0	3	6
94	24-11-2017	16-3-2018	0;1a;1b;2d;3;6d	0	3	0	3	6
95	24-11-2017	16-3-2018	0;1a;1b;2d;3;6d	0	3	0	3	4
96	24-11-2017	16-3-2018	0;1a;1b;2d;3;6d	1	3	0	5	2
97	24-11-2017	16-3-2018	0;1a;1b;2d;3;6d	0	1	0	4	4
98	24-11-2017	16-3-2018	0;1a;1b;2d;3;6d	0	3	0	3	5
99	24-11-2017	16-3-2018	0;1a;1b;2d;3;6d	1	1	0	5	3
100	24-11-2017	16-3-2018	0;1a;1b;2d;3;6d	0	0	0	6	6
101	24-11-2017	16-3-2018	0;1a;1b;2d;3;6d	0	3	0	6	6
102	24-11-2017	16-3-2018	0;1a;1b;2d;3;6d	2	4	0	3	2
103	24-11-2017	16-3-2018	0;1a;1b;2d;3;6d	3	3	0	5	3
104	24-11-2017	16-3-2018	0;1a;1b;2d;3;6d	1	1	0	3	5
105	24-11-2017	16-3-2018	0;1a;1b;2d;3;6d	1	3	0	6	9
106	24-11-2017	16-3-2018	0;1a;1b;2d;3;6d	2	4	1	7	7
107	24-11-2017	16-3-2018	0;1a;1b;2d;3;6d	2	4	1	4	5
108	24-11-2017	16-3-2018	0;1a;1b;2d;3;6d	1	3	1	3	7
109	24-11-2017	16-3-2018	0;1a;1b;2d;3;6d	1	1	0	4	9
110	24-11-2017	16-3-2018	0;1a;1b;2d;3;6d	4	4	0	5	7
111	24-11-2017	16-3-2018	0;1a;1b;2d;3;6d	0	1	0	6	5
112	24-11-2017	16-3-2018	0;1a;1b;2d;3;6d	0	0	0	1	1
113	24-11-2017	16-3-2018	0;1a;1b;2d;3;6d	2	2	0	0	6
114	24-11-2017	16-3-2018	0;1a;1b;2d;3;6d	0	0	0	4	4
115	24-11-2017	16-3-2018	0;1a;1b;2d;3;6d	3	4	0	4	3
116	24-11-2017	16-3-2018	0;1a;1b;2d;3;6d	2	3	0	5	7
117	24-11-2017	16-3-2018	0;1a;1b;2d;3;6d	3	3	0	3	4
118	24-11-2017	16-3-2018	0;1a;1b;2d;3;6d	1	1	1	5	5
119	24-11-2017	16-3-2018	0;1a;1b;2d;3;6d	1	1	0	5	6
120	24-11-2017	16-3-2018	0;1a;1b;2d;3;6d	2	2	0	0	0
121	24-11-2017	16-3-2018	0;1a;1b;2d;3;6d	3	2	0	5	5
122	24-11-2017	16-3-2018	0;1a;1b;2d;3;6d	0	0	0	5	6
147	05-12-17	19-12-17	1a;1b;6a	3	3	0	6	6
148	05-12-17	19-12-17	1a;1b;6a	1	2	1	6	7
149	05-12-17	19-12-17	1a;1b;6a	0	0	0	4	4
150	05-12-17	19-12-17	1a;1b;6a	0	0	0	1	2
151	05-12-17	19-12-17	1a;1b;6a	1	4	1	6	8
152	05-12-17	19-12-17	1a;1b;6a	1	1	1	5	6
153	05-12-17	19-12-17	1a;1b;6a	3	1	0	4	5
154	05-12-17	19-12-17	1a;1b;6a	3	3	0	6	6
155	05-12-17	19-12-17	1a;1b;6a	1	1	0	7	7
156	05-12-17	19-12-17	1a;1b;6a	0	0	0	5	5

157	05-12-17	19-12-17 1a;1b;6a	3	3	0	4	6
158	05-12-17	19-12-17 1a;1b;6a	1	1	0	5	5
159	05-12-17	19-12-17 1a;1b;6a	0	1	0	6	5
160	05-12-17	19-12-17 1a;1b;6a	3	3	0	4	1
161	05-12-17	19-12-17 1a;1b;6a	0	1	1	2	3
162	05-12-17	19-12-17 1a;1b;6a	3	3	0	5	6
163	05-12-17	19-12-17 1a;1b;6a	0	4	0	6	7
164	05-12-17	19-12-17 1a;1b;6a	0	1	0	5	4
165	05-12-17	19-12-17 1a;1b;6a	0	0	0	4	4
166	05-12-17	19-12-17 1a;1b;6a	0	0	0	4	4