

École polytechnique de Louvain

Introduction à l'Intelligence Artificielle pour des élèves de Secondaire

Auteur: **Loan SENS**
Promoteur: **Pierre SCHAUS**
Lecteurs: **Chantal PONCIN, Olivier GOLETTI**
Année académique 2018 – 2019
Master [120] en sciences informatiques

Table des matières

1	Introduction	4
1.1	Description du projet	5
1.1.1	Besoins fonctionnels	5
1.1.2	Besoins non-fonctionnels	6
1.2	Description des concepts enseignés	8
1.2.1	<i>Les Arbres de Décision</i>	8
1.2.2	<i>La Méthode des K plus Proches Voisins</i>	9
1.2.3	<i>Les Réseaux neuronaux</i>	10
1.3	Description du public visé	11
2	Approche	12
2.1	Structure du support pédagogique et méthodologie	12
2.1.1	Introduction théorique	12
2.1.2	Exercices pratiques	13
2.1.3	Projet	15
2.2	Comparaison du contenu du site par rapport à des sites existants	18
2.2.1	Google	18
2.2.2	Microsoft	18
2.3	Comparaison des activités par rapport à des sites existants	19
2.3.1	K plus proches voisins	19
2.3.2	arbres de décision	19
2.3.3	Réseau neuronal	19
3	Implémentation	20
3.1	Choix technologiques	20
3.1.1	Retenus	20
3.1.2	Non-retenu	22
3.2	Développement	23
4	Expérimentations avec des élèves	24
4.1	Déroulement des séances	24
4.1.1	Espace Public Numérique de Saint-Gilles (Bruxelles)	25
4.1.2	Val Notre-Dame (Wanze)	25

4.1.3	Collège Saint-Etienne (Cours-Saint-Etienne)	26
4.1.4	École Européenne de Bruxelles I (Bruxelles)	27
4.2	Rôle du professeur	28
4.3	Évaluation	29
4.3.1	Analyse	29
4.3.2	Analyse de visite du site	31
4.3.3	Utilisabilité du site web	32
5	Améliorations futures	34
5.1	Défis rencontrés	34
5.1.1	Défis techniques	34
5.1.2	Défis pédagogiques	35
5.1.3	Défis pratiques	35
5.2	Suite du projet	36
5.3	Propositions	36
5.3.1	Test en fin de séance	36
5.3.2	Activité <i>Blockly</i> pas-à-pas	36
5.3.3	Erreurs fréquentes	37
5.3.4	Séance plus interactive avec les élèves	37
5.3.5	Internationalisation	37
5.3.6	Accessibilité	38
6	Conclusion	39
A	Tableau récapitulatif des séances données	42
B	Tableau récapitulatif des résultats statistiques SUS	44
C	Tableau récapitulatif des résultats statistiques SUS	46
D	Avis sur mes prestations	48
D.1	Avis des professeurs	48
D.1.1	Espace Public Numérique de Saint-Gilles	48
D.1.2	Val Notre-Dame	48
D.1.3	Collège Saint-Étienne	49
D.1.4	École européenne de Bruxelles I	49
D.2	Avis des élèves	52

Résumé

Sensibiliser les jeunes et leur apprendre l'intelligence artificielle devient une priorité dans leur éducation. En effet, cette notion prendra une place de plus en plus importante dans nombre de métiers du futur et dans la société en général. Ce mémoire porte donc sur les moyens de démystifier et d'apprendre à des jeunes du secondaire quelques principes de l'intelligence artificielle.

Pour cela, un site web a été créé <https://loan181.github.io>, présentant de manière interactive et pédagogique, notamment à travers des exemples et des projets, trois concepts de l'intelligence artificielle : les *arbres de décision*, la *méthode des K plus proches voisins*, les *réseaux neuronaux*. Ce site était destiné à être utilisé de façon autonome par les jeunes. En pratique, il a été testé et utilisé comme support pédagogique lors de 22 séances organisées avec des professeurs et leurs élèves. Ces séances ont concerné plus de 200 jeunes de 9 à 18 ans, en milieu scolaire et extra-scolaire, avec ou sans connaissances préalables en programmation, pour des durées comprises entre 45 minutes et 3 heures. Elles ont permis d'améliorer le site et l'approche pédagogique liée à son utilisation, ainsi que de définir des pistes pour le futur.

Sur base de l'analyse des 166 réponses au questionnaire d'évaluation et des observations pendant les séances, de nombreux résultats positifs ressortent : Il a été possible d'enseigner ces concepts à des élèves plus jeunes que le public cible, à des jeunes sans connaissances préalables en programmation, moyennant un support en classe plus intensif et des séances plus longues. Mais la conclusion la plus importante est que les jeunes sont attirés par ces concepts, en particulier les plus faciles à comprendre comme les arbres de décision. Trois jeunes sur quatre sont intéressés pour suivre d'autres formations.

Chapitre 1

Introduction

Depuis l'émergence de la robotique et de l'informatique, les chercheurs essaient d'injecter des notions d'intelligence humaine dans des machines. Étant conçue et fabriquée par l'homme, cette forme d'intelligence est appelée "Intelligence Artificielle" ou IA.

L'intelligence artificielle est souvent définie comme la science de créer et de programmer des ordinateurs capables d'accomplir des tâches qui nécessitent l'intelligence quand elles sont réalisées par un être humain : que ce soit développer des calculs mathématiques, jouer aux échecs ou simplement parler.

L'intelligence artificielle prend un rôle majeur dans l'industrie des pays modernes. Ainsi l'Union Européenne et la Belgique parmi d'autres voient leur industrie se tourner vers un automatisme informatique intelligent.

L'Union Européenne a récemment (mai 2019) publié un rapport sur le "futur du travail" en rapport avec l'IA, mentionnant des "recommandations pour une transition digitale réussie"[38]. Parmi ces recommandations, certaines concernent la jeunesse et l'éducation, comme :

La science informatique devrait être introduite comme une nouvelle matière dans le curriculum d'éducation secondaire et enseignée hebdomadairement avec autant d'heures qu'un cours de physique ou de biologie.

(Traduction de l'auteur de [38]).

Une approche communautaire belge du nom de *AI 4 Belgium*, se donnant pour ambition de positionner la Belgique dans le paysage européen de l'IA, propose de redéfinir un pacte pour l'éducation visant à former les jeunes au numérique dès l'école primaire et secondaire. Les auteurs soulignent dans le rapport les multiples usages de l'intelligence artificielle, proposant d'en faire un outil d'éducation afin de pouvoir s'adapter à l'élève, par exemple.

Mais le choix final appartient au gouvernement et aux directions des écoles. Lors de nombreux événements récents liés au numérique (tel que *EduCode* en août 2018), *Marie-Martine Schyns* (ministre de l'enseignement obligatoire) a marqué son intérêt pour l'enseignement du numérique dans l'éducation des jeunes.

Dans ce contexte favorable à l'enseignement du numérique, il est pertinent de s'interroger sur une approche pédagogique adaptée à l'introduction de l'intelligence artificielle pour des élèves de secondaire.

1.1 Description du projet

Le projet vise à présenter à des élèves du secondaire des concepts de l'Intelligence Artificielle, et plus particulièrement de Machine Learning. Dans ce cadre, je devais fournir des outils destinés à enseigner ces notions informatiques en les démystifiant, grâce à l'emploi de concepts et de méthodes pédagogiques actives appropriés.

1.1.1 Besoins fonctionnels

Initialement, ce programme ciblait des élèves âgés de quinze à dix-huit ans qui étaient dans des cours de mathématiques avancés.

Concepts

Les trois concepts d'intelligence artificielle suivants ont été imposés :

- *Les arbres de décision*
- *La Méthode des K plus Proches Voisins*
- *Les Réseaux neuronaux*

Support d'apprentissage

Des supports étaient nécessaires afin de pouvoir présenter aux professeurs et aux élèves le concept d'intelligence artificielle. Ils comportaient des exercices (avec des corrections pour le professeur), afin de familiariser avec l'utilisation théorique du concept.

Activité interactive

Pour illustrer chaque concept, une activité interactive prévue en fin d'apprentissage permettait d'habituer les jeunes à l'utilisation pratique de ces nouvelles

notions ; idéalement avec de la programmation par bloc, afin de les introduire également à ce domaine de l'informatique.

Autonomie

Initialement il n'était pas prévu que je fasse des séances en classe. Ainsi il était nécessaire que supports et activités puissent être compris de manière autonome par le professeur et les élèves.

1.1.2 Besoins non-fonctionnels

Support d'apprentissage

Les activités nécessitant des logiciels de programmation par blocs, l'utilisation d'un site internet était obligatoire. Son utilisation comme support d'apprentissage présentant de nombreux avantages (facilité de mise à jour, accès aisé, interactivité...), il a été choisi comme support pédagogique.

Ainsi, un site web a été créé, introduisant les différents concepts d'IA, les exercices et l'activité de programmation (voir section 2.1).

Autonomie

Les concepts d'IA nécessitent un niveau élémentaire d'éducation afin d'être compris. La plupart des exercices peuvent se résoudre à partir de logique ou de calculs mathématiques simples (probabilité, addition).

Lorsque des notions plus avancées sont nécessaires, elles sont introduites et expliquées sur une page dédiée.

Des liens vers des pages externes sont utilisés dans les sections optionnelles d'informations supplémentaires.

Design

La tranche d'âge visée étant assez jeune, le design du site a été choisi de façon adaptée : des animations pertinentes, présenter du contenu intéressant de façon professionnelle et claires[33], l'utilisation de *Bootstrap*, pour que l'interface soit moderne et conforme à ce dont les jeunes ont l'habitude sur les sites qu'ils consultent.

Attractivité

Si le site n'est pas assez attractif, l'attention des jeunes risque d'être rapidement détournée[33]. Ainsi, beaucoup d'efforts ont été faits pour que le site soit dynamique.

La page d'accueil, a priori la page la plus consultée, est très animée et interactive. De manière générale le site a été réfléchi pour être aussi dynamique que possible. Cependant je n'ai pas pu aller aussi loin que je le souhaitais dans cette partie. Des propositions d'améliorations seront détaillées dans la section 5.3

Des vidéos étaient également prévues. Mais finalement cela s'est avéré trop long à mettre en place, difficile à maintenir car nécessitant de nombreuses mises à jour en même temps que le site. Actuellement, uniquement la vidéo d'introduction est disponible. Les vidéos aurait été pratique pour utiliser le site de manière autonome, mais celle d'introduction n'a été que très peu consultée. La présentation en classe rend leurs usage superflue.

Support lors des présentations

Lors des séances en classe ainsi que dans les vidéos prévues, des diapositives de présentation étaient utilisées. Le public étant fort jeune et les concepts parfois un peu complexes, les présentations étaient riches en animations et en questions à destination de l'audience. Dans les salles de classe, des tableaux pour schématiser ou écrire les termes importants étaient utilisés.

Alors qu'un cours oral pourrait suffire à un public d'étudiants d'université, avec des élèves de secondaire il est nécessaire de les impliquer davantage, directement dans le cours pour qu'ils suivent et comprennent.

Vulgarisation et simplification des concepts

Expliquer tel quels, à des jeunes de secondaires, des concepts d'intelligence artificielle qui sont normalement enseignés à l'université semble inadapté.

Aussi, il y a eu un important travail de réflexion de ma part. En premier lieu, pour comprendre en profondeur les concepts que j'allais devoir enseigner et, dans un second temps, pour trouver une activité ludique sur le sujet et adapter les exercices aux activités.

Ordre de présentation des concepts

Les trois concepts d'intelligence artificielle sont indépendants. Aucun des concepts ne nécessite d'en connaître un autre afin de pouvoir le comprendre. J'ai donc choisi de les ordonner par difficulté croissante.

La notion de "difficulté" étant arbitraire, j'ai mesuré la difficulté de chaque concept selon plusieurs critères :

- Le temps pris pour réaliser les exercices
- Le nombre de questions posées pendant les exercices
- Le temps nécessaire à la résolution des exercices et de l'activité
- Les résultats du sondage fait en fin de séance sur les jeunes

Après les premières expériences en classe, j'ai constaté que les jeunes avaient beaucoup plus de facilités à appréhender les arbres de décision. Aussi ce concept est devenu le premier à être présenté, suivi des K plus proches voisins et enfin des réseaux neuronaux.

Individualisation

Les élèves avaient des niveaux variables au sein d'une même classe. Certains eut plus de facilités à résoudre les exercices alors que, pour d'autres, il fallait plus de temps. Ainsi s'est créée la question de l'attente après qu'un élève a terminé rapidement l'ensemble des exercices.

Ce problème a été résolu par l'ajout d'exercices supplémentaires optionnels (voir section 2.1.2).

Gestion du temps imparti pour la séance

Bien gérer le temps était une difficulté pendant les séances en classes. La durée allouée à chaque cours étant prédéfinie. J'ai pu planifier la façon dont se déroulaient les séances et, avec l'expérience, la gestion du temps était meilleure. Lors de chaque séance, les dix dernières minutes étaient dédiées à l'évaluation et à la conclusion.

Des changements ont été apportés au site pour me permettre de mieux gérer le temps (voir 2.1.2).

1.2 Description des concepts enseignés

Les trois concepts sont des méthodes de *classification* et d'*apprentissage supervisé*, que nous abrègerons en *classifieur*.

La classification consiste à attribuer une classe ou catégorie à chaque objet à classer. L'apprentissage supervisé désigne la tâche d'apprentissage automatique consistant à apprendre une fonction de prédiction à partir d'exemples annotés. Nous appellerons l'ensemble de ces exemples annotés la *base de données d'apprentissage*.

1.2.1 Les Arbres de Décision

Un arbre de décision est un outil d'aide à la décision représentant un ensemble de choix sous la forme graphique d'un arbre. Les différentes décisions possibles sont situées aux extrémités des branches (les "feuilles" de l'arbre), et sont atteintes en

fonction de choix effectués à chaque étape. En analyse de décision, l'arbre peut être utilisé pour représenter de manière explicite les décisions prises et les processus qui les amènent [39].

On peut également se servir d'un arbre de décision comme classifieur, pour cela on choisit la classe majoritaire de la feuille comme résultat.

L'objectif pour les jeunes est de comprendre comment lire et créer un arbre de décision pertinent, qui permettra de bien différencier les différentes classes. De ce fait, certaines hypothèses simplificatrices ont été faites :

- Les questions sont toutes binaires, on ne peut y répondre que par "oui" ou "non".
- Les arbres de décision sont construits manuellement. Des algorithmes de Machine Learning (*ID3*, ...) permettent de générer des arbres. Mais ça n'était pas pertinent ici, ceux-ci utilisant des notions mathématiques et informatiques trop complexes (*entropie de Shannon*, *récurtivité*) qu'il n'était pas opportun.

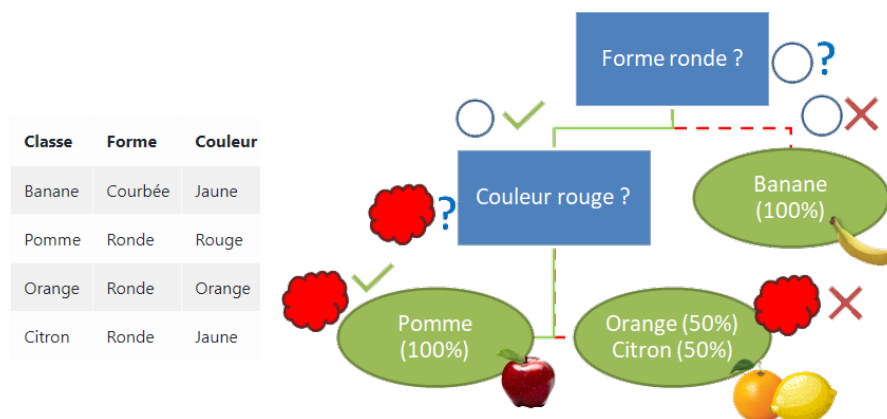


FIGURE 1.1 – Cette arbre de décision permet de classifier quatre fruits, une banane, une pomme, une orange et un citron. Pour chacun des fruits, forme et couleur sont connues. La pomme représente 100% des fruits ronds et rouges. Le citron représente 50% des fruits ronds et pas rouges tout comme l'orange. La banane représente 100% des fruits qui ne sont pas ronds.

1.2.2 La Méthode des K plus Proches Voisins

La Méthode des K plus Proches Voisins dispose d'une base de données d'apprentissage constituée de N couples « entrée-sortie ». Pour estimer la sortie associée à une nouvelle entrée x , la méthode des K plus proches voisins consiste à prendre en compte (de façon identique) les K échantillons d'apprentissage dont l'entrée est la

plus proche de la nouvelle entrée x , selon une distance à définir [40].

Dans notre contexte, c'est un problème de classification, par conséquent on retiendra la classe la plus représentée parmi les K sorties associées aux K entrées les plus proches de la nouvelle entrée x .

Nous désignerons par le terme *métrique* le choix des paramètres de classification des échantillons.

L'objectif qu'on souhaite introduire chez les jeunes avec cet algorithme est : le principe de l'algorithme (prendre les voisins les plus proches), l'importance du choix de la valeur de K et des métriques.

De ce fait, certaines hypothèses simplificatrices ont été faites pour s'adapter aux jeunes :

- Seulement deux métriques : le choix de se limiter à deux métriques permet de pouvoir représenter les données sur un graphique à deux dimensions, permettant ainsi de mieux visualiser les données.
- Toujours une distance euclidienne : la distance euclidienne est celle qui est utilisée intuitivement sur un graphique. Après les exercices l'existence d'autres façons de calculer la distance (*Manhattan*, *Chebychev*, ...) est mentionné, mais ces dernières sont moins intuitives à visualiser.

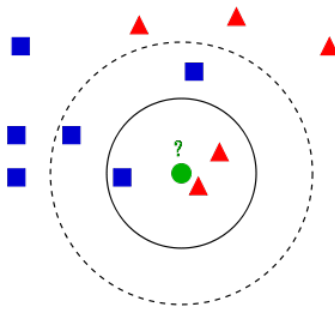


FIGURE 1.2 – Exemple de classification K plus proches voisins. L'échantillon de test (cercle vert) pourrait être classé soit dans la première classe de carré bleu ou la seconde classe de triangle rouge. Si $K = 3$ (cercle en ligne pleine) il est affecté à la seconde classe car il y a deux triangles et seulement un carré dans le cercle considéré. Si $K = 5$ (cercle en ligne pointillée) il est assigné à la première classe (3 carrés face à deux triangles dans le cercle externe)[21].

1.2.3 Les Réseaux neuronaux

Un réseau neuronal est un système inspiré par le fonctionnement des neurones biologiques.

Il existe de nombreux modèles de réseaux neuronaux. L'idée générale est une succession de couches composées de neurones dont chacune prend ses entrées sur les sorties de la précédente. Ces connections entre chaque couche sont appelées "poids".

Dans le domaine de l'intelligence artificielle, les réseaux neuronaux sont utilisés pour des tâches complexes, tel que la reconnaissance de forme dans les images [41]. Les calculs utilisés dans un réseau neuronal nécessitent la notion mathématique de *produit matriciel*. Dans toutes les séances, aucun des élèves ne connaissait cette notion. Il a donc fallu l'introduire et l'expliquer dans le site.

Comme pour les autres concepts, des d'hypothèses ont été posées afin de faciliter l'apprentissage du concept :

- La valeur des poids était donnée. En pratique, c'est la création de ces poids qui s'avère le plus compliqué à faire dans un réseau de neurones.
- Le biais était fixé à zéro : il n'y a pas seulement les poids qui interviennent dans le calcul des valeurs des neurones. Normalement, chaque neurone a aussi une valeur qu'on appelle "biais" qui doit être additionnée en plus de la valeur du produit matriciel. Cela aurait ajouté des calculs non nécessaire dans les exercices, vu que le biais peut être fixé à zéro.

1.3 Description du public visé

Le public visé est jeune : entre 15 et 18 ans. Ils sont familiarisés à l'informatique et ont des connaissances mathématiques assez avancées car étant en quatrième année de secondaire.

Dans les faits, j'ai prévu le site pour une tranche d'âge plus large, à partir de douze ans, afin de pouvoir toucher un plus large public.

Le développement des supports d'apprentissage se devait d'être pédagogique, simple et interactif.

Dans cet objectif, ces supports ont été testés en collaboration avec Mme *Mossoux*, professeure de mathématiques dans le secondaire supérieur. Des collaborations ont ensuite été mises en place avec d'autres professeurs dans différentes écoles. Les résultats seront décrits plus précisément dans la section 4.

Chapitre 2

Approche

2.1 Structure du support pédagogique et méthodologie

Selon *Confucius* « J’entends, j’oublie. Je vois, je retiens. Je fais, je comprends. » Après discussion avec le promoteur, il a été décidé que chaque concept de l’intelligence artificielle enseigné se ferait avec la même structure :

1. *Introduction théorique*
2. *Exercices pratiques*
3. *Projet*, que j’appellerai aussi *Activité* car c’est essentiellement en quoi le projet consiste.

2.1.1 Introduction théorique

Cette première phase d’apprentissage est théorique. Cette partie est riche en informations. Mais la plupart des élèves préférant les exercices pratiques à la lecture de texte théorique, cette partie se voulait aussi courte que possible expliquant brièvement le concept. Les détails du concept seront vus lors de la phase suivante dans des exercices *ad hoc*. Les explications sont accompagnées d’exemples et des différents termes de vocabulaire.

Lors des séances en milieu scolaire, cette partie était faite à l’oral. Lors de cette présentation, les élèves étaient également acteurs. Quand les concepts reposaient sur des principes logiques simples, les élèves devaient deviner leur fonctionnement à partir d’exemples. Les débats étaient intéressants et contribuer à une meilleure compréhension.

Exemples réels

Des exemples réels (cas pratiques) d'utilisation de ce concept sont aussi donnés dans cette phase d'introduction, afin de renforcer l'intérêt de l'élève.

Ainsi des cas d'utilisations dans divers domaines de l'industrie et de la vie courante y sont cités. Les exemples de l'industrie sont destinés à éveiller la curiosité des jeunes par rapport à leur futur, leur faisant réaliser l'importance de l'intelligence artificielle dans certains emplois. Les exemples de la vie de tous les jours leur permettent de réaliser qu'ils utilisent une logique de programmation sans même s'en rendre compte dans leur quotidien : par exemple le choix de comment s'habiller le matin, repose sur le concept des arbres de décision.

2.1.2 Exercices pratiques

La phase suivant l'introduction théorique est la phase pratique. De nombreux exercices sont proposés, avec une difficulté variable. Alors que la phase précédente donne une idée générale du concept, celle-ci fait insister sur les cas plus détaillés, parfois ambigus, que l'algorithme gère.

Études de cas

Les études de cas ont toutes un contexte prédéfini, une sorte de scénario de mise en situation où le concept s'avère utile pour résoudre un problème complexe. Cela permet à la fois de mettre l'élève dans une situation réelle et utile d'application du concept, mais aussi de pouvoir mieux visualiser son utilité dans des cas similaires, en restant concret.

Les études de cas attachés aux différents concepts sont les suivants :

Arbres de décision Le cas permet de trier différents fruits. Le cas est simple, mais permet de donner une première idée du fonctionnement d'un classifieur, compréhensible par tous.

K plus proches voisins Le cas permet de trier trois variétés de fleurs, qui, supposément, ne sont pas distinguables autrement que par des analyses en laboratoire coûteuses. Le cas devient plus intéressant que celui du concept précédent, car un enjeu économique et temporel est ajouté pour sensibiliser les jeunes à l'intérêt réel que peut avoir le concept.

Réseaux neuronaux Le cas permet de prédire si une image en noir et blanc de taille 3×3 comporte une ligne verticale ou horizontale. Cet exemple permet de faire découvrir aux jeunes que certains concepts peuvent s'appliquer sur autre chose que des entités physique, par exemple sur des images. Ici, l'étude

montre à l'élève que ce concept est capable de reconnaître des caractéristiques particulières d'une image.

Correction des exercices

La correction des exercices est automatique par le site. Les choix de réponses étant limités, le site vérifie que la réponse rentrée est bien celle attendue. Si c'est le cas, la réponse est déclarée correcte.

Une fois la réponse correcte introduite, la correction s'affiche avec des détails des étapes du raisonnement.

La correction sera aussi proposée après trois échecs consécutifs à une même question. Le but des exercices étant d'approfondir les connaissances dans le domaine en utilisant un raisonnement logique, il n'y a pas d'intérêt à frustrer un élève qui aurait des difficultés .

Pour cela le site web garde en mémoire le nombre de tentative pour chaque exercice. Après trois vérifications du même exercice il fait apparaître un bouton permettant l'affichage de la solution.

Difficulté des exercices

Une difficulté est associée à chaque exercice, les niveaux étant *Facile*, *Moyen* ou *Difficile*. Cette difficulté ne reflète pas seulement la complexité de l'exercice, mais aussi l'importance de l'exercice pour réaliser le projet. Ainsi la réalisation de tous les exercices *Facile* suffit à accomplir l'activité. Les autres permettent de mieux comprendre le fonctionnement du concept.

Par défaut la page web des exercices indiquera uniquement les exercices faciles. Une fois arrivé à la fin, le site proposera de dévoiler les exercices plus difficiles. Dépendant du temps, je laissais les élèves réaliser la totalité de ces exercices additionnels. Ils étaient pratiques pour pouvoir occuper les élèves qui avaient terminé les exercices *Facile* avant les autres.

Bilan

Un bilan des notions importantes à comprendre pour ce concept est proposé à la fin des exercices. Il résume l'essentiel à retenir sur le concept et les informations pour réussir le projet qui suit. Les termes de vocabulaire importants sont mis en évidence en gras.

Pour aller plus loin

Cette partie est proposée en fin d'exercice, après le bilan. Elle est destinée aux élèves les plus curieux qui souhaiteraient davantage d'informations sur le sujet. Il y est décrit les hypothèses faites comme dans la section 1.2, afin de mieux les informer sur la réalité du concept, sans simplifications.

2.1.3 Projet

La dernière partie se déroule sous la forme d'un projet. Ce projet est présenté comme une activité mais aussi un défi à accomplir. Une barre de progression indique la qualité du travail fourni. Une fois les 100% atteints, l'objectif est réussi et un message de félicitations s'affiche pour récompenser l'élève.

Activité

L'activité est la partie active du projet, c'est ici que les élèves vont devoir interagir pour atteindre l'objectif.

Selon le concept, l'activité est différente quant au défi à accomplir et à la façon de procéder. L'aspect programmation domine, mais parfois les élèves auront à créer dynamiquement une structure de données particulière.

Dans tous les cas, une implémentation fonctionnelle, mais incomplète, leur est fournie au début. Ainsi, pour atteindre l'objectif, ils doivent la compléter à partir des notions vues précédemment.

Les activités des concepts sont les suivantes :

arbres de décision Il faudra que l'élève crée un arbre de décision pour pouvoir distinguer "suffisamment bien" trois types de fruits. Les informations de la base de donnée d'apprentissage sont disposées sur un graphique en deux dimensions. Un choix de l'arbre de décision nécessite :

1. La sélection d'un des deux axes (x ou y)
2. Le choix d'une opération ($=$, $\neq$, $<$, $>$, $\leq$ ou $\geq$)
3. L'entrée d'une valeur par l'utilisateur (nombre décimal)

Une fois la question entrée, cette dernière génèrera deux possibilités de décision, une avec toutes les données répondant à l'évaluation de la question, et l'autre les données n'y répondant pas.

K plus proches voisins Contrairement à l'activité précédente qui n'utilisait pas de programmation, celle-ci nécessite de la part des élèves d'implémenter

le concept.

Ils devront programmer le concept même des K plus proches voisins. Pour cela, des blocs de programmation sont à leur disposition.

Les données utilisées dans l'algorithme sont un ensemble de données connues et véridiques avec 50 *Iris*, de trois variétés différentes [23].

Réseaux neuronaux Un réseau neuronal est donné (source [27]). Il est capable de distinguer les dix chiffres arabes. L'objectif des élèves consiste, en deux étapes, à :

- Déterminer la valeur des neurones de la couche d'entrée à partir de l'image
- Prédire la valeur de sortie à partir des valeurs des neurones de la couche de sortie

Pour cela, comme pour l'activité précédente, des blocs dédiés leurs permettront de trouver la solution plus aisément.



FIGURE 2.1 – Capture d'écran de l'activité de l'arbre de décision. A gauche le graphique avec toutes les données à classer. A droite l'arbre de décision qu'on peut modifier.

Placer le curseur de la souris au dessus d'une question affiche sur le graphique son évaluation : les éléments y répondant (bordure verte) et ceux n'y répondant pas (bordure en rouge)

Calcul de l'objectif

Afin d'évaluer la justesse des réponses, des données de test sont utilisées, sur base d'un ensemble de données dont la classe était connue. Le classifieur de l'activité

est appliqué sur chaque donnée de test. Si son résultat prédit est bien celui attendu alors le score d'objectif augmentera. Autrement dit, pour atteindre les 100%, il faut que chaque donnée de test soit prédite correctement par le classifieur.

Secret

Initialement, il n'était pas prévu que j'aie testé moi-même les séances en milieu scolaire. Ainsi il fallait un "code de réussite" afin de pouvoir attester que l'élève avait réussi l'activité. Ainsi, chaque activité s'est vu affecter d'un "secret", un mot particulier accompagné d'un icône le représentant qui marquerait suffisamment l'élève pour qu'il puisse s'en souvenir.

Étant donné que j'étais présent dans chaque séance, il n'a pas eu l'utilité attendue et est devenu un *easter egg*, une récompense aux jeunes qui ont réussi l'activité.

Aide, exemples et détails

Le projet est riche en informations à connaître pour le réaliser correctement. Initialement une page web était dédiée afin de présenter l'ensemble de ses informations, cependant elle était extrêmement pesante à lire et pas assez interactive pour vraiment susciter l'intérêt chez les jeunes. Aussi toutes ses informations ont été fusionnées avec la page de l'activité grâce à un système d'onglet : les utilisateurs peuvent alors facilement choisir ce qui les intéresse.

Parmi ses différents onglets on trouve :

Objectif Définit l'objectif à réaliser. Autrement dit, quoi modifier pour obtenir 100%.

Aide Propose un guide pas à pas pour réaliser l'objectif. Les corrections y sont aussi proposées

Bon à savoir Contient différentes interactions sur des façons de se servir de l'activité.

Exemple Contient des exemples d'utilisation de l'activité sans donner la réponse de l'objectif

Détail sur l'interface Comprend l'ensemble de toutes les informations sur les différentes parties de l'activité. C'est la partie qui sert de documentation de l'activité

2.2 Comparaison du contenu du site par rapport à des sites existants

Le sujet de l'intelligence artificielle est très populaire sur internet. De ce fait, il existe des sites dédiés à ce domaine.

2.2.1 Google

Certaines grosses compagnie comme *Google* [8] proposent des cours [13] et des exemples de projets développés avec l'intelligence artificielle [1].

Un cours de machine learning en 25 leçons y est proposé. Comparé à mon projet, leur site est beaucoup plus complet et précis. Mais il est également plus long et complexe ce qui ne le rend pas à la portée de tous.

Leur phase introductive est beaucoup plus longue et détaillée. Elle s'adapte aussi selon le niveau/expérience de l'utilisateur : un utilisateur aguerri sera directement redirigé plus loin dans le cours. Leur site propose également des exercices auto-correctifs ainsi que des sortes de projets interactifs (qu'ils appellent "Exercices Playground"). L'aspect projet est assuré par des "exercices de programmation" basés sur leur framework d'IA, *TensorFlow*[6].

2.2.2 Microsoft

Microsoft propose également un service de cours pour l'intelligence artificielle [35].

Comme *Google*, la plupart de leurs cours sont écrits ou en vidéo et ils proposent un système de Notebook en ligne couplé avec leur système Machine Learning *Azure*[36] et *Jupyter*.

Autres

Nombre de sites proposent des cours sur l'intelligence artificielle. Tous nécessitent une inscription avec un compte utilisateur lié à une boîte mail, certains sont totalement gratuits [25][22][2], d'autres proposent des périodes d'essai et d'autres sont payants [4].

Il existe également un grand nombre de vidéos tutoriels sur des plates-formes telles que *YouTube* [24].

2.3 Comparaison des activités par rapport à des sites existants

2.3.1 K plus proches voisins

Certains sites [12] [11] proposent des démonstrations interactives des K plus proches voisins. Elles sont intéressantes, mais peu pertinentes pour enseigner le concept. Effectivement, ces sites montrent les conséquences de la méthode des K plus proches voisins, et montrent de manière interactive la classe prédite par le classifieur, sans expliquer l'idée derrière l'algorithme.

2.3.2 arbres de décision

Le concept d'arbre de décision est utilisé en entreprise dans un autre contexte que celui du Machine learning. Je n'ai pas trouvé d'outil interactif semblable à celui que je propose sur le site que j'ai développé.

La plupart des sites évoquant les arbres de décision s'intéressent aux algorithmes permettant de construire un arbre [9]. Ceux-ci sont souvent bien trop complexes pour être enseignés, nécessitant l'utilisation de logarithmes mathématiques et de récursivité informatique.

2.3.3 Réseau neuronal

Les réseaux de neurones sont un sujet populaire sur internet, avec des outils interactifs. La plupart sont prévus pour calculer les poids du réseau [5]. *Google* propose un outil très intéressant sur le sujet [15], permettant de pouvoir modifier dynamiquement le réseau neuronal ainsi que calculer les poids automatiquement. Cependant l'outil est bien trop complexe à expliquer. J'ai donc préféré faire abstraction des calculs des poids pour simplifier l'activité.

Pour le développement de l'activité de ce concept, j'ai repris le code d'un site existant [26] pour ensuite l'adapter et ajouter le code *Blockly* par dessus.

Chapitre 3

Implémentation

Les premières versions du projet figuraient sur des documents textes. Cependant l'utilisation d'activités interactives pour enseigner les concepts était imposée depuis le début. Ces activités reposant sur *Blockly*, l'utilisation d'un site web était obligatoire. Préférant réunir toutes les informations au même endroit, le support a été fusionné aux activités au sein du même site web.

L'utilisation d'un site internet a également de nombreux avantages tels que : la présentation, la mise à jour automatique, la facilité de tracer les données, l'interactivité, la facilité d'utilisation.

Le site web du projet est consultable à l'URL suivante :
`loan181.github.io`
et son dépôt de développement à l'URL suivante :
`github.com/loan181/memoire-website-dev`

3.1 Choix technologiques

3.1.1 Retenus

Github

Github [30] est un service web d'hébergement et de gestion de développement de logiciels, utilisant le logiciel de gestion de versions *Git*.

Je me suis servi de ce service afin de synchroniser le site web, et de garder un historique de l'évolution du site. Je l'ai choisi par préférence personnelle, expérience d'usage et intégrations avec les outils suivants.

GitHub Page

GitHub Pages est un service d'hébergement de site statique conçu pour héberger des pages personnelles, d'organisation ou de projet directement à partir d'un dépôt GitHub.

Je me suis servi de ce service afin de pouvoir héberger le site qui me servirait de support pédagogique pour les jeunes.

Jekyll

Jekyll [37] est un générateur de site statique développé par Tom Preston-Werner, le fondateur de *Github*.

La génération du site *HTML* se fait à partir de fichiers au format *Markdown* et des modèles *Liquid* qui peuvent ensuite être hébergés sur un serveur web. *Jekyll* est implémenté nativement dans *GitHub Pages*, on peut ainsi se servir d'un dépôt *Github* pour directement générer et héberger le site web.

Le logiciel a été utilisé afin de générer le site. *Jekyll* à été choisi car il est gratuit, open-source, conseillé par *GitHub* et s'y intègre bien.

Blockly

Blockly [32] est une bibliothèque logicielle *JavaScript* permettant de créer des environnements de développement utilisant un langage graphique. Concrètement, il s'agit d'assembler des blocs dans un éditeur visuel directement sur une page web. Le code produit peut être exporté en *JavaScript*, *Python*, *PHP*, *Dart* ou *Lua*.

Blockly est très présent dans le monde de l'éducation. Beaucoup de projets ont été créés afin de démystifier la programmation [31] [20] [34], certains y incluant l'utilisation de robots [29] [28].

Dans le cadre du site, *Blockly* a été utilisé pour certaines activités. Les concepts de programmation étudiés étant des algorithmes, il était pertinent de laisser aux jeunes la possibilité de créer une portion du code contribuant au bon fonctionnement de l'algorithme. Cela leur permet à la fois de vérifier qu'ils ont bien compris, d'avoir un retour direct de leur travail et de développer leurs facultés informatiques, démystifiant la complexité de la programmation.

Raphaël

Raphaël [17] est une librairie *JavaScript* permettant de simplifier l’usage de vecteurs graphiques dans une page web. Je l’ai utilisé pour créer des éléments graphiques interactifs dans le cadre de certaines activités comme celle des arbres de décision ou des réseaux neuronaux.

D’autres librairies existent avec ce même objectif comme *D3* [18], mais son utilisation était plus complexe et trop évoluée pour les éléments que je souhaitais créer.

Google Analytics et FireBase

Comme il n’était initialement pas prévu de donner des séances en classes, il fallait un moyen d’observer le comportement des élèves sur le site web, ainsi que de collecter les réponses aux exercices et activités. Cela dans le but d’analyser ce qui causait le plus de difficultés pour pouvoir ensuite le corriger.

Google Analytics est un service gratuit d’analyse d’audience d’un site Web [3]. Cela m’a permis de suivre et d’analyser le trafic du site.

Firebase est un ensemble de service d’hébergement pour n’importe quel type d’applications [7]. Les bases de données en temps réel que le service propose ont servi à stocker les réponses aux exercices. Ainsi il est possible d’observer si une question était plus difficile qu’une autre, par exemple.

En pratique, ces données n’ont pas été utilisés, pour être remplacée par l’observation directs et le sondage. Toutefois certains aspects restent intéressants à analyser (voir section 4.3.2).

3.1.2 Non-retenu

INGInious

INGInious est une plate-forme d’évaluation sécurisée d’exercices automatisés avec des tests configurables [16]. Elle est développée par les ingénieurs de l’*UCLouvain*.

L’utilisation de cette plate-forme a été envisagée comme moyen de corriger les exercices et les projets. Cependant, cela comportait des désavantages qui ont conduit à ne pas l’utiliser :

- Inutilité de la confidentialité des solutions. Comme mon site est statique, les solutions sont dans la page web, mais cachées à l’utilisateur. Dans les faits, il suffit d’afficher le code source de la page pour pouvoir facilement

trouver les solutions des exercices. Comme *INGInious* tourne sur son propre serveur, ce problème n'apparaîtrait pas. Toutefois cette couche de sécurité n'était pas nécessaire étant donné que les exercices sont uniquement là pour donner une idée générale du concept.

- Rapidité de faire tourner localement. Les solutions se trouvent sur la page web, la vérification des réponses peut se faire très rapidement et efficacement.
- Dépendance à un service externe. Dans le cas où le serveur d'INGInious tomberait en panne ou saturerait, mon site serait inutilisable puisqu'il n'y aurait plus d'exercices ni de projets.

3.2 Développement

En collaboration avec le promoteur du mémoire, le développement du site web s'est fait sous la méthodologie *Agile*. Il était nécessaire de développer le site d'une manière structurée et modulaire. En effet, il devait pouvoir subir de nombreux changements, pour intégrer le retour d'expériences suite aux séances avec les élèves.

L'utilisation d'une base de données se serait avérée pratique. Malheureusement ça n'était pas compatible avec la contrainte d'utiliser un site statique. Cependant, l'utilisation de *Jekyll* m'a permis d'avoir une grande flexibilité.

Jekyll propose des *modèles Liquid* qui sont une structure de base dont on peut préciser des parties spécifiques. C'est très pratique quand plusieurs parties du site web ont une structure commune. Chaque page (exceptée celle d'accueil) utilise un modèle afin d'avoir la barre de navigation supérieure, par exemple. Les modèles sont utilisés à de nombreux endroits comme un exercice, une activité, une introduction, la page d'index d'un concept, etc. Ainsi en cas de changement il me suffisait de changer uniquement le *modèle Liquid*, qui se répercutait alors sur toutes les pages concernées.

Certaines parties du site ne se prêtent pas à l'utilisation de ces modèles. Particulièrement les activités des projets qui sont généralement très différentes les unes des autres. Le code y est moins structuré mais ouvre plus de possibilités car il n'est pas régi par la structure du modèle.

Chapitre 4

Expérimentations avec des élèves

Afin de tester en situation réelle les outils développés pour ce mémoire, j'ai donné à des jeunes des leçons sur l'intelligence artificielle.

L'environnement géographique et socio-culturel, l'âge des jeunes et la durée de l'enseignement variaient.

Les sections qui suivent vont brièvement décrire ces expériences, dans l'ordre chronologique par rapport à la première séance effectuée dans chaque lieu.

Ces séances ont permis de modifier le site web pour mieux l'adapter au public et améliorer sa cohérence. Un tableau rassemble les éléments les plus pertinents de ces expérimentations (tableau A.1).

4.1 Déroulement des séances

Le déroulement des séances a évolué au fil des sessions. La structure finale est la suivante :

1. Une introduction générale sur l'intelligence artificielle, le machine learning et les objectifs de cette formation
2. Pour chacun des trois concepts :
 - (a) Introduction sur l'idée générale du concept avec une présentation.
 - (b) Laisser du temps aux jeunes pour réaliser les exercices préparatoires.
 - (c) Présentation de l'activité avec une démonstration interactive
 - (d) Laisser du temps aux jeunes pour réaliser l'activité

Selon le temps attribué pour la séance, certains concepts n'étaient pas abordés.

3. Conclusion sur les concepts abordés
4. Questions-réponses

5. Évaluation : les élèves répondaient à un questionnaire et chaque professeur me communiquait par écrit son évaluation de la session. Ces retours sont rassemblés en annexe D.1.

4.1.1 Espace Public Numérique de Saint-Gilles (Bruxelles)

Situation Géographique	Environnement	Classe/Groupe	Nombre d'élèves	Niveau en informatique	Date séance	Durée (minutes)	Concepts
Bruxelles	Parascolaire	Jeune (9-12 ans)	8	Moyen (Scratch)	27-avr	90	A
					04-mai	90	K
					11-mai	90	R

TABLE 4.1 – Tableau récapitulatif pour l'espace public numérique

La première séance eut lieu dans l'Espace Public Numérique de Saint-Gilles, à Bruxelles, en parascolaire. Chaque séance a été consacrée à un concept différent. Quoique familier avec la programmation, le public était très jeune (9-12 ans) et il lui a fallu beaucoup de temps pour comprendre la théorie et réaliser les exercices et projets. Ils avaient besoin d'être souvent guidés avec des explications plus simples. Mais la très grande majorité est parvenue à ses fins, et les enfants étaient enchantés en fin de séance.

Même si ce public est bien plus jeune que celui visé pour le mémoire, les outils développés restent donc accessibles à des jeunes de primaire, pour peu qu'ils aient un encadrement suffisant et soient familiarisés avec l'informatique.

4.1.2 Val Notre-Dame (Wanze)

Situation Géographique	Environnement	Classe/Groupe	Nombre d'élèves	Niveau en informatique	Date séance	Durée (minutes)	Concepts
Wanze	Scolaire	6e maths 6	11	Aucun	03-mai	90	K A
		4e maths (1)	15		10-mai	45	R
					03-mai	90	K
		5e maths 6	12		10-mai	45	A
		4e maths (2)	19		09-mai	90	A K
TOTAL		4	57		6	7h30	A K R 4 4 1

TABLE 4.2 – Tableau récapitulatif pour le Val Notre-Dame

En coopération avec *Mme Margaux Mossoux* - professeur de mathématique en secondaire supérieur - et une de ses collègues, plusieurs séances ont été organisées

à l'internat du Val Notre Dame. Contrairement aux autres cas, ces élèves n'avaient généralement aucune connaissance dans le domaine de l'intelligence artificielle et dans celui de la programmation. Pour la plupart, ce fut une réelle découverte qu'ils ont beaucoup appréciée. Les élèves étaient intéressés et, à la fin des séances, demandaient à poursuivre les cours la semaine suivante avec les autres concepts. Ayant eu davantage de temps avec ces classes, il a été possible de couvrir tous les concepts avec une d'entre elles, mais les réseaux neuronaux n'ont été qu'effleurés avec les trois autres classes faute de temps.

Sur base de cette expérience, de nombreux défauts ont été corrigés, notamment ma gestion du temps. De plus, beaucoup de temps fut perdu en raison du matériel qui n'était pas toujours adéquat (navigateur incompatible avec le site).

4.1.3 Collège Saint-Etienne (Cours-Saint-Etienne)

Situation Géographique	Environnement	Classe/Groupe	Nombre d'élèves	Niveau en informatique	Date séance	Durée (minutes)	Concepts
Cours-Saint-Etienne	Scolaire	3e GT (1)	15	Moyen (HTML)	06-mai	90	A
					13-mai	90	K R
		3e GT (2)	15		14-mai	90	A K
TOTAL		2	30		3	4h30	A K R 2 2 1

TABLE 4.3 – Tableau récapitulatif pour le Collège Saint-Etienne

Grâce au professeur d'informatique *M. Guillaume Mazza*, j'ai pu organiser des séances sur l'intelligence artificielle avec deux de ses classes de 3ème générale. Ayant eu deux séances de une heure 30 avec la première classe, les trois concepts furent couverts avec suffisamment de temps pour prendre notre temps pour faire tous les exercices et activités.

Pour la seconde classe, le système de difficulté intégré dans les exercices a permis d'optimiser le temps. Lors de séances plus courtes, je pouvais interrompre quand les exercices faciles étaient complétés par une majorité des élèves. Tout cela s'est révélé efficace et ils ont été capables de couvrir les deux premiers concepts en 90 minutes, avec une conclusion et réponses à l'évaluation. La matière a été moins approfondie que dans le premier groupe, mais ils étaient constamment au travail.

Un autre aspect très intéressant de la collaboration avec M. Mazza est que pendant la séance, il était spectateur et n'intervenait que pour calmer la classe. Il a donné de très bons conseils pédagogiques utiles pour les futures séances.

4.1.4 École Européenne de Bruxelles I (Bruxelles)

Situation Géographique	Environnement	Classe/Groupe	Nombre d'élèves	Niveau en informatique	Date séance	Durée (minutes)	Concepts
Uccle	Scolaire	4e ICT	14	Moyen	20-mai	45	A
					23-mai	45	K
		6e ICT	4	Bon	21-mai	90	A K R
		2e physique (1)	15	Moyen	21-mai	45	A
		2e physique (2)	15	Moyen	21-mai	45	A
		3e ICT x 2	26	Moyen	23-mai	90	A K
		3e physique (1)	18	Moyen	24-mai	45	A
		3e physique (2)	18	Moyen	24-mai	45	A
TOTAL		7	110		8	7h30	A K R 7 3 1

TABLE 4.4 – Tableau récapitulatif pour l'espace public numérique

Je me suis rendu dans l'école Européenne de Bruxelles I pour travailler dans dans différentes années du secondaire, en collaboration avec cinq professeurs différents.

L'école européenne est un cas particulier. Les cours sont séparés en périodes de 45 minutes et regroupent des élèves de différentes nationalités, ne comprenant parfois pas le français. Les élèves reçoivent des cours d'informatique tôt dans leur scolarité. Ils commencent la programmation en 3ème année avec des robots et des logiciels par blocs, comme ceux utilisés sur le site. Ainsi, la plupart d'entre eux avait connaissance de l'intelligence artificielle et l'avait déjà employée.

En raison de leur connaissance préalable de l'intelligence artificielle et de leur intérêt pour ce domaine, certains élèves se sont montrés très curieux et posaient des questions sur certains aspects non-abordés.

Les séances ont permis d'approfondir plusieurs points :

Gestion du temps Les sessions ne duraient que 45 minutes, soit la moitié du temps habituel. Toutefois, les élèves se sont montrés très efficaces et concentrés. Avec l'expérience, j'étais capable désormais d'évaluer le temps nécessaire aux activités et exercices. Les concepts à aborder étaient sélectionnés en fonction du temps disponible, de manière à préserver 15 minutes en fin de séance, pour la conclusion et l'évaluation.

Séance en anglais Certaines classes étant majoritairement anglophones, j'ai fait les présentations en anglais. Le site et plus particulièrement les exercices, sont en français et se sont avérés plus problématiques pour les non-francophones. Ceux ne comprenant pas le français pouvaient utiliser des

traducteurs de site, mais ils rendaient les corrections d'exercices textuels inopérantes étant donné que les réponses attendues n'étaient pas traduites.

Classes fusionnées Deux classes d'informatique ont été fusionnées pour assister à la séance. Lors des présentations, tous étaient réunis dans une classe et, lors des phases pratiques, chacun retournait dans sa salle pour utiliser son ordinateur. Il fut possible de gérer plusieurs classes en parallèle pour apprendre à un plus grand nombre de personnes en moins de temps. Toutefois, comparé à une séance normale, des multiples va-et-vient ne permettent pas de suivre chaque élève de façon optimale.

Binômes Un dernier point intéressant était le travail de groupe. En effet, pour les deux dernières séances, la salle comptait moins d'ordinateurs que d'élèves, d'où l'idée de former des binômes. La séance s'est très bien déroulée. Le professeur a insisté sur l'importance du travail de groupe qui introduit une émulation pour traiter les problèmes.

4.2 Rôle du professeur

Lors des séances, le professeur devait rester en classe pour des raisons de responsabilité légales.

Les professeurs avaient généralement consulté le site à l'avance, mais n'avaient pas eu le temps de regarder les corrections des exercices et activités. Aucun rôle ne leur était imposé. Lors des séances, ils ont été soit :

Actifs Le professeur joue le rôle d'enseignant avec moi et aide les élèves lors des exercices et activité.

Avoir des professeurs avec ce rôle pendant les séances permettait un meilleur support pendant les phases d'exercices et d'activité. Les élèves avançaient plus vite et mieux dans la matière grâce à cette assistance supplémentaire ce qui a permis d'aller plus loin. Le fait que ça soit leur professeur a aussi permis de créer des rapprochements entre les concepts vus et la matière qu'il leur avait enseignée.

Élèves Le professeur prend la position d'un élève et essaye le site avec ses étudiants.

Les professeurs ayant joué ce rôle ont fait remarquer des points à améliorer sur le site web.

Spectateurs Le professeur suivait attentivement la séance et calmait la classe. Les professeurs qui ont joué ce rôle sont souvent ceux qui ont donné les conseils pédagogiques.

"Absents" Le professeur était présent dans la salle mais ne faisait aucune intervention pendant la séance. Il était généralement concentré sur un autre travail.

Cela m'a permis d'être confronté à la réalité d'être professeur face à une classe.

Les rôles pouvaient changer, la plupart du temps les professeurs étaient *actifs* ou le devenaient dans les séances suivantes. Cela dépendait de la classe, du nombre d'élèves et de la discipline nécessaire.

4.3 Évaluation

A la fin de chaque séance, les jeunes étaient invités à remplir une évaluation (questionnaire de satisfaction). Cette section présente les résultats et conclusions de cette évaluation.

Il y a en tout 166 réponses. Plus de 200 jeunes ont suivi les cours, mais quelques uns n'ont pas souhaité répondre au questionnaire, d'autres n'ont pas eu le temps, mais cela reste un pourcentage de réponses satisfaisant (plus de 80%).

4.3.1 Analyse

Connaissance avant le stage

Il est intéressant de se pencher sur les connaissances en intelligence artificielle et en informatique des jeunes. Cependant, les différences entre les lieux sont assez importantes. En effet, 87 réponses du questionnaire proviennent du même lieu, soit plus de 50%. Afin d'éviter des conclusions trop hâtives, cette section distinguera les lieux.

Sur base du graphique 4.1, les conclusions sont les suivantes : la différence en connaissance de l'intelligence artificielle entre lieux est assez faible. En revanche, les différences sont plus marquées en connaissance de l'informatique. Ceci s'explique par l'existence de cours d'informatique dans les lieux A et D.

Attractivité

Une nécessité du projet était d'être attractif pour le public visé. Pour évaluer cela, le questionnaire demandait aux jeunes de noter "l'amusement" pour chaque concept vu. Lié à l'amusement, le sondage leur demandait également la difficulté

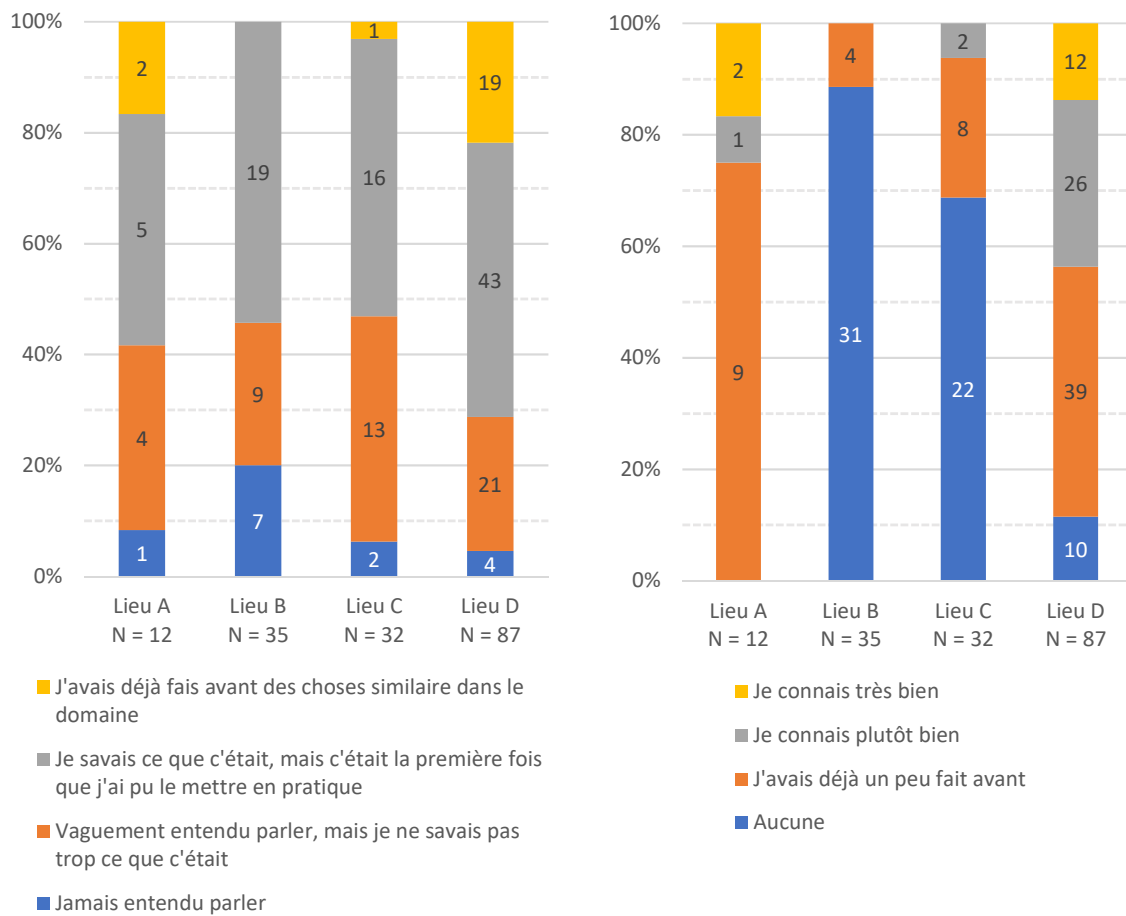


FIGURE 4.1 – Graphique des connaissances en intelligence artificielle (graphique de gauche) et graphique de l'expérience en programmation (graphique de droite). Les nombres dans les barres indiquent le nombre de réponses.

pour chaque concept.

Près de 75% des jeunes se sont bien amusés (Amusant + Très amusant) sur les *arbres de décision*, 60% avec les *K plus proches voisins* et un peu plus de 50% avec les réseaux neuronaux.

Le coefficient de corrélation entre "amusement" et "niveau de difficulté" est de $r = 0,9$, signe d'une corrélation positive forte. On peut ainsi en conclure une probable relation causale entre l'amusement et la facilité de l'exercice.

Il est assez logique de penser que quelqu'un qui a eu de grosses difficultés pendant la séance ne se soit pas beaucoup amusé et inversement.

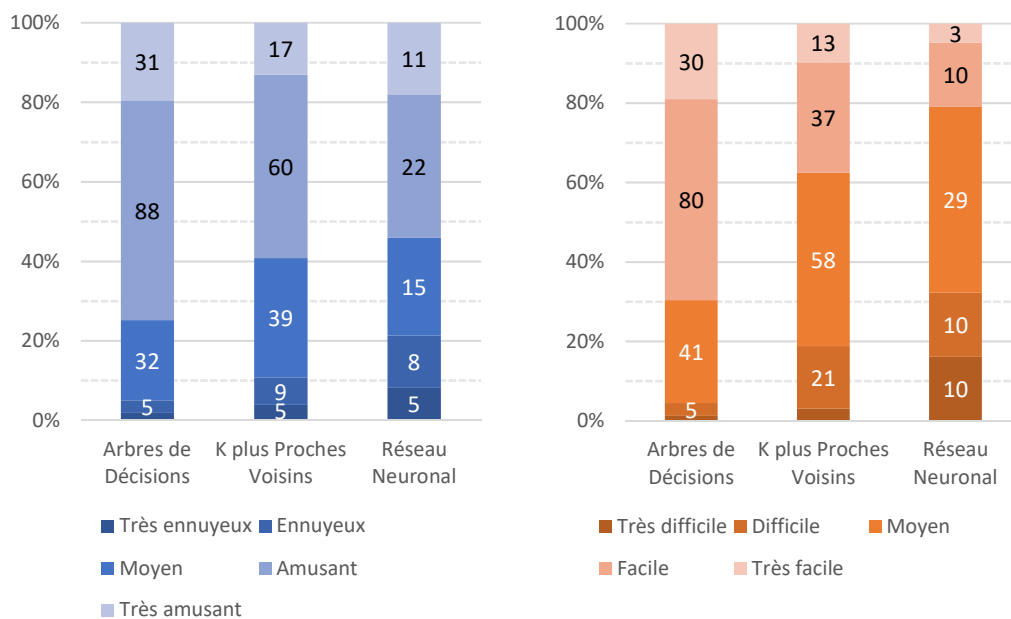


FIGURE 4.2 – Pourcentage de l’amusement (graphique de gauche) et de la difficulté (graphique de droite) par concept.
Les nombres dans les barres indiquent le nombre de réponses.

4.3.2 Analyse de visite du site

En plus des données du questionnaire, des modules de *Google Analytics* sont incorporés au site web. Ainsi il est possible d’observer de nombreuses données concernant l’utilisation du site. Nombre de ces données ne sont pas nouvelles mais sont intéressantes pour observer l’utilisation du site en dehors des séances.

Pour des raisons de confidentialité de la vie privée, il n’y a aucune information concernant la personne qui a consulté le site, un numéro unique lui est donné afin de l’identifier.

Certains ordinateurs possèdent des extensions de navigateurs pouvant bloquer le traçage de données, ainsi les personnes visitant le site n’ont laissé aucune trace de leur passage. Dans ce cas, elles ne peuvent pas être prises en compte dans les statistiques.

Données de la vue d’ensemble

Les données analysées sont celles à partir du 27 avril (date du premier cours) jusqu’au 1er juin (une semaine après le dernier cours), en ne considérant que les nouveaux visiteurs. Selon *Google Analytics* :

Utilisateurs 205

Sessions 360

Pages vues 3079 (8,55 par session)

Durée moyenne des sessions 38 minutes 27 secondes

Taux de rebonds 13%

Le taux de rebonds est le pourcentage de sessions avec consultation d'une seule page du site au cours desquelles aucune interaction n'a été enregistrée.

Le nombre d'utilisateurs ne représente pas toujours une seule personne. Comme il n'y a pas de système d'authentification sur le site, une même personne se connectant sur plusieurs appareils différents est considérée comme un utilisateur différent.

Sur base de ses résultats, on peut relever que le nombre d'utilisateurs est cohérent avec le nombre d'élèves (208). Mais on note aussi que peu d'élèves sont retournés sur le site. Le nombre de sessions est presque 2 fois supérieur, ce qui est logique car en moyenne chaque classe a eu 2 séances. La durée moyenne semble relativement faible, cela peut être expliqué par le nombre de séances qui ont duré 45 minutes.

Le taux de rebonds est bas, ce qui prouve qu'une grande majorité des élèves ont utilisé le site lors des séances.

Analyse journalière

Du graphique 4.3, nous pouvons déduire certaines informations.

Le nombre d'utilisateurs et la durée des sessions coïncident avec les séances données en classes (surlignées dans le graphique), à l'exception du nombre d'utilisateurs pendant les séances à l'espace public numérique qui est très anormalement bas. Cela s'explique par le fait que les navigateurs sur place ont des extensions pour empêcher *Google Analytics* de collecter les données. Les quelques utilisateurs vus pendant ces séances ont probablement utilisé un navigateur sans cette extension ou leur propre matériel (ce qui était le cas avec le cours ado).

Le nombre d'utilisateurs est plus élevé pendant les séances. Hors séance il n'y a que quelques utilisateurs sur le site. Vraisemblablement ce sont les professeurs des différentes classes ainsi que certains étudiants motivés qui ont consulté la page en dehors des heures de cours. En effet, il est clair à travers ces données que les élèves ne retournent pas sur le site après les séances.

4.3.3 Utilisabilité du site web

Le sondage inclut des questions standard concernant "l'utilisabilité" du site web (*System Usability Scale* en anglais, abrégé SUS)[19]. L'ensemble des données

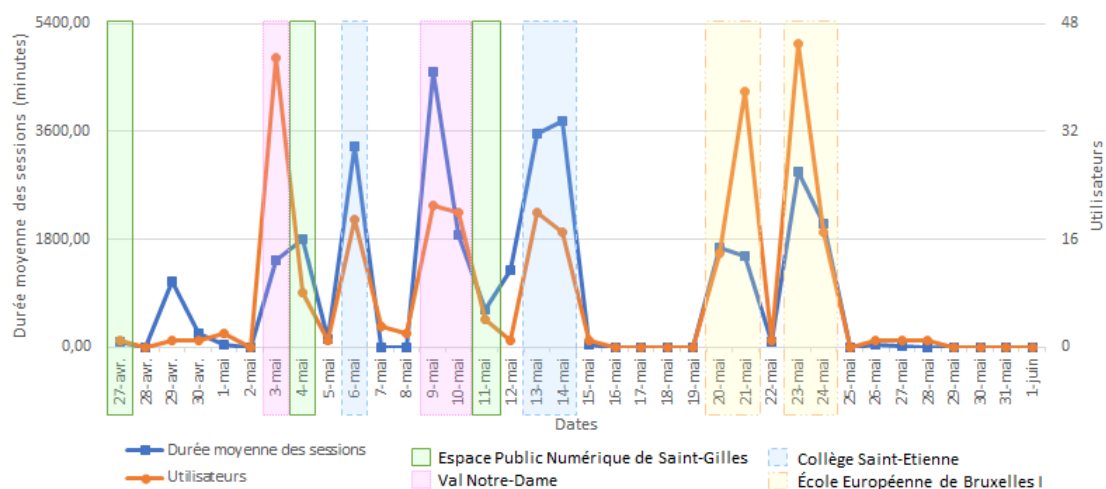


FIGURE 4.3 – Graphique de la durée moyenne des sessions et des utilisateurs depuis le 27 avril jusqu'au 1er juin

statistiques est indiqué dans le tableau B.1, le score SUS obtenu est le suivant : 83,75.

Interprétation

L'interprétation de ce score n'est pas immédiate, nous utiliserons un modèle particulier pour interpréter le résultat [14].

Centiles Entre 90 et 95 %

Note (Grade) A (meilleure performance)

Adjectif Excellent

Acceptabilité Acceptable

Promoteurs et détracteurs Promoteur

Autres observations

Il est intéressant de noter qu'à la question "Je pense que j'aimerais utiliser le site fréquemment", les avis sont assez partagés, un peu moins de la moitié est neutre. La moitié restante est à moitié "pour", l'autre "contre". Cependant, en pratique, quasiment aucun élève ne s'est reconnecté au site après les séances (voir 4.3.2). Plus de la moitié des répondants jugent qu'ils n'ont pas besoin d'une personne qualifiée pour utiliser le site. Seulement 1 jeune sur 5 pense le contraire. Avoir expliqué les concepts pendant les séances leur a probablement donné confiance.

Chapitre 5

Améliorations futures

5.1 Défis rencontrés

5.1.1 Défis techniques

Blockly

L'adaptation de *Blockly* m'a pris beaucoup de temps, notamment les interactions entre *Blockly* et le site web : d'une part pour toutes les interactions qui peuvent être déclenchées par le code *Blockly* et d'autre part pour tester le code *Blockly* afin de vérifier si l'objectif est atteint.

Un autre souci lié à *Blockly* est la difficulté de le modifier. En effet, *Blockly* est implémenté en *JavaScript* mais il est nécessaire de lancer un script *Python* pour obtenir les fichiers à utiliser. Dans ce cas, un autre projet dédié à *Blockly* était modifié à chaque fois que le site nécessitait un changement.

Blockly est aussi sujet à changer avec le temps : des risques d'incompatibilité et d'obsolescence sont donc à craindre si le code du site n'est pas mis à jour au fur et à mesure.

Comme plusieurs activités distinctes nécessitent *Blockly*, il a fallu choisir entre avoir plusieurs versions, chacune comportant les blocs nécessaires à chaque activité, ou bien une seule version qui comporterait tous les blocs même ceux inutiles pour l'activité. La seconde option a été choisie, certes moins élégante, mais moins risquée et plus facile à maintenir.

Le promoteur a demandé que l'activité des K plus proches voisins soit multilingue (anglais et français au moins). *Blockly* proposant déjà une implémentation pour cela, le code source a été adapté afin de rendre la page compatible.

5.1.2 Défis pédagogiques

Exercices préparatoires

Les exercices étaient difficiles à concevoir. Ce sont eux qui ont subi le plus de changements avec le temps. Ceux des K plus proches voisins, par exemple, ont subi plusieurs modifications afin de mieux s'adapter à l'activité.

L'étude de cas du réseau neuronal est intéressante, car elle permet de résoudre un problème réel, seulement à partir de calculs mathématiques. En outre, les poids utilisés dans les exercices de ce concept permettent réellement de pouvoir différencier une ligne verticale d'une ligne horizontale. Pour atteindre ce résultat, un réseau neuronal a été entraîné pour cette configuration particulière.

Vocabulaire

Il y avait beaucoup de concepts nouveaux pour les élèves, accompagnés d'un vocabulaire spécifique. Généralement ce vocabulaire était simplifié pendant les cours en utilisant des synonymes ou des métaphores qui ne nécessitaient pas d'explications particulières. Par exemple la "base de donnée d'apprentissage" était simplifiée avec la métaphore d'un sac et le "classifieur" était vulgarisé en "une machine qui peut reconnaître ce qu'on lui donne".

5.1.3 Défis pratiques

Matériel

Lors des séances, des problèmes matériels sont souvent apparus, toujours résolus mais souvent au prix de précieuses minutes.

Parmi les principaux, l'absence de projecteur pour faire des présentations, des ordinateurs trop anciens ou ayant des navigateurs incompatibles avec le site web, des problèmes de connexion internet, le manque de postes par rapport au nombre d'élèves.

Organisation pour les collaborations

Trouver des enseignants disposés à laisser un inconnu enseigner une matière nouvelle pendant leurs propres heures de cours fut un défi. Beaucoup de professeurs et d'organisations donnant des cours d'informatique ont été contactées, afin de leur proposer les séances. A plusieurs reprises, il a fallu insister auprès des personnes intéressées pour leur demander des informations supplémentaires. Organiser tout cela, éviter les conflits avec mes heures de cours et projets universitaires fut laborieux.

5.2 Suite du projet

D'après le questionnaire de fin de séance, trois élèves sur quatre souhaiteraient participer à des séances supplémentaires présentant des concepts nouveaux C.1. La suite logique du projet est par conséquent d'ajouter au site web de nouveaux concepts d'intelligence artificielle.

Certains professeurs avec qui j'ai établi les collaborations m'ont fait part de leur vif intérêt vis-à-vis du site web, me demandant l'autorisation de l'utiliser pour leurs futures classes. Le projet devrait continuer et devenir un site web à part entière, avec pour ambition d'introduire l'intelligence artificielle de façon ludique et interactive auprès des jeunes de secondaire.

5.3 Propositions

5.3.1 Test en fin de séance

Dans l'évaluation faite, il n'est pas pris en considération si l'élève a bien compris ou non le concept enseigné. D'après les observations en classes cela semblait être le cas, mais il était facile de "tricher" et copier la réponse du voisin ou d'essayer les exercices au hasard. L'enjeu étant celui d'une activité plutôt qu'un cours, ce comportement n'était pas pénalisé. Au contraire lorsqu'il était noté, un support supplémentaire était apporté.

Il serait une bonne idée d'envisager une interrogation à la fin de la séance afin de pouvoir juger la compréhension des élèves. Celui-ci pourrait se faire en ligne, dans l'évaluation par exemple.

Toutefois, l'ajout d'une interrogation créera certains problèmes :

Temps en séance Plus de temps en fin de séance devra être alloué. Cela fait moins de temps pour les concepts.

Stress Si l'interrogation prend une tournure trop scolaire, cela risque de stresser les jeunes. Cela pourrait leur laisser un gout moins plaisant de la séance

5.3.2 Activité *Blockly* pas-à-pas

Les activités avec *Blockly* restent trop compliquées. La structure est chargée, et de ce fait impressionne lors d'un premier coup d'œil. Ces activités ont toujours nécessité un accompagnement accru. Malgré les textes d'explications, de documentation et les exemples, l'interface générale reste lourde.

Réaliser ces activités et prendre en main le fonctionnement de *Blockly* reste difficile sans encadrement. D'autres sites tels que *code.org* [20] réussissent très bien en introduisant les notions et les différents concepts pas à pas, de manière très interactive. Une telle approche pourrait s'intégrer dans les différentes activités telles que celle des K plus proches voisins, tout comme celle des réseaux neuronaux.

5.3.3 Erreurs fréquentes

Lors des séances, certaines erreurs étaient souvent répétées. Il serait intéressant de fournir une aide particulière lorsque cette erreur est rencontrée afin que l'élève comprenne bien pourquoi il s'est trompé et soit mieux guidé afin d'éviter de la reproduire.

5.3.4 Séance plus interactive avec les élèves

Malgré les efforts pour mobiliser les jeunes pendant les présentations, souvent ils restaient dans leur coin sur leur ordinateur à réfléchir individuellement. Les deux séances données à l'école Européenne de Bruxelles I dans la classe de M. Jutier, ainsi que la discussion avec lui en fin de cours, font réaliser le potentiel que le travail d'équipe pouvait avoir. Si l'expérience était à refaire et avec suffisamment de temps, le cours pourrait être organisé différemment, avec de petites équipes, chacune travaillant sur des concepts différents. Chaque groupe devrait présenter et expliquer sa solution à l'activité, ce qui laisserait place à un débat entre les différents groupes avec le même concept, pour confronter leurs idées. Cependant, cette approche a le défaut de demander beaucoup de temps, et n'était donc pas applicable dans le cadre de ce mémoire.

5.3.5 Internationalisation

Afin d'ouvrir l'accès de cet outil à un public non francophone, le site web pourrait être traduit en anglais.

Pour cela, il existe des extensions compatibles avec les outils existants qui permettront de faciliter la tâche, comme *Jekyll Multiple Languages Plugin* [10].

Il faudra se montrer vigilant car certains textes risquent de poser problème à la traduction. Par exemple, ceux qui sont dans les images nécessiteront certainement de créer de nouvelles images. Il faudra aussi que *Blockly* — qui possède son propre système de traduction — choisisse la bonne langue au chargement.

5.3.6 Accessibilité

Un *nom accessible* est l'information qui permet à l'aide technique (AT) d'identifier un élément HTML. Pour cela il existe des attributs HTML dédiés appelés ARIA, le plus utilisé étant `aria-label` qui permet de donner un nom accessible à un élément.

L'accessibilité du site n'était pas dans les objectifs de ce mémoire, aussi les noms accessibles ont été peu employés. Durant les séances, cela n'a pas posé de problème. Mais dans une logique d'enseignement de l'IA pour tous, une personne ayant besoin de l'AT devrait être en mesure d'utiliser le site web.

Chapitre 6

Conclusion

Ce mémoire a constitué un exercice d'équilibre étant donné qu'il se situe à l'intersection des sciences informatiques et pédagogiques. Il m'aura permis d'enrichir mon expérience professionnelle, mais aussi personnelle.

Sur le plan professionnel, plusieurs mois ont été passés à développer un site web dédié à l'apprentissage chez les jeunes de trois concepts de l'intelligence artificielle, puis une trentaine d'heures à tester cet outil en milieu scolaire, dans 22 groupes de Belgique francophone. La variété des groupes m'a permis d'améliorer progressivement le site et l'approche pédagogique en classe. Sur base de l'analyse des 166 réponses au questionnaire d'évaluation et des observations pendant les séances, de nombreux résultats positifs ressortent : Il a été possible d'enseigner ces concepts à des élèves plus jeunes que le public cible, à des jeunes sans connaissances préalables en programmation, moyennant un support en classe plus intensif et des séances plus longues. Mais la conclusion la plus importante est que les jeunes sont attirés par ces concepts, en particulier les plus faciles à comprendre comme les arbres de décision. Trois jeunes sur quatre sont intéressés pour suivre d'autres formations dans ce domaine. L'objectif de démystifier et d'introduire l'intelligence artificielle auprès des jeunes semble donc atteint.

Dans le futur, en dehors des aspects pédagogiques, certains axes de développement du site pourraient être poursuivis : introduction de nouveaux concepts, développement de vidéos pour faciliter l'usage autonome du site, outils pour vérifier l'acquisition des compétences, incitatifs pour utiliser le site hors des périodes de cours (partage sur les réseaux sociaux par exemple), traduction en d'autres langues, amélioration de l'accessibilité.

Sur un plan personnel, je compte bien réutiliser en dehors du cadre de ce mémoire l'expérience acquise pendant les séances, quand j'aurai l'occasion de former des

jeunes à l'informatique. J'espère également, en ayant fait découvrir l'intelligence artificielle aux jeunes, avoir réussi à créer des vocations chez eux. Alors que jusqu'à il y a peu, je ne pensais pas en faire mon avenir, la perspective de devenir professeur d'informatique m'intéresse de plus en plus car j'ai trouvé captivant de faire partager ma passion à un public enthousiaste, d'aider ces jeunes à s'insérer dans la société en démystifiant et en maîtrisant des concepts qui affecteront durablement leur avenir.

Remerciements

M. Schaus

Pour le suivi continu du projet tout le long de l'année académique et l'intérêt qu'il a apporté pour le projet.

Margaux Mossoux pour la collaboration initiale qui a lancé le projet de mémoire et sa confiance.

Chantal Poncin et Olivier Goletti qui ont accepté la responsabilité d'être lecteurs de mon mémoire

MM. Petitjean, MM. Fallahi, MM. Mazza, Mme Arnotte, MM. Alaud, MM. Theunissen et MM. Jutier et tous les autres professeurs qui m'ont fait confiance pendant les séances avec leurs élèves

Véronique Sens et Laurent Sens pour les relectures du mémoire

Lilou Sens pour avoir testé le site web et pour son assistanat lors de séances en classe

David Abraham et Anatole Huet pour avoir testé le site web et leurs idées d'améliorations

Ralph Mesquita pour m'avoir aidé à faire des statistiques à partir du questionnaire

Estelle Millardet pour son soutien et conseils de rédaction

Annexe A

Tableau récapitulatif des séances données

Lieu	Environnement	Classe/Groupe	Professeur	Nombre d'élèves	Niveau en informatique	Date séance	Durée (min)	Concepts
A	Parascolaire	Jeune (9-12 ans)	1	8	Moyen (Scratch)	27-avr 04-mai 11-mai	90 90 90	A K R
		Adolescent (12-18 ans)	2	3	Bon (Scratch, Python)	04-mai 11-mai	60 60	A K
	SOUS-TOTAL	2	2	11		5	6h30	A K R 2 2 1
	B	Scolaire	6e maths 6	3	11	Aucun	03-mai 10-mai	90 45
4e maths (1)			4	15	03-mai 10-mai		90 45	K A
5e maths 6				12	09-mai		90	A K
4e maths (2)				19	09-mai		90	A K
SOUS-TOTAL		4	2	57		6	7h30	A K R 4 4 1
C		Scolaire	3e GT (1)	5	15	Moyen (HTML)	06-mai 13-mai	90 90
	3e GT (2)		15				14-mai	90
	SOUS-TOTAL	2	1	30		3	4h30	A K R 2 2 1
D	Scolaire	4e ICT	6	14	Moyen	20-mai 23-mai	45 45	A K
		6e ICT	7	4	Bon	21-mai	90	A K R
		2e physique (1)	8	15	Moyen	21-mai	45	A
		2e physique (2)	8	15	Moyen	21-mai	45	A
		3e ICT x 2	6 et 9	26	Moyen	23-mai	90	A K
		3e physique (1)	10	18	Moyen	24-mai	45	A
		3e physique (2)	10	18	Moyen	24-mai	45	A
	SOUS-TOTAL	7	4	110		8	7h30	A K R 7 3 1
TOTAL		14	9	208		22	26h	A K R 14 11 4
	Classes/groupes distincts	Professeurs distincts	Nombre d'élèves		Nombre séances	Durée	Concepts	

TABLE A.1 – Tableau récapitulatif des séances données.

Le tableau est trié par lieu par date de première séance.

Dans la 3ème colonne (Classe/Groupe), les classes terminant par (X) sont considérées comme des classes distinctes.

Les professeurs sont indiqués par des numéros uniques.

La dernière colonne (Concepts) désigne les concepts d'intelligence artificielle vus pendant la séance (A = Arbre de décision, K = K plus proches voisins et R = Réseau neuronal)

Annexe B

Tableau récapitulatif des résultats statistiques SUS

ANNEXE B. TABLEAU RÉCAPITULATIF DES RÉSULTATS STATISTIQUES SUS45

	Moyenne	Ecart-type		Mediane	Q1	Q3		Ideal
Je pense que j'aimerais utiliser le site fréquemment	3,024096	0,7327624		3	2	4		5
Je trouve le site inutilement complexe	2,072289	0,8591958		2	1	3		1
Je trouve le site facile à utiliser	4,036145	0,7664393		4	4	5		5
J'aurais besoin de l'aide d'une personne qualifiée pour utiliser le site	2,451807	1,009145		2	1	3		1
Les nombreuses fonctions du système sont bien intégrées	4,198795	0,7625925		4	4	5		5
Il y a beaucoup d'incohérences dans le site	1,801205	0,7915517		2	1	2		1
Je pense que la plupart des utilisateurs apprendraient à utiliser le site rapidement	3,945783	0,6586587		4	3	5		5
J'ai trouvé le site très lourd/épuisant à utiliser	1,855422	0,7420525		2	1	2		1
Je suis confiant en utilisant le site	3,861446	0,7960517		4	3	5		5
J'ai besoin d'apprendre beaucoup de choses avant de pouvoir utiliser le site	2,385542	0,9473073		2	1	3		1

TABLE B.1 – Tableau des résultats statistiques du *System Usability Scale* (SUS). Les questions (adaptées pour un site web) sont indiquées à gauche. Les valeurs sont comprises entre 1 et 5 (1 = Pas du tout d'accord, 2 = Pas d'accord, 3 = Ni en accord, ni en désaccord 4 = D'accord 5 = Tout à fait d'accord). La valeur "idéale" est indiquée dans la dernière colonne.

Annexe C

Tableau récapitulatif des résultats statistiques SUS

Si d'autres formations avaient lieu sur d'autres concepts,
serais-tu intéressé(e) ?

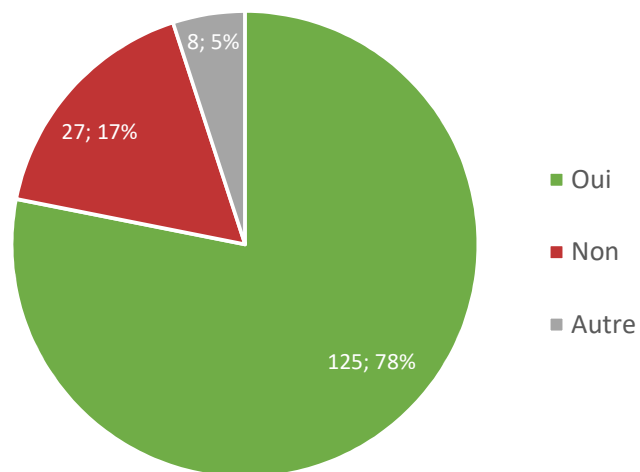


FIGURE C.1 – Résultats du questionnaire à la question "Si d'autres formations avaient lieu sur d'autres concepts, serais-tu intéressé(e) ?"

Annexe D

Avis sur mes prestations

D.1 Avis des professeurs

D.1.1 Espace Public Numérique de Saint-Gilles

J'ai eu l'occasion de travailler avec Loan dans le cadre de L'ASBL *Roue de Secours* pour donner des cours d'informatique à des enfants de 9 à 12 ans.

Loan a une très bonne interaction avec des élèves de 9-12. Il s'exprime très clairement et veille toujours à la bonne compréhension des concepts par les étudiants. Il arrive aussi à garder la concentration des étudiants ce qui n'est pas quelque chose de facile pour de si jeunes enfants. La préparation était très bonne. Les différents outils se complétaient très bien (Power-Point animé, site internet interactif).

Le seul petit bémol est que le niveau attendu pour les étudiants lors de l'activité sur les réseaux neuronaux était fort élevé. Les étudiants n'étant pas familier avec les concepts de matrice et de fonctions, Loan a dû s'adapter pour ne pas perdre les étudiants.

En conclusion, je suis très content que Loan soit venu présenter son mémoire à mes élèves car je pense que cela fut vraiment un plus pour eux et l'attitude très didactique de Loan m'a impressionné.

(Pierre-Alexandre Petitjean - Professeur d'informatique à l'espace publique numérique de Saint-Gilles)

D.1.2 Val Notre-Dame

J'ai beaucoup apprécié ta présence dans mon école, tu es une chouette personne avec qui le contact est directement très bien passé! Je t'ai trouvé très impliqué dans ton travail, tu es passionné et ça se voit,

c'est top ! J'ai beaucoup apprécié le fait que tu tiennes compte de mes remarques et conseils même s'il a fallu t'adapter... je sais que ce n'est pas un exercice facile.

Ta prestance en classe est impeccable, tu arrives à créer rapidement le lien avec les élèves et, comme je te l'ai dit, tu parviens à trouver l'équilibre entre trop familier/trop formel.

Petit bémol cependant (tu t'en doutes) : la gestion du temps...

Concernant le site : top ! Il est très attractif et intuitif, c'est vraiment adéquat. Attention à l'orthographe, par contre.

Pour ce que est de l'IA, je pense que l'objectif est atteint : tu as démystifié le sujet ;) mais je pense qu'il aurait fallu laisser plus de temps aux élèves pour la partie « mise en pratique » car c'est ça qui est très intéressant au final, non ?

Bon courage pour la fin !!

(Margaux Mossoux - Professeur de Mathématiques au Val Notre-Dame)

D.1.3 Collège Saint-Étienne

Loan s'intègre très bien dans une classe d'adolescents de 14-15 ans.

Il parle très clairement. En plus de se faire respecter, il se fait très bien comprendre.

La préparation a été de haut niveau (préparation de powerPoint animé, site internet).

Des petits conseils lui ont été faits et il en a tenu compte. Loan accepte la critique et change volontiers des points de matière ou méthodologie pour améliorer la qualité de ses animations.

Il sait adapter une matière difficile au public qu'il a en face de lui.

Je le félicite pour tout ce qu'il a accompli.

Bravo

(Guillaume Mazza - Professeur d'informatique au collège Saint-Étienne)

D.1.4 École européenne de Bruxelles I

Présentation à des élèves de S3 (2e secondaire système belge)

Le site est clair et attractif.

L'introduction au thème général est organisée, tu précises dans quelle "partie" du domaine les élèves vont travailler et fixe un objectif en termes

de réalisation durant la période consacrée. La mise en pratique est rapide et progressive dans la difficulté. Les élèves comprennent relativement facilement ce qui leur est demandé et parviennent en général à le faire. L'outil d'évaluation des réponses est utile.

Ton expression est posée et claire et tu te positionnes bien dans la classe pour capter leur attention. Tu as pu circuler pour assister certains élèves.

Franchement, pas grand-chose à redire pour quelqu'un qui n'a pas forcément l'habitude de s'adresser à des groupes d'ados. Je trouve que tu as bien géré.

(Michaël Theunissen - Professeur de physique et ICT)

Loan Sens a présenté son introduction à l'intelligence artificielle pendant mon cours d'informatique de S7 (dernière année de secondaire en Ecole Européenne).

Le cours est très orienté exercices/manipulation pour découvrir les concepts de façon active; les élèves peuvent ainsi progresser à leur rythme (il s'agissait toutefois d'une classe de faible effectif) et Loan a su les guider quand ils en avaient besoin.

Le biais du cours est clairement une approche pratique qui a été très efficace, la classe a été active et les élèves apprécient clairement de voir non pas seulement un concept théorique, mais les résultats de son application. Ceci est très clair notamment sur les réseaux neuronaux dont l'application à la reconnaissance de chiffres est très intéressante. Pour cette dernière partie sur les réseaux neuronaux mon seul regret est que, contrairement aux parties sur deux premiers types de classifiants, la théorie est peu expliquée, mais je ne suis pas sûr que vu la complexité des notions et le temps imparti cela soit vraiment possible.

Globalement les élèves et moi-même avons beaucoup apprécié ce cours qui au travers du site web créé par Loan nous a permis de découvrir par la pratique un sujet scientifique captivant et d'actualité.

(Emmanuel Allaud - Professeur de mathématiques et ICT)

Feedback sur les séances de présentation faites par Loan Sens au cours d'ICT de Mme ARNOTTE en classe de S5 et S4

Loan a présenté le travail de son mémoire de fin d'année à des élèves de 14 à 16 ans de l'Ecole européenne de Bruxelles I

Il ressort de cette présentation que :

1. Le sujet est parfaitement maîtrisé et expliqué.
2. Loan est très à l'aise avec les élèves et la gestion de la classe. Il n'est pas déstabilisé par les questions pertinentes ou pas des élèves.
3. Le site utilisé pour la présentation est agréable, intuitif et facilement compréhensible même pour des élèves qui ne sont pas de langue maternelle français.
4. La progression des concepts est faite très intelligemment avec beaucoup de créativité et de pédagogie. Les exemples pratiques et très visuels ont été très appréciés.
5. La présentation orale est très satisfaisante mais pour des élèves qui ne sont pas de langue maternelle français, un débit de paroles plus lent aurait été préférable.
6. Le vocabulaire utilisé est parfois insuffisant et manque de précision (ce truc, ce machin etc...)
7. La présentation a beaucoup plu à tous les élèves sans exception qui avaient préparé lors d'un précédent projet un PowerPoint sur l'intelligence artificielle

Un petit conseil (de prof chevronné) pour les prochaines présentations : ne pas tourner le dos à la classe quand tu parles.

Si tu vas au PC pour faire quelque chose, tu arrêtes de parler et tu reprends en regardant bien la classe pour avoir l'attention maximale du groupe.

Merci pour ce chouette partage qui a parfaitement cadré avec le travail de mes élèves.

Bonne continuation

(Marie-Anne Arnotte - Professeur de mathématiques et ICT)

Loan came in well prepared for the lesson, but feeling not up to the task for his level of English. This caused no problem whatsoever, as he was

quick to catch his own mistakes, and made good efforts in translating his french website. Students were put in activity right from the get-go, but Loan made sure to grab their attention for a quick and thorough introduction. He did ask for questions, but best practice would have been to ask a specific student to answer a short problem, and ask the others if they agreed or not. Students understood readily what the goal of the lesson was, and Loan's website made sure no one was left stranding, nor no one was bored, as expansion problems could be found with a single button press. The wrap-up activity was turned into a challenge. If more time were available, best practice would have been to ask a team of student to present their solutions to the challenge, and get the other students to share common aspects of different paths to solutions.

Loan has a good understanding of the time constraints caused by 45 minutes lesson. He directed students without rushing them, which is great. At first, he wasn't sure getting students to work in teams of two would work, but he soon realized how peer-to-peer interactions meant that students had to voice their problem solving to one another, and debate on the best course of action. Even in Computer Science lesson, group work is worthwhile, and he should make sure to get more practice designing lesson plans around it.

(Arnaud Jutier - Professeur de Physique en section anglaise)

D.2 Avis des élèves

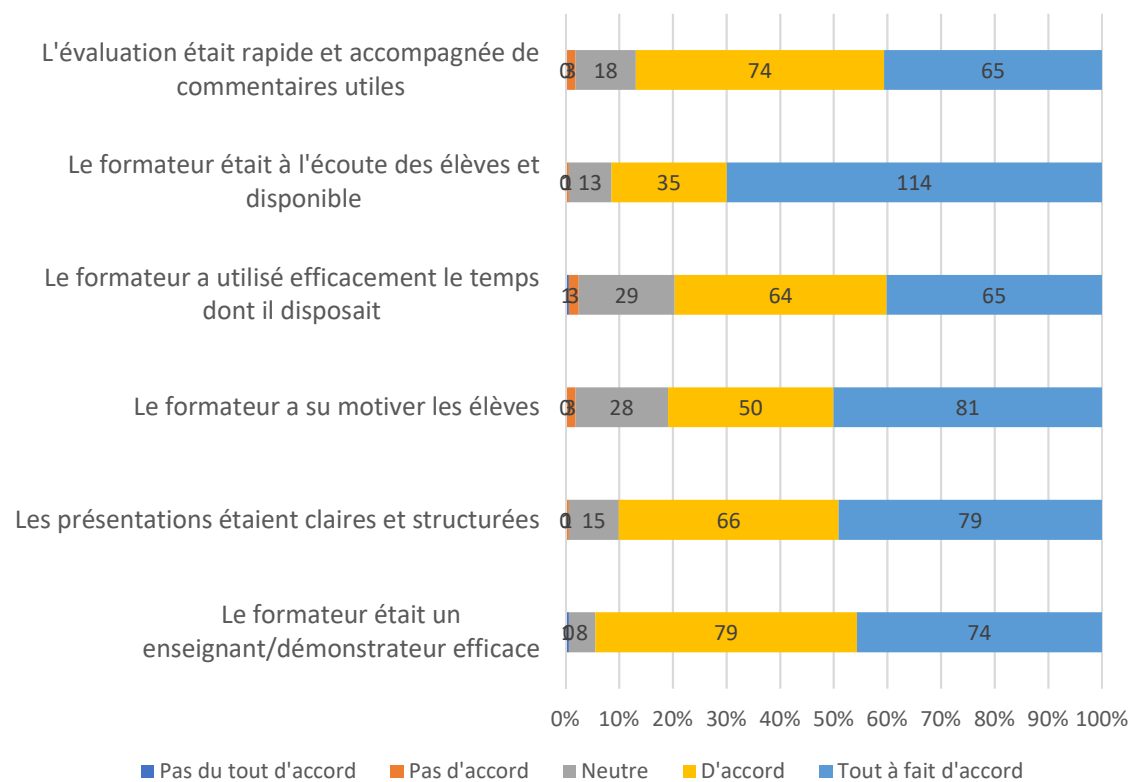


FIGURE D.1 – Résultat compétences et réactivité du formateur.
Les nombres dans les barres indiquent le nombre de réponse.

Bibliographie

- [1] Ai experiments.
<https://experiments.withgoogle.com/collection/ai>.
- [2] Ai4all.
<https://ai4all.docebosaas.com>.
- [3] Analytics.
<https://analytics.google.com/analytics/web/>.
- [4] Artificial intelligence explorations and their practical use in schools.
<https://id.iste.org/connected/resources/product?id=4197&format=Online%20course&name=Artificial+Intelligence+Explorations+and+Their+Practical+Use+in+Schools>.
- [5] Convnetjs - deep learning in your browser.
<https://cs.stanford.edu/people/karpathy/convnetjs/>.
- [6] An end-to-end open source machine learning platform.
<https://www.tensorflow.org/>.
- [7] Firebase.
<https://firebase.google.com/>.
- [8] Google.
<https://www.google.com/>.
- [9] An introduction to machine learning with decision trees.
<https://dzone.com/articles/machine-learning-with-decision-trees>.
- [10] Jekyll multiple languages plugin.
<https://github.com/Anthony-Gaudino/jekyll-multiple-languages-plugin>.
- [11] k-nearest neighbor (knn) classifier.
<http://demonstrations.wolfram.com/KNearestNeighborKNNClassifier/>.
- [12] K-nearest neighbors demo.
<http://vision.stanford.edu/teaching/cs231n-demos/knn/>.
- [13] Learn with google ai.
<https://ai.google/education/>.

- [14] Measuring u.
<https://measuringu.com/interpret-sus-score/>.
- [15] Neural network playground.
<https://playground.tensorflow.org>.
- [16] Votre enseignant en ligne.
<https://github.com/UCL-INGI/INGInious>.
- [17] Dmitry Baranovskiy. Raphaël—javascript library.
<https://dmitrybaranovskiy.github.io/raphael/>.
- [18] Mike Bostock. Data-driven documents.
<https://d3js.org/>.
- [19] John Brooke et al. Sus-a quick and dirty usability scale. *Usability evaluation in industry*, 189(194) :4–7, 1996.
- [20] Code.org. Apprends avec code studio.
<https://studio.code.org/courses>.
- [21] Wikimedia Commons. File :knnclassification.svg — wikimedia commons,, 2016. [Online ; accessed 8-juin-2019]
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?title=File:KnnClassification.svg&oldid=209850200>.
- [22] coursera. Ai for everyone.
<https://fr.coursera.org/learn/ai-for-everyone>.
- [23] Dheeru Dua and Casey Graff. Uc irvine machine learning repository, 2017.
<https://archive.ics.uci.edu/ml/datasets.php>.
- [24] edureka! Artificial intelligence tutorial for beginners | edureka.
https://www.youtube.com/playlist?list=PL9ooVrP1hQOGHNaCT7_fwe9AabjZI1RjI.
- [25] edX. Artificial intelligence courses.
<https://www.edx.org/learn/artificial-intelligence>.
- [26] Hubert Eichner. Neural net for handwritten digit recognition in javascript.
<http://myselfph.de/neuralNet.html>.
- [27] Hubert Eichner. Neural net for handwritten digit recognition in javascript, 2014.
<http://myselfph.de/neuralNet.html>,.
- [28] Inc. Evollve. Ozoblockly.
<https://ozoblockly.com/>.
- [29] ez robot. Blockly - courses - learn - ez-robot.
<https://www.ez-robot.com/Tutorials/Lesson/75>.

- [30] Inc. GitHub. The world's leading software development platform.
<https://github.com/>.
- [31] Google. Blockly games - jeux pour les programmeurs de demain.
<https://blockly-games.appspot.com/>.
- [32] Google. A javascript library for building visual programming editors, 2012.
<https://developers.google.com/blockly/>.
- [33] Alita Joyce and Jakob Nielsen. Teenager's ux : Designing for teens, March 2019.
<https://www.nngroup.com/articles/usability-of-websites-for-teenagers/>.
- [34] Grok Learning. Intro to programming (blockly).
<https://groklearning.com/course/intro-blockly-1/>.
- [35] Microsoft. Ai school.
<https://aischool.microsoft.com/en-us/home>.
- [36] Microsoft. Azure machine learning sdk for python ?
<https://docs.microsoft.com/fr-be/python/api/overview/azure/ml/intro?view=azure-ml-py>.
- [37] Tom Preston-Werner. Jekyll • simple, blog-aware, static sites | transform your plain text into static websites and blogs, 2008.
<https://jekyllrb.com>.
- [38] Michel Servoz. The future of work ? work of the future!, May 2019.
https://ec.europa.eu/newsroom/dae/document.cfm?doc_id=58918.
- [39] Wikipédia. Arbre de décision (apprentissage) — wikipédia, l'encyclopédie libre, 2019. [En ligne ; Page disponible le 1-janvier-2019]
[http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Arbre_de_d%C3%A9cision_\(apprentissage\)&oldid=155387962](http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Arbre_de_d%C3%A9cision_(apprentissage)&oldid=155387962).
- [40] Wikipédia. Méthode des k plus proches voisins — wikipédia, l'encyclopédie libre, 2019. [En ligne ; Page disponible le 10-avril-2019]
http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=M%C3%A9thode_des_k_plus_proches_voisins&oldid=158322796.
- [41] Wikipédia. Réseau de neurones artificiels — wikipédia, l'encyclopédie libre, 2019. [En ligne ; Page disponible le 20-mai-2019]
http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=R%C3%A9seau_de_neurones_artificiels&oldid=159411520.

UNIVERSITÉ CATHOLIQUE DE LOUVAIN

École polytechnique de Louvain

Rue Archimède, 1 bte L6.11.01, 1348 Louvain-la-Neuve, Belgique | www.uclouvain.be/epl