



**UNIVERSITÉ
DE GENÈVE**

CENTRE UNIVERSITAIRE
D'INFORMATIQUE

Vers une démocratisation de l'IA : Création automatique de contenu éducatif à l'aide de l'intelligence artificielle

Allaoua Nazim *

Etudiant en Bachelor en Systèmes d'informations et Sciences des services

Abstract

Cet article explore l'application de l'intelligence artificielle dans le domaine de l'éducation en ligne, en se concentrant sur la génération automatisée de formations e-learning. À travers le développement et l'évaluation de l'artefact AI-Learning, nous abordons des questions clés liées à la rapidité, au coût et à la qualité des formations générées. Les résultats montrent que l'artefact est capable de générer 51 formations complètes en environ deux heures pour un coût environ de 15 dollars, tout en offrant une qualité comparable, voire supérieure, à des formations traditionnelles. L'étude souligne le potentiel de l'intelligence artificielle pour démocratiser l'accès à l'éducation de qualité et ouvre des perspectives pour des recherches futures.

Keywords: Intelligence artificielle, E-learning, Génération de contenu, GPT

1. Introduction

Pouvons-nous rendre l'apprentissage en ligne à la fois abordable et de qualité grâce à l'intelligence artificielle ?

En explorant les possibilités offertes par l'intelligence artificielle dans le domaine de l'e-learning, mon travail tente d'étudier cette question en profondeur et espère poser les bases d'un système qui pourrait bien changer la donne dans l'éducation en ligne.

* e-mail: nazim.allaoua@etu.unige.ch

1.1. Contexte et cadre de l'étude

Cette recherche est menée dans le cadre de mon Bachelor en Systèmes d'information et Science des services du Centre Universitaire d'Informatique de l'Université de Genève.

En tant que projet de fin d'études, elle vise à explorer l'intersection entre l'intelligence artificielle (IA) et l'e-learning, deux domaines en pleine expansion. Cette étude est supervisée par le professeur Laurent Moccozet.

1.2. Énoncé du problème

Bien que l'e-learning soit de nos jours très populaire, la plupart des formations en ligne de qualité sont coûteuses. Certes, il en existe certaines qui sont accessibles gratuitement, mais elles sont souvent de mauvaises qualités ou insuffisamment approfondies.

L'essor de l'IA a ouvert de nouvelles possibilités dans le domaine de l'e-learning. Il est désormais possible de se former seul, pour de moindres coûts, en utilisant ces nouvelles technologies. Cependant, l'utilisation efficace de ces outils nécessite souvent des connaissances avancées en informatique, ce qui peut être un obstacle pour de nombreux apprenants. De plus, même pour ceux qui sont capables d'utiliser efficacement ces nouveaux outils, le processus peut être laborieux et chronophage.

Ce travail va donc tenter répondre à ces deux problématiques en développant un processus automatisé pour la création et la mise à disposition de contenu e-learning de qualité, accessible et abordable, en utilisant le modèle Generative Pre-trained Transformer (GPT) développé par la société OpenAI.

1.3. Objectifs de l'étude

L'objectif principal de cette recherche est de poser les bases d'un système capable de générer automatiquement du contenu e-learning de haute qualité et de le mettre à disposition sur un site web. Il s'agit d'une première étape d'un projet ambitieux qui, je l'espère, s'étendra sur plusieurs itérations. L'ambition est de créer un système qui évoluera avec les progrès de l'IA et qui, à terme, pourra produire des formations de qualité comparable à celles créées par des experts humains.

Une étape cruciale, à aborder dans une future itération potentielle, est la validation du contenu que l'IA produit par des experts du domaine. Pour cette première itération, en raison de contraintes de temps et de ressources, cette vérification ne sera pas possible. Cependant, des mécanismes seront mis en place afin de permettre des demandes de modifications sur la structure ou le contenu de la formation lors de la phase de génération assistée par intelligence artificielle. Cela garantira une certaine qualité dans les formations, mais exigera également que la personne qui génère la formation ait une bonne connaissance du domaine en question.

En fin de compte, l'objectif final de ce projet ambitieux est de créer une plateforme où l'on peut consulter du contenu e-learning à des prix très abordables, avec un catalogue vaste, et où chaque formation est de qualité et a été générée totalement automatiquement à l'aide de l'IA.

1.4. Importance de l'étude

Cette recherche est d'une importance cruciale à plusieurs niveaux. Tout d'abord, elle répond à un besoin réel d'accès à des formations de qualité, abordables et facilement accessibles. Ensuite, elle contribue à la démocratisation de l'intelligence artificielle en permettant à un public plus large de bénéficier des avancées de l'IA. Pour finir, en testant les limites de l'IA dans la création de contenu éducatif, cette

recherche offre une occasion unique d'évaluer l'état actuel de l'IA et son potentiel pour "imiter" les capacités humaines.

En tant que première itération d'un projet de grande envergure, cette recherche a le potentiel d'inspirer et de guider d'autres travaux dans ce domaine passionnant.

2. État de l'art

2.1. Travaux antérieurs : états de l'art

L'intersection entre l'intelligence artificielle et l'e-learning est un domaine de recherche en pleine expansion. Plusieurs études se sont intéressées à ce sujet, notamment en ce qui concerne la qualité, l'accessibilité et l'abordabilité de l'éducation en ligne.

Une étude réalisée en 2020 a examiné les applications de l'apprentissage profond (DL) dans le développement des ressources e-learning. Cette étude a mis en évidence comment les prédictions, les algorithmes et les analyses peuvent être combinés pour créer des expériences d'e-learning plus personnalisées [1].

Dans un autre travail publié en 2018, les chercheurs ont analysé la technologie disponible pour créer un nouveau concept d'e-learning où l'IA et la réalité augmentée sont unies. Cette étude a souligné le potentiel de ces technologies pour créer des scénarios de formation complexes, en particulier dans l'industrie de la défense [2].

Une revue de la littérature réalisée en 2021 a identifié les principales techniques et outils utilisés dans l'application de l'IA et de l'Internet des objets (IoT) dans les contextes d'apprentissage à distance. Cette revue a également discuté des implications pour la recherche future dans ce domaine [3].

En ce qui concerne l'impact de ChatGPT sur l'éducation, une revue rapide de la littérature a été réalisée. Cette revue a examiné comment ChatGPT peut être utilisé dans des contextes éducatifs et quel impact il peut avoir sur l'apprentissage [4].

2.2. E-learning et technologies d'apprentissage

Dans le domaine de l'e-learning et des technologies d'apprentissage, plusieurs avancées et tendances notables ont été observées. L'importance croissante des écoles virtuelles dans le paysage éducatif a été soulignée, avec une attention particulière portée à la nécessité d'une planification stratégique et d'une mise en œuvre efficace pour assurer le succès de ces initiatives [5].

Par ailleurs, des directives pour la conception de l'apprentissage multimédia ont été explorées, soulignant l'application de principes pédagogiques solides pour maximiser l'efficacité de l'e-learning [6].

L'impact de l'e-learning sur l'éducation a aussi été étudié, avec des constatations indiquant que l'e-learning peut avoir un impact significatif sur l'efficacité et l'efficience de la formation en milieu de travail [7].

Enfin, des aperçus précieux sur l'application pratique de l'e-learning ont été fournis à travers des expériences partagées d'une salle de classe en ligne, mettant en évidence les défis et les opportunités associés à cette modalité d'enseignement [8].

2.3. Modèles de génération de contenu automatique

Dans le domaine de la génération automatique de contenu, plusieurs modèles et techniques ont été explorés pour leur application dans le domaine de l'éducation. Une étude [9] a démontré l'importance des modèles d'apprentissage automatique pour la génération de contenu pédagogique. Les chercheurs ont utilisé des modèles de langage de grande taille pour générer automatiquement des exercices de programmation et des explications de code. Cependant, ils ont souligné la nécessité d'une supervision pour garantir la qualité du contenu généré, indiquant que le modèle peut générer des réponses incorrectes ou inappropriées sans une supervision adéquate.

Un système innovant qui génère de nouvelles séquences de tête parlante adaptées au traitement des patients atteints de troubles de la voix a été proposé [10]. Ce système utilise une combinaison de techniques de modélisation 3D et de synthèse vocale pour créer des vidéos de modélisation par soi-même, qui ont été montrées pour aider les patients à améliorer leur voix.

En ce qui concerne les forces, les limites et les applications potentielles de ces modèles, un aperçu complet de ChatGPT, en mettant l'accent sur ses applications, ses avantages et ses limites a été offert [11]. Les chercheurs ont discuté des nombreuses applications de ChatGPT, y compris la génération de contenu. Ils ont souligné la nécessité de prendre en compte les implications éthiques lors de l'utilisation de ces modèles.

2.4. Intelligence Artificielle (IA) et Machine Learning (ML) dans l'éducation

L'intelligence artificielle (IA) et l'apprentissage automatique (ML) jouent un rôle de plus en plus important dans l'éducation, en améliorant à la fois l'efficacité et l'accessibilité de l'apprentissage. Par exemple, une étude a montré que l'IA et le ML sont des technologies appropriées pour développer les compétences des étudiants, créer un environnement d'apprentissage collaboratif et rendre la recherche plus accessible dans les établissements d'enseignement supérieur [12].

De plus, les algorithmes d'apprentissage automatique et d'apprentissage profond sont utilisés dans plusieurs aspects de l'apprentissage numérique. Cela comprend l'utilisation de tuteurs intelligents, les prédictions de décrochage, les prédictions de performance, l'apprentissage adaptatif et prédictif, l'analyse de l'apprentissage, l'apprentissage en groupe ainsi que l'automatisation [13].

L'IA a également un impact sur l'adaptabilité sociale des adolescents. Une étude a révélé que l'IA dans l'éducation peut influencer positivement l'adaptabilité sociale des adolescents [14].

L'incorporation de modèles de langage comme ChatGPT dans l'éducation est également en train de devenir un sujet de recherche important. Une étude a présenté une analyse SWOT (forces, faiblesses, opportunités, menaces) de ChatGPT et a proposé des moyens d'intégrer correctement ce modèle dans les pratiques d'enseignement et d'apprentissage pour exploiter son potentiel [15].

Une autre étude a exploré l'impact de l'intégration de ChatGPT avec des systèmes de gestion de l'apprentissage comme Moodle. Cette étude suggère une transformation significative dans le domaine de l'apprentissage en ligne grâce à l'IA [16].

En ce qui concerne l'éducation en ingénierie logicielle, une étude a souligné l'importance de fournir des directives pour l'utilisation de l'IA générative dans les cours. Elle met en garde contre l'utilisation non supervisée par les étudiants, qui pourrait avoir un impact négatif sur leur apprentissage [17].

2.5. Éthique

L'une des préoccupations majeures dans le domaine de l'e-learning assisté par l'IA concerne les droits d'auteur. Une étude menée récemment a souligné l'impact de l'intelligence artificielle sur l'intégrité académique, notamment en ce qui concerne le contenu généré par des algorithmes [18]. Le respect des droits d'auteur est crucial pour maintenir l'intégrité académique et éthique des plateformes d'e-learning. Le non-respect de ces droits peut entraîner des problèmes juridiques et éthiques, remettant en question la crédibilité de la plateforme et de son contenu.

La vérification du contenu est une autre question éthique importante. Une étude a examiné les technologies de supervision des examens en ligne et a soulevé des questions éthiques telles que l'intégrité académique, l'équité et la non-malfaisance [19]. L'IA peut être utilisée pour surveiller et vérifier le contenu, mais cela soulève des questions sur la transparence, le respect de l'autonomie et la vie privée. Il est donc essentiel de mettre en place des mécanismes de vérification du contenu qui respectent ces principes éthiques.

Le remplacement potentiel des enseignants par des IA est un sujet de débat éthique et pédagogique. Une étude réalisée en Californie a examiné si l'IA remplacerait ou assisterait les enseignants dans l'enseignement supérieur [20].

Bien que l'IA offre des avantages en termes de personnalisation et d'efficacité, elle ne peut pas remplacer l'interaction humaine et le jugement pédagogique qui sont essentiels dans le processus d'apprentissage. De plus, une autre étude a souligné les avantages et les inconvénients de l'utilisation de l'IA dans l'éducation tertiaire, y compris les considérations éthiques relatives à la gestion des données et à la vie privée [21].

2.6. Modèle GPT : importance des prompts

L'importance des prompts dans les modèles GPT est un sujet de recherche en pleine expansion. Les prompts sont essentiels pour guider les modèles GPT dans la production de réponses appropriées et précises. Cependant, la conception de prompts efficaces est plus un art qu'une science, nécessitant souvent des essais et des erreurs pour obtenir de bonnes performances [22].

Des études ont montré que la performance des modèles GPT peut varier considérablement en fonction des prompts utilisés. Par exemple, une analyse des performances de GPT-3 dans la correction d'erreurs grammaticales a révélé des différences significatives dans les performances en fonction des prompts utilisés [23].

Une autre étude a montré que différents formats de prompts peuvent produire des résultats intrigants ou problématiques lors de l'utilisation de modèles GPT pour la correction d'erreurs grammaticales [24].

Il existe également des outils pour faciliter la conception et les tests de prompts, comme Experiment Maker, qui aide à minimiser l'effort nécessaire pour concevoir et tester différents prompts et configurations [22].

De plus, des techniques comme le "Prefix-Tuning" ont été proposées pour optimiser les prompts pour la génération de texte en gardant les paramètres du modèle de langage gelés et en optimisant plutôt une séquence de vecteurs spécifiques à la tâche, appelée le préfixe [25].

En outre, des recherches ont montré que les prompts peuvent être utilisés pour améliorer la fiabilité des modèles GPT. Par exemple, une étude a montré que l'ajout d'une mémoire de cas enregistrés où le modèle a mal compris les intentions de l'utilisateur, ainsi que des commentaires de l'utilisateur pour clarification, peut permettre au système de produire des prompts améliorés pour les nouvelles requêtes [26].

2.7. Technologies d'interface utilisateur pour l'e-learning

Dans le domaine de l'e-learning, l'évolution des technologies d'interface utilisateur a joué un rôle crucial dans l'amélioration de l'expérience d'apprentissage et l'engagement des apprenants. La conception d'interfaces utilisateur efficaces pour les systèmes d'e-learning a été explorée, soulignant l'importance d'une conception centrée sur l'utilisateur qui combine toutes les fonctionnalités de manière simple et organique pour assurer l'efficacité de l'interface [27].

De plus, l'impact de la conception de l'expérience utilisateur (UX) et de l'interface utilisateur (UI) sur les plateformes d'apprentissage en ligne a été étudié, indiquant que l'attention portée à la conception de l'interface et à l'expérience utilisateur de ces plateformes est cruciale pour un apprentissage efficace [28].

Enfin, l'importance de la conception d'interfaces intelligentes pour les systèmes d'e-learning a été soulignée, en identifiant les caractéristiques des utilisateurs pertinentes pour l'adaptation du système et en étudiant leur effet sur les résultats d'apprentissage des utilisateurs dans l'environnement d'e-learning [29].

3. Méthodologie Design Science

La recherche en Design Science (DSR) dans les systèmes d'information est une méthodologie de recherche qui a pour but de créer de nouvelles connaissances en développant des artefacts innovants et en évaluant leur efficacité [30]. Ces artefacts peuvent être des modèles, des méthodes, des techniques ou des systèmes d'information. La DSR est particulièrement adaptée aux systèmes d'information car ces derniers sont toujours en évolution et nécessitent une adaptabilité constante. Cela pose des défis de conception uniques qui nécessitent des idées innovantes et créatives [31].

La DSR suit un cadre bien défini et des directives claires pour mener à bien la recherche [31]. Ce cadre se concentre sur trois objectifs principaux : la pertinence, la conception et l'évaluation [32]. La pertinence concerne l'identification d'un problème de recherche significatif dans le monde réel. La conception est le processus de création d'un artefact pour résoudre ce problème. L'évaluation vise à déterminer à quel point l'artefact résout le problème [32].

4. Identification des besoins et des exigences

L'artefact développé dans le cadre de ce projet de recherche est séparé en deux éléments :

- Une application web
- Un site web

L'application web est dédiée à la génération automatique des formations en s'appuyant sur l'API d'OpenAI. Elle s'occupe ensuite de pousser les formations directement sur le site web, qui sert donc de vitrine où les utilisateurs peuvent accéder aux différentes formations générées.

4.1. Besoins du projet

- Développement d'un processus complet pour générer les formations de bout en bout à l'aide de l'API d'OpenAI.
- Choix du bon modèle OpenAI à utiliser pour la génération des formations.
- Élaboration de stratégies et définition des prompts pour garantir des formations complètes et de qualité.

- Définition des critères de qualité pour évaluer les formations générées.
- Développement d'un site web permettant de mettre à disposition les formations générées.
- Processus d'intégration automatique des formations générées par l'application web sur le site web.
- Mise en place d'une collection vaste et diversifiée de formations sur le site web.

4.2. Exigences fonctionnelles

- Génération des formations – Application web
 - Une interface utilisateur doit permettre à l'administrateur de consulter et modifier les formations générées.
 - Les formations doivent être générées automatiquement en fournissant uniquement un sujet à l'application web.
 - Des demandes de modifications du plan ou du contenu de la formation à l'API doivent être possibles.
 - Une fois validées, les formations doivent être automatiquement (sans action humaine) mise à disposition sur le site web.
- Consultation des formations – Site web
 - Le site web doit comprendre une partie qui explique le travail de recherche derrière ce projet.
 - Le site web doit contenir uniquement des formations qui ont été générées et intégrée par l'application web.
 - Le site web doit comprendre un catalogue vaste de formations.

4.3. Exigences non-fonctionnelles

- **Performance** : L'application web doit générer des formations de manière rapide, simple et efficace.
- **Esthétique** : L'application web et le site web doivent avoir un design attrayant et professionnel et la navigation doit être fluide et intuitive.
- **Disponibilité** : Le site web doit être accessible 24/7.
- **Réactivité** : Le site web doit être responsive pour s'adapter à différents types d'appareils (ordinateurs, smartphones et tablettes).
- **Coût** : Les coûts de développement et de maintenance doivent être faibles.

5. Conception de l'artefact – Application web

5.1. Architecture du système

L'architecture du système est divisée en deux parties principales: le front-end et le back-end. Le front-end est responsable de l'interface utilisateur, tandis que le back-end s'occupe de la gestion des données et de la logique de l'application, y compris l'interaction avec l'API d'OpenAI.

5.1.1. Front-end

Le front-end utilise HTML, CSS, et JavaScript. Ces technologies ont été choisies pour leur simplicité, leur compatibilité avec divers navigateurs et leur facilité de développement. Le design UX/UI est optimisé pour une expérience utilisateur fluide.

5.1.2. Back-end

Le back-end est développé en Python en utilisant le framework Flask. Python a été choisi pour sa syntaxe claire et ses bibliothèques riches, ce qui a facilité le développement. C'est aussi un langage de programmation que je maîtrise.

Flask, étant un framework léger, permet une grande flexibilité dans la structuration du projet. Pour la gestion des données, telles que le sujet de la formation, la description, le plan de formation et le contenu, les variables de session de Flask sont utilisées. Ces variables de session permettent de stocker et de gérer les données de manière temporaire jusqu'à la validation de la formation.

5.1.3. Structure de l'application web

- **Dossier static :** Ce dossier contient tous les fichiers statiques nécessaires pour le front-end. On y retrouve les fichiers JavaScript (*script.js*, *utils.js*) et le fichier de style CSS (*style.css*). Une police TrueType (*KaushanScript-Regular.ttf*) y est également stockée et sert à créer l'image pour les titres des formations sur le site web.
- **Dossier templates :** Il regroupe les fichiers HTML :
 - *admin.html* pour l'interface d'administration.
 - *verify.html* pour la page de vérification du contenu des sections.
 - *course_template.html* comme modèle pour la fiche de formation destinée au site web.
 - *section_template.html* comme modèle pour le contenu d'une section destiné au site web.
- **Racine du projet :** Fichiers Python :
 - *app.py* est le point central de l'application et contient la logique liée à la mise en route du serveur et aux routes de l'application.
 - *utils.py* contient diverses fonctions utilitaires qui sont utilisées à travers le projet.

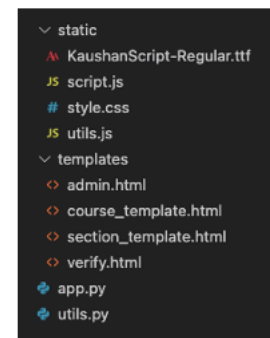


Figure 1 : Structure de l'application web

5.1.4. Code de l'application web

Le code de mon application web est disponible via le lien suivant :

<https://github.com/Ziwo99/AI-Learning-ADMIN>

5.2. Interaction avec l'API d'OpenAI

L'application web interagit avec l'API d'OpenAI pour générer automatiquement les plans et le contenu des formations. Cette interaction est réalisée par des appels API avec des prompts spécialement conçus pour ce projet.

5.2.1. Choix du modèle

Pour ce projet, le modèle GPT-3.5-turbo-16k d'OpenAI est utilisé pour la génération du contenu. Ce choix est motivé par deux raisons principales. Premièrement, il s'agit du modèle gpt le plus puissant et rapide auquel j'ai accès (le modèle gpt-4 est disponible via l'api uniquement sur demande). Deuxièmement, ce modèle a la capacité de générer de longues séquences de texte, ce qui est crucial pour éviter toute limitation lors de la création des formations.

5.2.2. Définition des Prompts

Avant de plonger dans les détails des prompts, voici quelques lignes directrices générales que j'ai suivies afin d'avoir le meilleur résultat possible :

- **Contextualisation** : Chaque prompt commence par donner un contexte à l'IA ("Tu es un expert en création de contenu e-learning..."), ce qui aide à orienter la génération du contenu.
- **Modularité** : Les prompts sont conçus pour être modulables. Ils contiennent des paramètres (sujet, plan de formation, ...) qui seront défini lors de l'appel du prompt.
- **Directives de Format** : Les prompts contiennent des directives explicites sur le format que doit prendre la réponse telles que l'utilisation de sections et de sous-sections numérotées ou encore de balises HTML spécifiques.
- **Exemplification** : Lorsqu'il est nécessaire, des exemples sont inclus dans le prompt pour guider l'IA sur la manière de structurer les réponses ou d'inclure des éléments spécifiques comme des blocs de code.
- **Niveau de Détail** : Les prompts sont formulés de manière à encourager un niveau de détail élevé dans les réponses, en demandant des "descriptions précises", des "explications en profondeur" et des "exemples/codes lorsque cela est pertinent".
- **Répétitions** : Certaines consignes sont répétées plusieurs fois au sein des prompts afin de s'assurer que l'IA les respecte.

Prompt pour la génération du plan de formation :

"Tu es un expert en création de contenu e-learning {subject}.

Ton défi : élaborer un plan de formation e-learning en {subject} qui pourrait être vendu sur les plateformes professionnelles.

La formation doit être un produit de qualité professionnelle, extrêmement complète et aborder tous les angles du sujet, du niveau débutant au niveau expert.

Attention : la structure est cruciale. Le plan doit être organisé en sections numérotées (Section 1., Section 2., Section 3., ...).

Chaque section doit avoir des sous-sections numérotées (1.1, 1.2, 1.3, ..., 2.1, 2.2, 2.3, ...).

Les supports pédagogiques seront principalement du texte et des exemples de code.

*Vise l'exhaustivité : ne néglige aucun élément crucial du {subject} et inclut toutes les facettes, techniques, concepts, pratiques et exemples nécessaires pour une compréhension complète.
Sépare bien la formation en plusieurs sections et sous-section afin de couvrir l'entièreté du sujet.
Écris uniquement des titres de sections et sous-sections. Le respect de cette structure est impératif. Aucun autre texte n'est nécessaire."*

Ce prompt commence par établir le contexte, en posant le cadre que l'IA doit assumer, celui d'un "expert en création de contenu e-learning" sur un sujet donné. Cette contextualisation est cruciale car elle oriente l'IA vers le niveau de complexité et de détail requis.

Le prompt présente ensuite le "défi" : créer un plan de formation qui serait digne d'être vendu sur des plateformes professionnelles. Cela fixe le critère de qualité du contenu à générer. Pour s'assurer que la formation est exhaustive, le prompt exige qu'elle aborde "tous les angles du sujet, du niveau débutant au niveau expert". Ce niveau de détail exigé incite l'IA à plonger dans toutes les facettes possibles du sujet en question.

La structure du contenu est également un élément clé du prompt. Il spécifie que le plan doit être organisé en "sections numérotées" avec des "sous-sections numérotées" ce qui est très important pour pouvoir ensuite analyser la réponse dans le back-end.

Le prompt précise ensuite les types de supports pédagogiques à utiliser, principalement du "texte et des exemples de code" afin de donner une idée du rendu final à l'IA. De plus, il souligne l'importance de l'exhaustivité en insistant sur le fait que "aucun élément crucial" du sujet ne doit être négligé.

Pour finir, le prompt se termine en répétant qu'il faut impérativement respecter la structure demandée et en ajoutant aucun texte supplémentaire (comme un petit texte d'introduction avant de débiter le plan).

Prompt pour la génération du contenu des sections de la formation :

"Tu es un expert en création de contenu e-learning {subject}.

Ton défi : créer un contenu qui atteint un niveau de qualité professionnelle, similaire à ce qui est vendu dans l'industrie du e-learning.

Le plan complet de la formation est le suivant : {training_plan_text}

Écris le contenu de la section {section} de ma formation e-learning {subject} en utilisant les balises HTML appropriées.

Pour la section {section}, utilise la balise <h1>.

Pour les sous-sections {'', '.join(subsections)}, utilise la balise <h2>, sans ajouter "Sous-section X : " avant le nom de la sous-section.

Ce contenu doit être très détaillé, ne laissant aucune question sans réponse. Inclut des descriptions précises, des explications en profondeur et des exemples/codes lorsque cela est pertinent.

Les exemples doivent toujours aller avec des explications détaillées et complètes.

Les paragraphes de texte doivent être encadrés par la balise <p> et les blocs de code par les balises <pre><code>, exactement comme dans l'exemple suivant :

<pre><code>

i = 0;

```
while (!deck.isInOrder()) {{
    print 'Iteration ' + i;
    deck.shuffle();
    i++;
}}
```

print 'It took ' + i + ' iterations to sort the deck.';

</code></pre>

*Assure-toi de fournir des informations précises, complètes et vérifiées.
N'ajoute aucun texte autre que celui de la formation."*

Ce deuxième prompt est conçu pour guider l'IA dans la création du contenu pour chaque section et sous-section des formations. Comme pour le premier prompt, il commence par positionner l'IA comme un "expert en création de contenu e-learning" sur le sujet spécifique.

Le prompt spécifie ensuite que le contenu doit atteindre un "niveau de qualité professionnelle" pour fixer des normes élevées pour la qualité du contenu généré. Il fournit aussi le "plan complet de la formation" qui va aider l'IA à contextualiser la section en cours de génération.

Pour garantir que le contenu généré sera bien formaté et facile à intégrer dans une plateforme e-learning, le prompt donne des directives précises sur l'utilisation des balises HTML. Il spécifie les balises à utiliser pour les sections et les sous-sections et demande que le texte et les blocs de code soient encadrés par des balises spécifiques.

En termes de contenu, le prompt insiste sur la nécessité d'une explication "très détaillée" qui "ne laisse aucune question sans réponse". Il exige des "descriptions précises" et des "explications en profondeur" tout en précisant que les exemples de code doivent être accompagnés d'explications complètes. Cette directive augmente les chances que le contenu généré sera riche et compréhensible.

5.2.3. Formatage des réponses de l'API

Le traitement des réponses générées par l'API est une étape cruciale afin de pouvoir utiliser le contenu généré. Plusieurs fonctions de formatage permettent de transformer la sortie brute de l'API en un contenu structuré et exploitable.

Par exemple, les débuts de texte superflus, tels que "Voici le plan de formation...", sont supprimés pour ne conserver que le contenu pertinent. Le plan d'étude en texte brut est aussi converti en un dictionnaire, qui est ensuite stocké dans les variables de session de Flask. Ce dictionnaire contient le nom des sections comme clé et une liste avec le nom des sous-sections comme valeur. Ce dictionnaire permet un accès plus facile aux différentes sections et sous-sections du plan de formation. Pour finir, un nettoyage est effectué pour éliminer les espaces inutiles, les retours à la ligne excessifs et autres irrégularités de la réponse. Ce processus de formatage assure que le contenu généré est directement prêt à être intégré dans l'interface de l'application web ainsi que sur le site web de manière automatique.

5.3. Interface utilisateur

5.3.1 Structure de l'interface

L'interface utilisateur de l'application web est principalement constituée de deux pages HTML : *admin.html* et *verify.html*.

La conception de l'interface repose sur un système de blocs intégrés dans un conteneur. La taille des blocs varie en fonction du nombre de blocs affichés et chaque bloc possède ses propres fonctionnalités. La page *admin.html* est le cœur de l'application, permettant de choisir le sujet de la formation, générer le plan de formation, le consulter, le modifier, le valider, générer le contenu de chaque section et valider la formation en l'intégrant sur le site web. Ensuite, la page *verify.html* est spécialement conçue pour permettre la vérification et la modification du contenu généré pour chaque section de la formation.

5.3.2 Fonctionnalités de l'interface

L'interface utilisateur offre une gamme complète de fonctionnalités pour la création, la modification et la validation des formations générées :

- Entrer un sujet pour la formation
- Générer un plan de formation pour le sujet choisi
- Demander des modifications sur le plan de formation généré
- Valider le plan de formation et générer le contenu pour les sections
- Consulter le contenu généré pour chaque section
- Demander des modifications sur le contenu d'une section
- Valider la formation entière et l'intégrer sur le site web

5.3.3 Dynamisme de l'interface

Grâce à l'utilisation de JavaScript et des requêtes Ajax, ces pages sont totalement dynamiques. Elles s'adaptent en temps réel au stade de la génération de la formation, présentant ou masquant des blocs et des éléments. Ce niveau de dynamisme rend l'expérience utilisateur plus intuitive et réactive, permettant une navigation fluide à travers les différentes étapes du processus de création de la formation.

L'utilisation de JavaScript et des requêtes Ajax permet aussi d'afficher des messages de chargement le temps des requêtes à l'API d'OpenAI plutôt que d'avoir des pages qui se rechargent pendant de longs instants.

5.3.4 Expérience utilisateur et design

Un soin particulier a été apporté à l'esthétique et à l'ergonomie de l'interface. Le choix des couleurs, des polices et de la disposition des éléments ont été étudié pour offrir une expérience utilisateur optimale. Les blocs de code sont stylisés à l'aide de la bibliothèque highlight.js, améliorant ainsi la visibilité et la compréhension du code.

5.4. Processus de validation

5.4.1 Modification du plan de formation

Le processus de validation commence par la possibilité de modifier le plan de formation généré. Des requêtes peuvent être faites à l'API gpt-3.5 pour demander des modifications spécifiques sur le plan de formation. Un message de chargement est affiché pendant le temps de la requête et le nouveau plan est ensuite affiché, permettant à l'utilisateur de le revoir et de demander d'autres modifications si nécessaire. Ce processus peut être répété jusqu'à ce que le plan soit entièrement satisfaisant. On peut alors valider le plan de formation et générer le contenu de chaque section.

5.4.2 Modification du contenu des sections

Après la génération du contenu des sections, il est possible de les consulter et de demander des modifications via des requêtes à l'API gpt-3.5. Tout comme pour le plan de formation, un message de chargement apparaît pendant que la requête est en cours. Le contenu modifié est ensuite affiché pour révision. Ce cycle de consultation et de modification peut être effectué autant de fois que nécessaire pour chaque section, jusqu'à ce que l'utilisateur soit satisfait du contenu.

5.4.3 Validation finale de la formation

Une fois toutes les étapes de consultation et de modification terminées, un bouton de validation finale est disponible. En cliquant sur ce bouton, la formation est validée avec toutes les dernières modifications apportées au plan et au contenu des sections. La formation est ensuite automatiquement poussée sur le site web, rendant ainsi le contenu accessible au public.

Ce processus de validation en plusieurs étapes assure que le contenu généré est de bonne qualité et conforme aux exigences et aux attentes de l'utilisateur.

5.5. Intégration avec le Site Web

Le site web qui contient toutes les formations générées via l'IA utilise un template libre de droits, codé en utilisant HTML, CSS, JavaScript, Bootstrap et jQuery. Il est hébergé sur GitHub Pages et les détails de ce dernier seront abordés dans la section suivante.

Comme le contenu généré pour les formations est déjà affiché sur l'application web, il est déjà au format HTML. Cela facilite grandement l'intégration sur le site web, car le contenu est donc directement récupérable depuis les variables de session de l'application.

Pour intégrer une nouvelle formation sur le site web, voici les étapes nécessaires :

1. **Génération de la page du cours:** Utilisation de templates HTML et de la bibliothèque Python Jinja2 pour générer la page du cours. Cette page contient le sujet de la formation, sa description et son plan de formation.
2. **Génération des pages des sections:** De même, des templates HTML sont remplis avec le contenu généré pour chaque section de la formation.
3. **Connexion au dépôt GitHub:** Une connexion est établie avec le dépôt GitHub où le site web est hébergé.
4. **Modification du fichier des formations:** Le fichier recensant le catalogue de toutes les formations disponibles sur le site est mis à jour pour inclure la nouvelle formation. Les formations sont classées par ordre alphabétique, la formation est donc ajoutée au bon endroit dans le fichier.
5. **Ajout des nouveaux fichiers:** Les fichiers générés pour la page du cours et les pages des sections sont ajoutés au dépôt.
6. **Enregistrement sur GitHub:** Toutes ces modifications sont ensuite enregistrées, ce qui déclenche une mise à jour automatique du site web.

6. Conception de l'artefact – Site web

6.1 Utilisation d'un template

Pour le développement de mon site web, j'ai choisi d'utiliser un template HTML5UP, spécifiquement le modèle Solid State, accessible via le lien suivant : <https://www.html5up.net/solid-state>

Ce choix s'est imposé, car comme ma formation est déjà générée au format HTML pour son affichage sur l'application Web, l'intégration des formations au site web est facilitée avec un template HTML.

Le modèle Solid State est extrêmement bien conçu, codé en HTML, CSS, JavaScript, jQuery, Bootstrap et autres technologies front-end. Il est également entièrement responsive, garantissant ainsi une expérience utilisateur optimale sur smartphones, tablettes et ordinateurs. Le fait qu'il ait été développé par un professionnel garantit que les meilleures pratiques de l'industrie ont été suivies lors du développement de ce template.

Ce template est distribué sous la licence Creative Commons Attribution 3.0 Unported, qui permet sa modification et sa distribution tant que le crédit est attribué aux créateurs originaux. Par conséquent, tout en adaptant le modèle à mes besoins spécifiques, je respecte les termes de cette licence en donnant le crédit approprié à HTML5UP pour leur excellent travail.

6.2 Personnalisation

6.2.1 Page d'accueil

- **Éléments de base :** Le logo, le texte d'accueil et les descriptions ont été personnalisés pour représenter mon projet.
- **Pages d'informations supplémentaires :** Trois nouvelles pages ont été créées pour fournir plus de contexte et d'informations aux utilisateurs. Ces pages sont les suivantes : "Qu'est-ce qu'AI-Learning ?", "Comment sont générées nos formations ?" et "Projet de recherche". On peut accéder à ces pages depuis la page d'accueil.
- **Collection des formations populaires :** Une section dédiée aux formations les plus populaires a été ajoutée à la page d'accueil. Cette section est accompagnée d'un bouton qui redirige les utilisateurs vers la page contenant le catalogue de toutes les formations.

6.2.2 Page avec le catalogue des formations

- **Création de la page :** Une nouvelle page a été conçue pour afficher toutes les formations offertes, classées par ordre alphabétique.
- **Éléments de chaque formation :** Chaque formation est représentée par une image avec le titre de la formation et un texte descriptif. De plus, un bouton est disponible pour rediriger les utilisateurs vers la fiche détaillée de la formation en question.

6.2.3 Page générique – Fiche de la formation

- **Création du template :** Un modèle de page générique pour les formations a été créé. Ce template sera rempli par l'application web avec les informations de la formation générée.

- **Contenu de la page :** La page contient le sujet de la formation, sa description, ainsi que son plan détaillé.
- **Navigation vers les sections :** Pour chaque section du plan de formation, un bouton est disponible pour rediriger les utilisateurs vers la page contenant le contenu de cette section.
- **Bouton de navigation global :** Un bouton permettant de retourner au catalogue des formations est également disponible sur cette page.

6.2.4 Page générique – Contenu section de la formation

- **Création du template :** Un modèle de page générique pour le contenu des sections des formations a été élaboré. Ce template sera également rempli par l'application web avec les données générées pour les formations.
- **Contenu de la page :** La page affiche le titre de la section et son contenu détaillé.
- **Bouton de retour :** Un bouton est présent pour permettre aux utilisateurs de revenir à la fiche de la formation.
- **Navigation entre les sections :** Des boutons de navigation sont disponibles pour passer à la section suivante ou revenir à la section précédente, facilitant ainsi la navigation au sein de la formation. Petite spécificité, la première section contient uniquement un bouton « Section suivante », tandis que la dernière section comporte uniquement un bouton « Section précédente ».

6.2 Hébergement sur GitHub Pages

J'ai décidé d'héberger mon site web sur GitHub Pages pour plusieurs raisons.

Tout d'abord, étant donné que le site est principalement construit en HTML, CSS et JavaScript, GitHub Pages offre une solution d'hébergement simple et parfaitement adaptée à ce type de contenu statique.

De plus, GitHub Pages est une option gratuite, ce qui est avantageux pour mon projet. Ce service permet d'héberger des sites web sans frais supplémentaires, ce qui rend l'ensemble du projet plus économique.

Enfin, l'une des plus grandes forces de GitHub Pages réside dans sa facilité d'actualisation du contenu. Avec la possibilité de "push" des modifications directement depuis le dépôt GitHub, le processus d'ajout de nouvelles formations au site web est grandement simplifié.

6.3 Intégration avec l'Application Web

Lorsqu'une nouvelle formation est ajoutée au site, plusieurs modifications sont apportées pour assurer son intégration.

Tout d'abord, la page du catalogue des formations est mise à jour pour inclure cette nouvelle formation. La formation est positionnée dans le catalogue en ordre alphabétique pour maintenir une navigation intuitive.

Ensuite, la fiche de la formation et les pages de contenu pour chaque section sont ajoutées au dépôt GitHub Pages.

Les boutons de navigation et les liens hypertextes sont automatiquement configurés pour pointer vers ces nouvelles pages. Ainsi, la nouvelle formation s'intègre parfaitement dans le site web existant, comme si elle avait toujours fait partie du catalogue.

6.4 Structure du site web

- **Dossier AI-Learning :** Ce dossier vide servira à stocker les formations générées. Chaque formation aura son propre sous-dossier, nommé selon le titre de la formation. Ce sous-dossier contiendra des fichiers HTML pour la fiche de la formation et le contenu des différentes sections.
- **Dossier assets :** Ce dossier provient du template et contient plusieurs sous-dossiers:
 - **css:** contient les fichiers CSS qui gèrent le style du site web.
 - **js:** contient les fichiers JavaScript qui ajoutent des fonctionnalités interactives au site.
 - **sass:** contient les fichiers Sass qui sont éventuellement compilés en CSS.
 - **webfonts:** contient les polices web utilisées sur le site.
- **Dossier images:** Ce dossier contiendra toutes les images utilisées sur le site web, y compris les images associées aux formations.
- **Dossier license :** Contient le fichier de licence Creative Commons du template.
- **Fichiers HTML à la racine :**
 - *index.html* : C'est la page d'accueil du site web. Elle contient le logo, le texte d'accueil, des descriptions, et des liens vers d'autres pages importantes comme les pages d'informations et le catalogue des formations.
 - *courses.html* : Cette page sert de catalogue pour toutes les formations offertes. Elle est mise à jour automatiquement lorsque de nouvelles formations sont ajoutées.
 - *ai-learning.html*, *generation.html*, et *research.html* : Ces fichiers sont des pages d'informations qui fournissent un contexte supplémentaire sur différents aspects du projet. Elles répondent respectivement aux questions "Qu'est-ce qu'AI-Learning ?", "Comment sont générées nos formations ?", et "Projet de recherche".

Le code du site web est disponible via le lien suivant : <https://github.com/Ziwo99/Ziwo99.github.io>

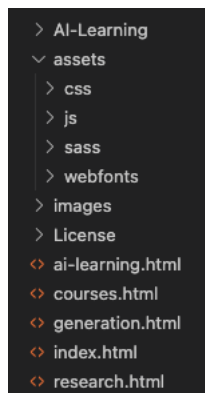


Figure 2 : Structure du site web

7. Implémentation de l'artefact – Application web

Voici la page d'accueil de l'application web :

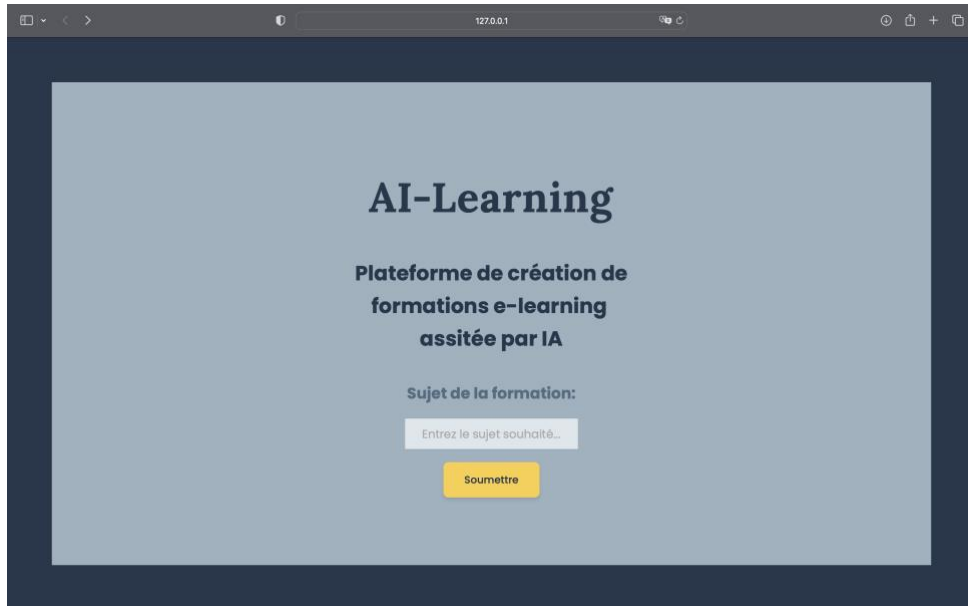


Figure 3 : Page d'accueil - Application web

On peut y entrer le sujet de la formation cliquer sur le bouton « Soumettre » pour lancer la génération du plan de formation pour le sujet entré. Un message de chargement apparaît le temps de la requête. Voici un exemple avec Docker :

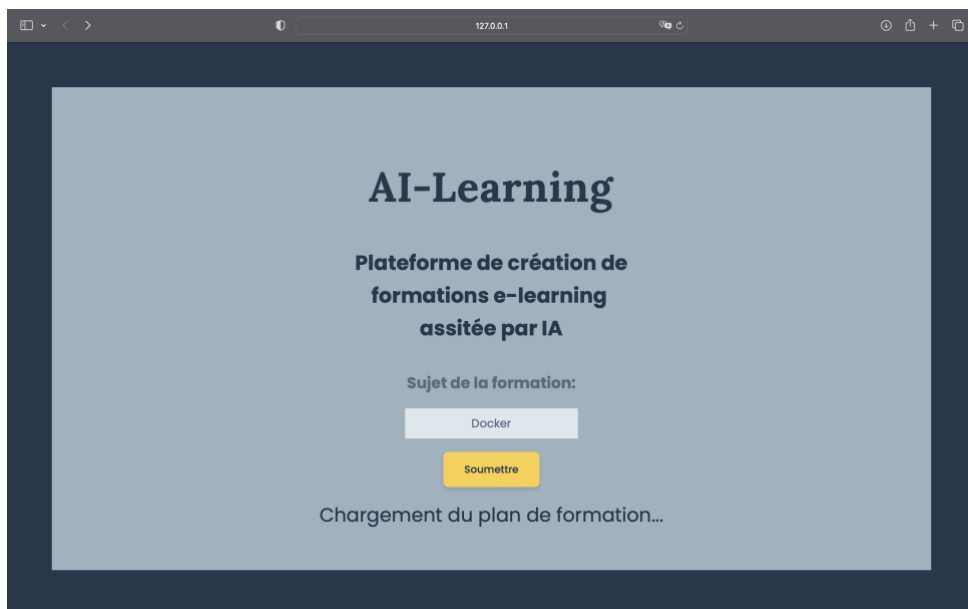


Figure 4 : Choix et soumission du sujet de la formation – Application web

Une fois la génération terminée, le plan d'étude s'affiche pour consultation :

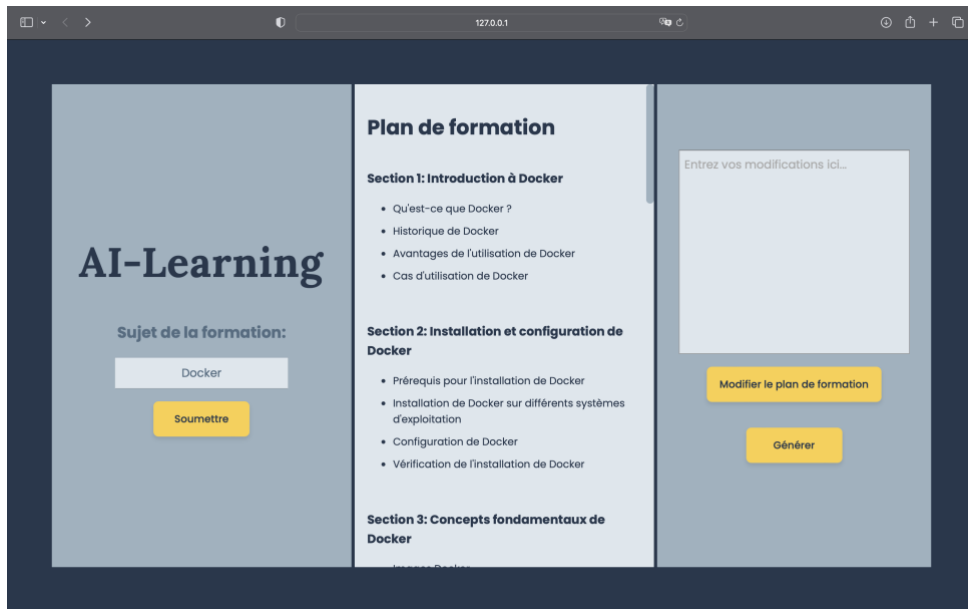


Figure 5 : Affichage du plan de formation généré – Application web

Il est alors possible de demander des modifications du plan sur le champ prévu à cette effet sur le bloc de droite. Une fois les modifications entrées, on peut cliquer sur le bouton « Modifier le plan de formation » afin de lancer la requête de modification du plan. Un message de chargement apparaît le temps de la requête. Demandons de rajouter une section « Histoire de Docker » pour l'exemple :

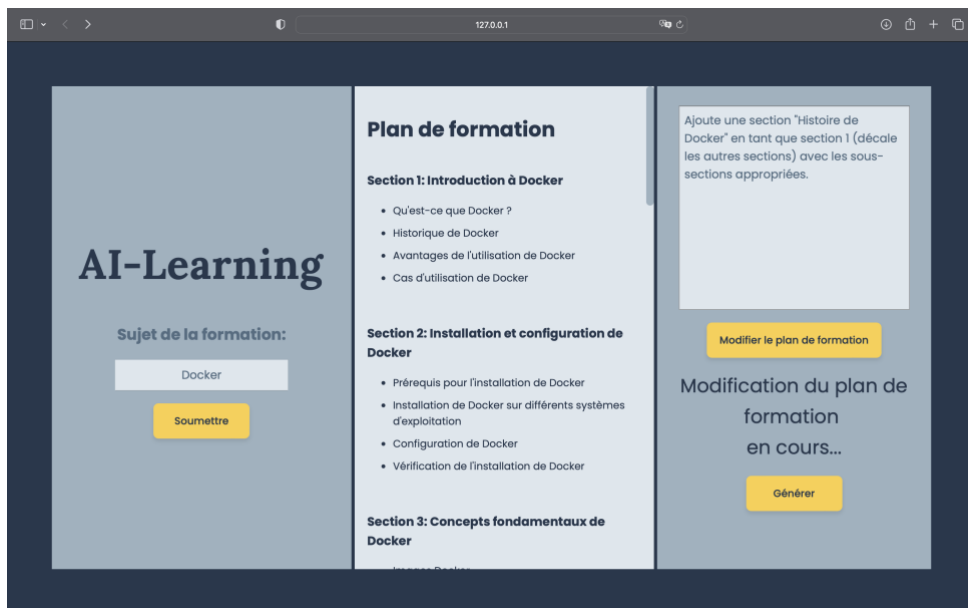


Figure 6 : Modification du plan – Application web

Une fois la requête terminée, le nouveau plan s'affiche avec les modifications demandées :

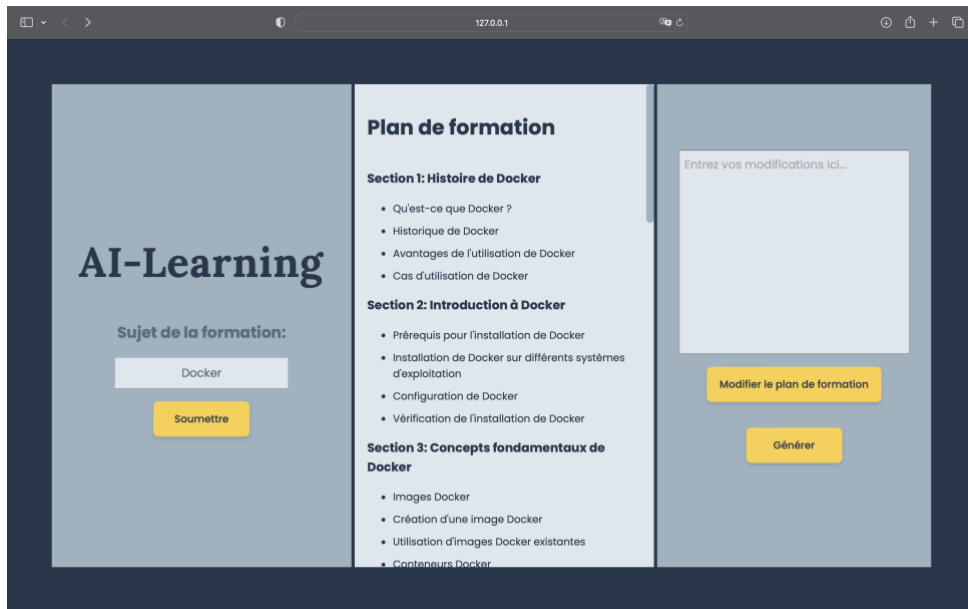


Figure 7 : Affichage du nouveau plan avec les modifications – Application web

On peut ainsi demander des modifications sur le plan jusqu'à ce que ce dernier convienne aux attentes de l'utilisateur. Une fois ce stade atteint, on peut cliquer sur le bouton « Générer » afin de lancer les requêtes pour la génération du contenu des sections. Un message de chargement apparaît le temps que toutes les requêtes terminent :

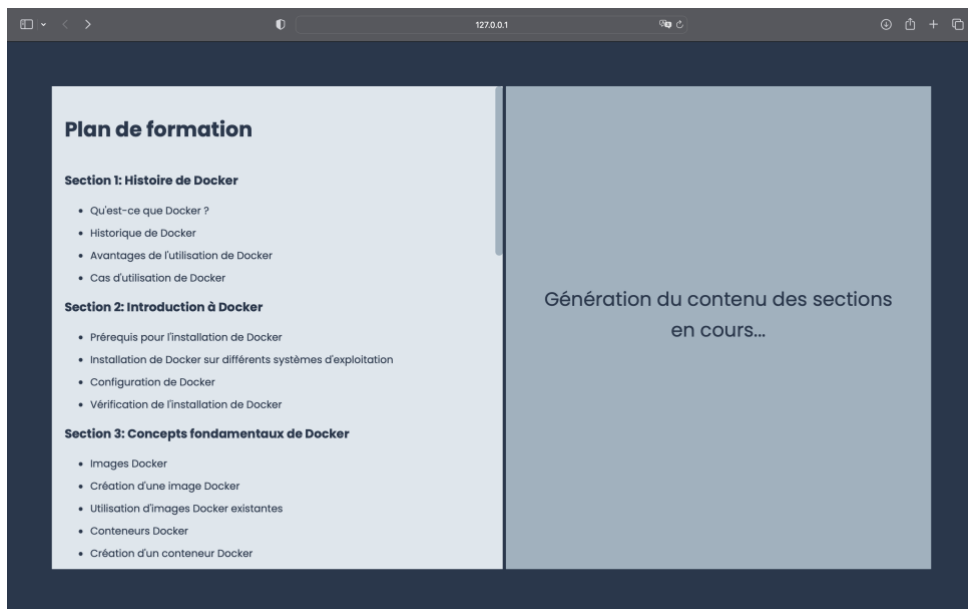


Figure 8 : Génération du contenu des sections – Application web

Une fois que toutes les requêtes sont terminées, un bouton par section apparaît sur le bloc de droite. Ces boutons redirigent sur la page de vérification du contenu de la section en question. Un bouton « Valider la formation » apparaît également. Nous en parlerons par la suite :

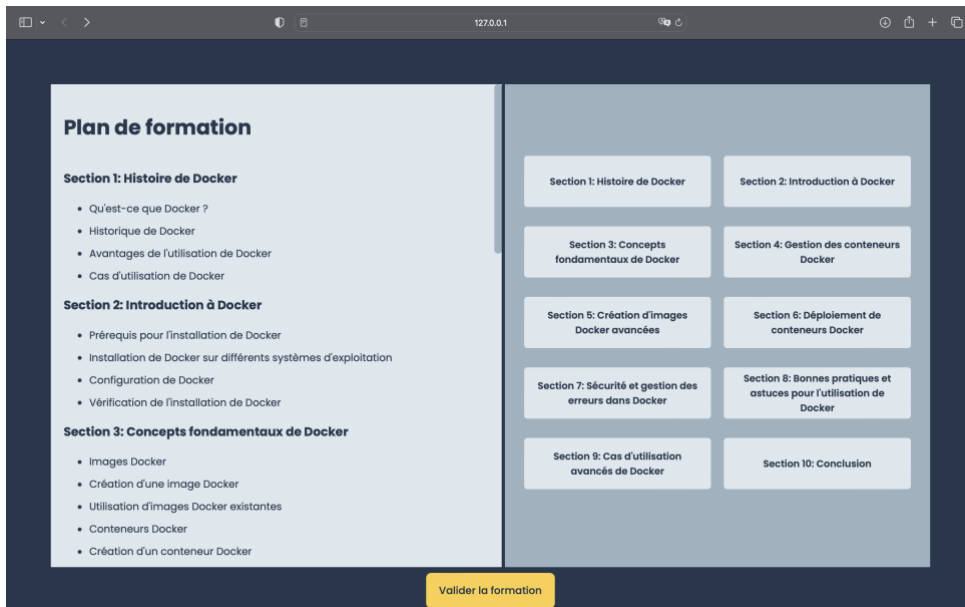


Figure 9 : Boutons sections – Application web

Lorsqu'on clique sur un des boutons, une page de vérification s'ouvre avec le contenu généré pour la section en question. Pour l'exemple, cliquons sur le bouton « Section 6 : Déploiement de conteneurs Docker » :

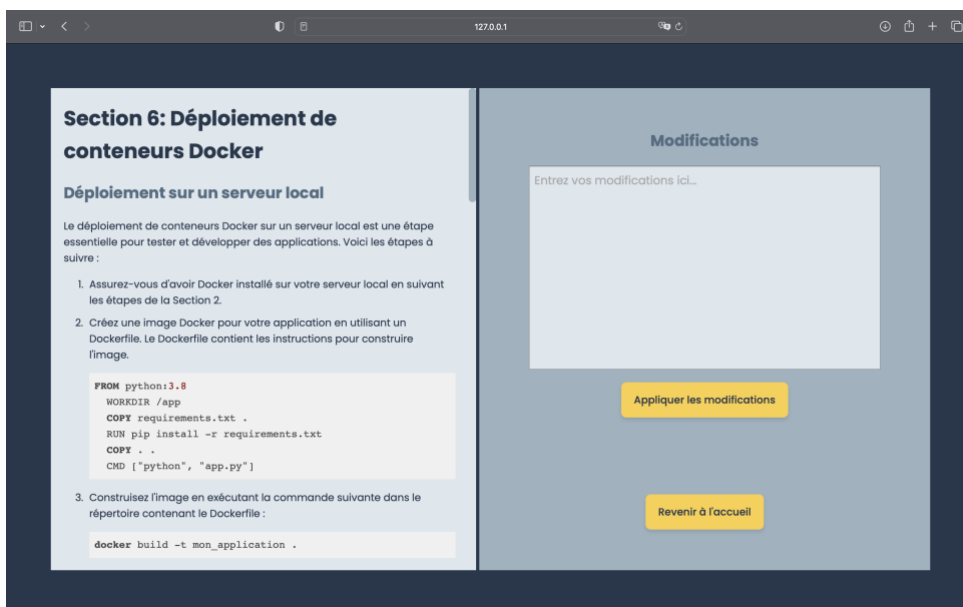


Figure 10 : Page de vérification du contenu d'une section – Application web

On peut alors consulter le contenu généré pour la section choisie. Comme pour le plan de formation, il est possible de faire des demandes de modification du contenu. Un message de chargement apparaît alors le temps de la requête. Pour l'exemple, je vais demander de montrer comment vérifier que Docker est installé sur le serveur local :

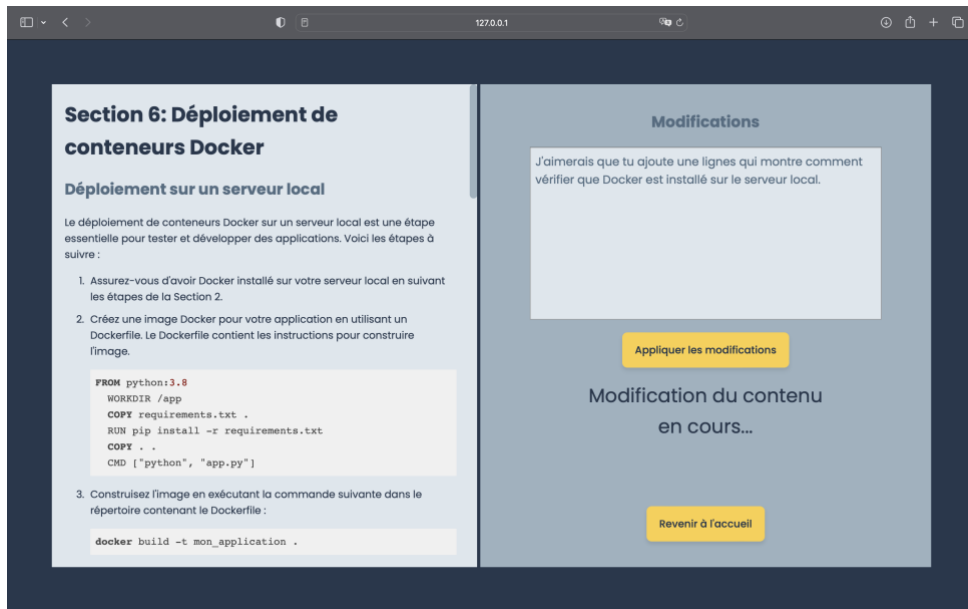


Figure 11 : Modification contenu section – Application web

Une fois la requête terminée, le contenu modifié est mis à jour et peut être consulté :

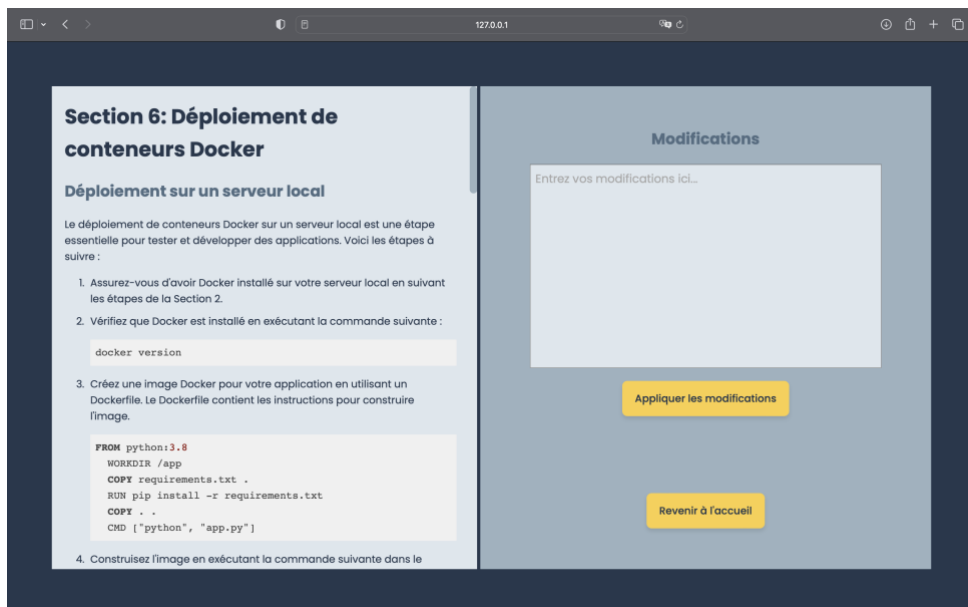


Figure 12 : Affichage du nouveau contenu de section – Application web

Il est ainsi possible de modifier le contenu jusqu'à ce qu'un résultat satisfaisant soit obtenu. On peut ensuite cliquer sur le bouton « Revenir à l'accueil » afin de refaire le même processus pour les autres sections :

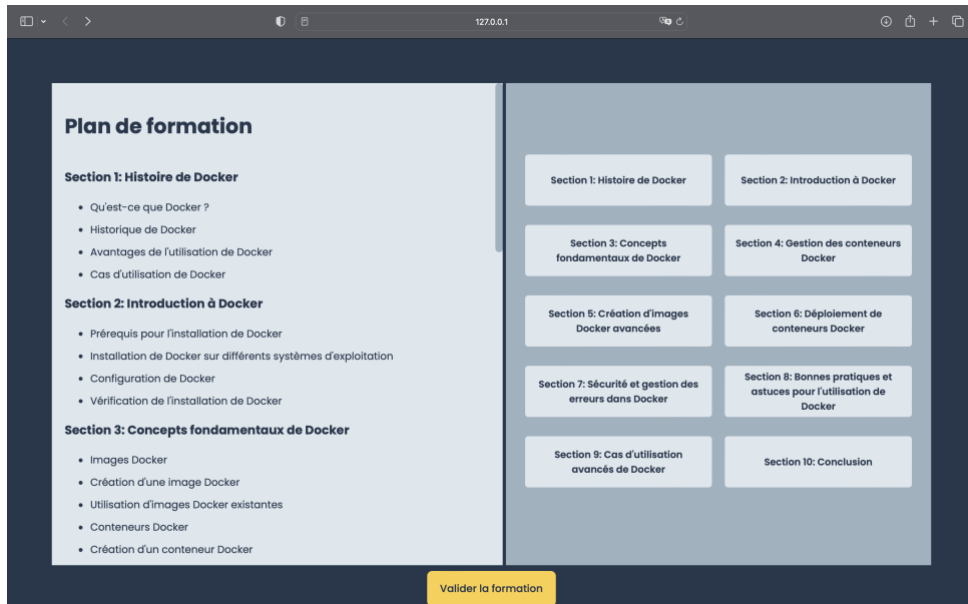


Figure 13 : Vérification des sections – Application web

Une fois que toutes les sections ont été vérifiées, la formation est prête à être validée. Pour ce faire, il suffit de cliquer sur le bouton « Valider la formation ». La formation est alors intégrée sur le site web parmi les autres formations disponibles.

Pour finir, l'application web se réinitialise et est prête à générer une nouvelle formation :

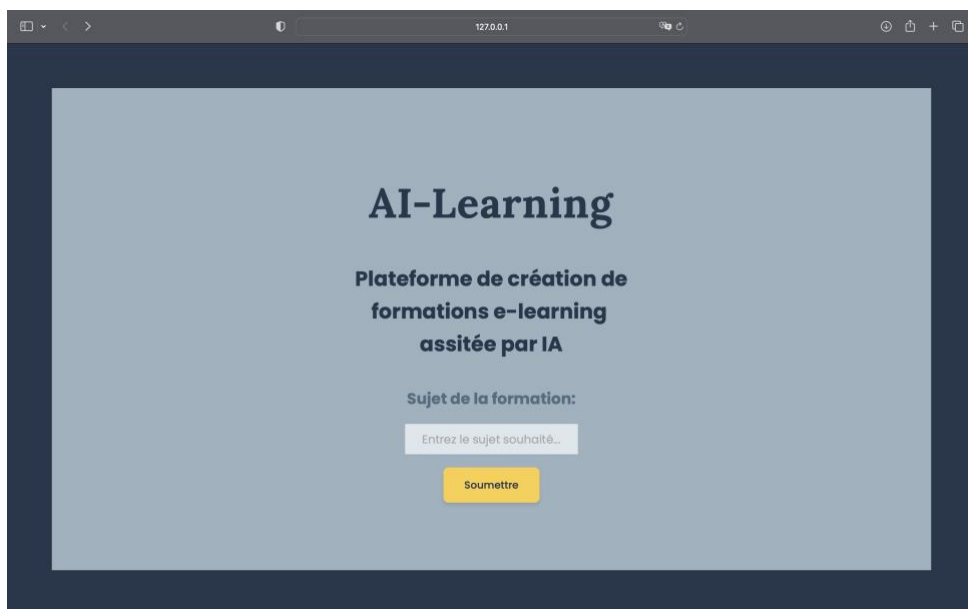


Figure 14 : Réinitialisation – Application web

8. Implémentation de l'artefact – Site web

Mon site web est accessible via l'URL suivante : <https://ziwo99.github.io>

Voici la page d'accueil sur laquelle on arrive :

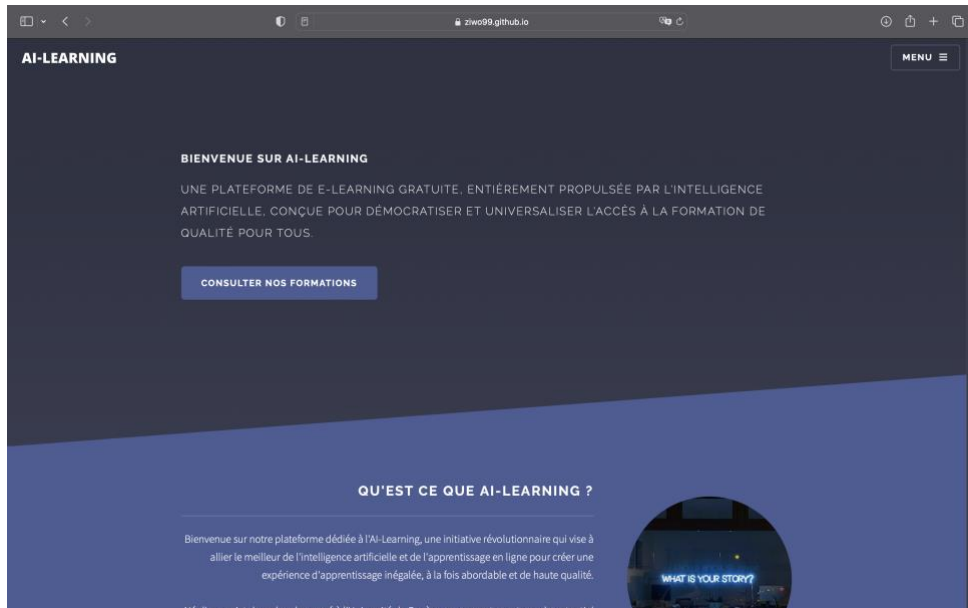


Figure 15 : Page d'accueil – Site web

On y retrouve une petite description de bienvenue et un bouton permettant de se rendre à la page contenant le catalogue de toutes les formations. Nous reviendrons à cette page plus tard. Si nous descendons un peu dans la page, il y aura trois liens vers trois pages d'information sur mon projet :

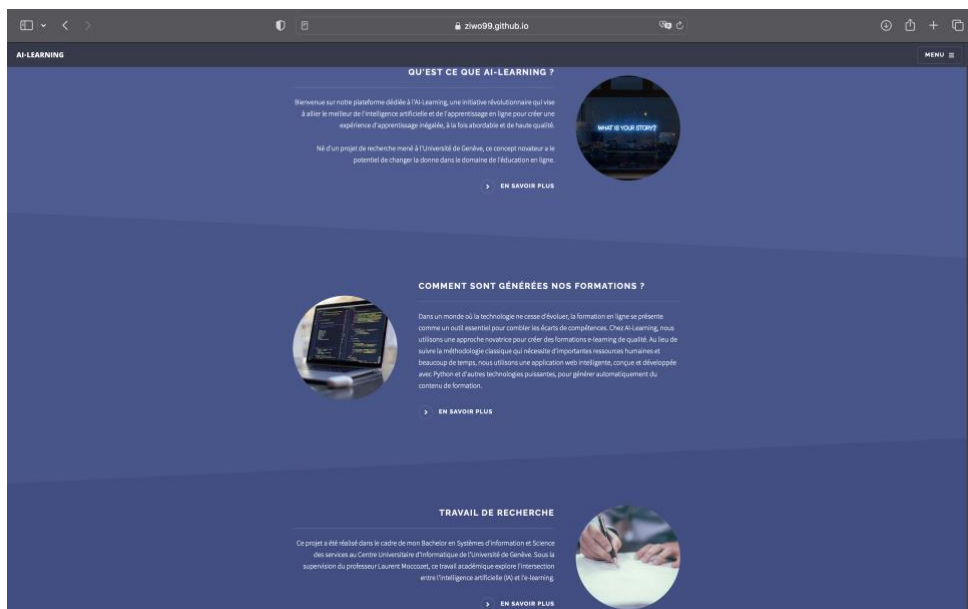


Figure 16 : Pages d'information sur le projet – Site web

Ces trois pages sont : « Qu'est-ce qu'AI-Learning », « Comment sont générées nos formations ? » et « Travail de recherche ». Ces dernières servent à donner plus d'information sur le projet derrière ce site de formations e-learning. La page travail de recherche, quant à elle, permet de télécharger l'article scientifique lié à ce projet (celui que vous êtes en train de lire). Voici un aperçu de ces trois pages :



Figure 16 : Qu'est-ce qu'AI-Learning – Site web



Figure 17 : Comment sont générées nos formation – Site web

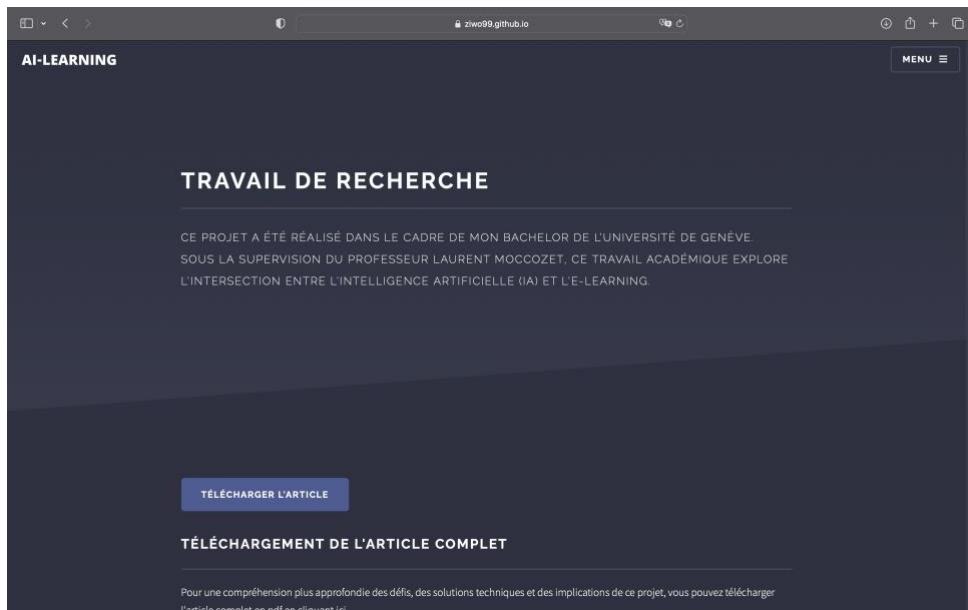


Figure 18 : Travail de recherche – Site web

Pour finir avec la page d'accueil, cette dernière se termine avec une liste des formations les plus populaires. Un bouton « Voir toutes les formations » est aussi disponible afin de se rendre sur la page avec le catalogue de toutes les formations :

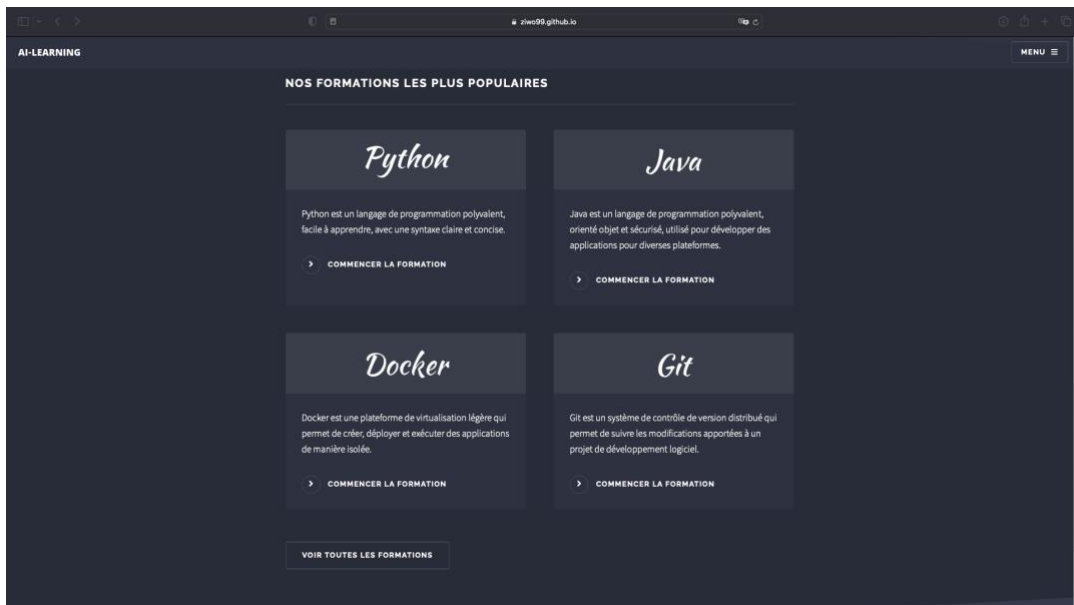


Figure 19 : Formations populaires – Site web

Pour en venir au catalogue des formations, cette page contient toutes les formations disponibles, générées par l'application web et classées par ordre alphabétique afin de faciliter la navigation. Pour chaque formation, une description et un bouton pour commencer la formation sont disponibles :

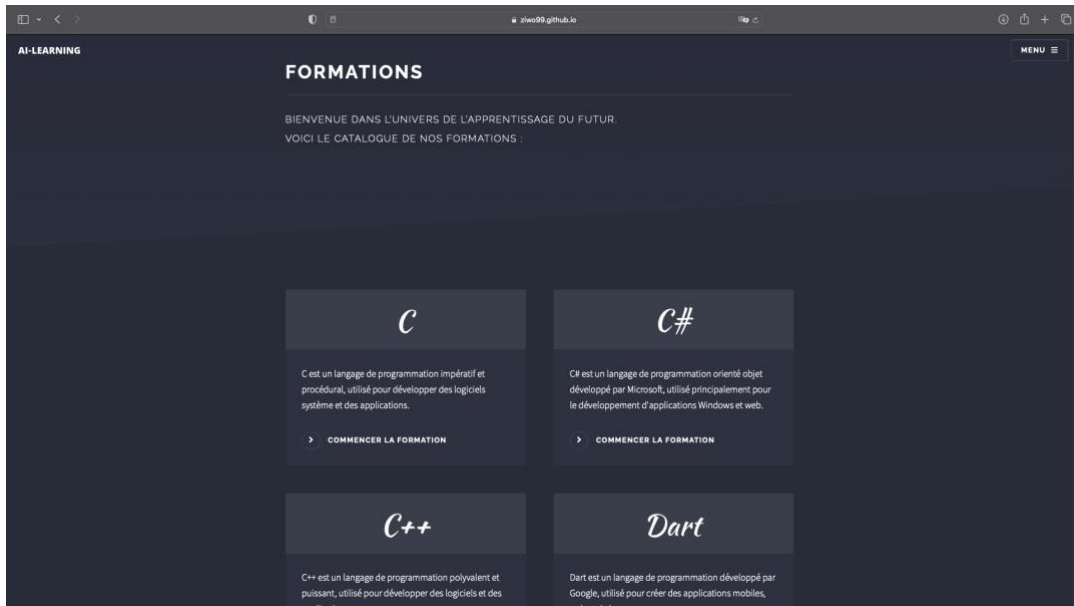


Figure 20 : Catalogue des formations – Site web

Lorsque nous cliquons sur une formation, on peut alors consulter la fiche de la formation. Cette dernière contient le sujet, la description et la table des matières de la formation. La table des matières affiche les différentes sections et sous-sections de la formation, avec un bouton pour chaque section afin de consulter le contenu associé. Un bouton est aussi disponible afin de revenir au catalogue des formations :

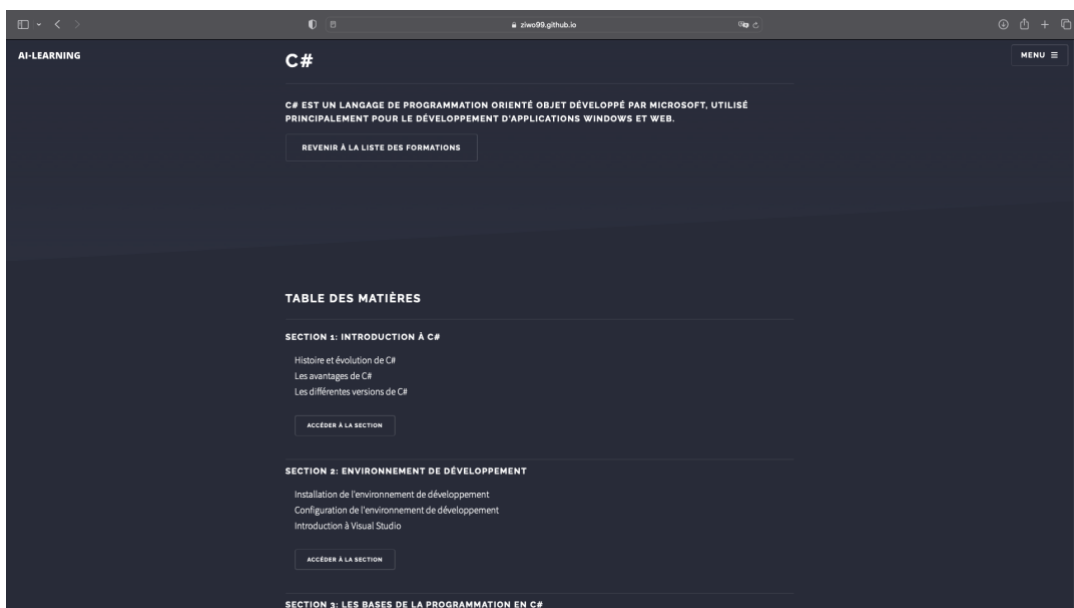


Figure 21 : Fiche de la formation (C#) – Site web

Lorsque nous cliquons sur un des boutons « Accéder à la section », la page du contenu de la section en question s'affiche. Elle est composée du titre de la section et de son contenu. Des boutons sont aussi disponibles afin de revenir à la fiche du cours, d'accéder à la section suivante et d'accéder à la section précédente :



Figure 22 : Page avec le contenu d'une section (C#) – Site web

Pour terminer la présentation de mon site web, je vais parler du menu de navigation accessible depuis le coin supérieur droit de l'écran. Ce dernier permet de naviguer vers l'accueil, le catalogue des formations et les trois pages d'information :



Figure 23 : Menu de navigation – Site web

9. Ensemble des formations générées

Voici l'ensemble des formations générées via l'application web et intégrée sur le site web :

<i>Langages de programmation</i>	<i>Outils informatiques</i>	<i>Bibliothèques</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Python • Java • C • C++ • C# • JavaScript • TypeScript • Ruby • Go • Rust • Swift • Kotlin • PHP • Objective-C • Scala • Perl • Lua • R • Shell • Dart 	<ul style="list-style-type: none"> • Docker • Git • Jenkins • Kubernetes • Ansible • Terraform • VirtualBox • Vim • Emacs • Sublime Text • Visual Studio Code • Jira • Trello • PostgreSQL • MySQL • MongoDB 	<p><u>Python</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • NumPy • Pandas • PyTorch • Django • Flask <p><u>Javascript</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • React • Angular • Vue.js • jQuery <p><u>Java</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Spring • Hibernate <p><u>C/C++</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • STL • Boost <p><u>Ruby</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Ruby on Rails • Sinatra

10. Évaluation de l'artefact

10.1 Problématiques initiales

La présente évaluation vise à estimer dans quelles mesures l'artefact répond aux problématiques initialement posées dans l'introduction de cette recherche. Pour rappels ces problématiques sont les suivantes :

- **Génération rapide, simple et à faibles coûts de formations e-learning :** Le premier axe de cette étude cherche à déterminer si l'artefact permet de générer des formations e-learning de manière rapide et simple.
- **Formations de bonne qualité :** Le second axe se concentre sur la qualité des formations générées, en évaluant si elles sont du même niveau que les formations « classiques ».

10.2 Génération des formations

Dans cette section, nous abordons les aspects factuels liés à la génération des formations e-learning par l'application web.

10.2.1 Temps de génération pour une formation

Le temps nécessaire pour générer une formation complète et l'intégrée sur le site web varie entre 1 et 2 minutes. Ce temps est mesuré sans prendre en compte les éventuelles demandes de modifications sur le

plan ou le contenu. Chaque modification supplémentaire ajoute environ 30 secondes au temps de génération.

10.2.2 Coût de la génération d'une formation

Le coût total pour générer l'ensemble des formations présentes sur le site web est d'environ 15 dollars. Ce montant correspond à l'utilisation de l'API d'OpenAI et prend en compte les nombreux tests effectués, avant de générer les formations finales, afin d'optimiser le prompt, le format, et d'autres paramètres.

10.2.3 Simplicité d'utilisation de l'application web

L'application web est conçue pour être fluide et conviviale. Le plan de formation est clairement présenté à chaque étape du processus. Quant au contenu des sections, il est affiché de manière explicite et inclut également la stylisation du code. Ces éléments contribuent à rendre le processus de génération des formations simple et agréable.

10.3 Qualité des formations

10.3.1 Limitations de l'évaluation

L'évaluation du contenu généré par l'artefact présente certaines limitations inhérentes à la nature de cette recherche. Une des principales limitations est l'absence de vérification du contenu par des experts du domaine. En effet, pour cette première itération de la recherche, en raison de contraintes de temps et de ressources, une telle vérification n'a pas été possible.

Cependant, il est important de noter que des mécanismes ont été mis en place pour permettre des demandes de modifications sur la structure ou le contenu de la formation lors de la phase de génération assistée par intelligence artificielle. Cela signifie que si une personne possédant une expertise dans le domaine concerné utilise l'outil pour générer une formation, elle a la possibilité d'apporter des ajustements pour garantir une certaine qualité. Ainsi, bien que le contenu ne soit pas validé par des experts externes, la capacité d'ajuster le contenu lors de la génération offre une certaine assurance quant à la qualité des formations produites.

Il est essentiel de comprendre que cette limitation est une caractéristique de cette première étape du projet. Dans les itérations futures, une validation plus approfondie par des experts du domaine pourrait être envisagée pour renforcer la qualité du contenu généré et afin de générer des formations de qualité sans aucune intervention humaine.

10.3.2 Évaluation des plans de formation

Pour évaluer la qualité des plans de formation générés par l'artefact, une comparaison a été effectuée avec les plans de formation proposés par OpenClassrooms. Les plans en question sont disponibles en annexe à la section « 13.2 Plans de formation » du présent document.

Python

Le plan de formation Python d'AI-Learning est composé de 16 sections, allant de l'introduction à Python jusqu'à des projets pratiques. En comparaison, le plan d'OpenClassrooms est divisé en trois parties principales, chacune contenant plusieurs sous-sections.

Couverture des sujets: AI-Learning offre une couverture plus étendue des sujets, y compris des modules avancés et des projets pratiques.

Profondeur: Les deux plans semblent offrir une profondeur similaire dans les sujets abordés, bien que AI-Learning inclue des sections sur des sujets plus avancés.

Java

Le plan de formation Java d'AI-Learning est composé de 12 sections, tandis que celui d'OpenClassrooms est divisé en trois parties.

Couverture des sujets: AI-Learning couvre des sujets supplémentaires tels que les frameworks et bibliothèques populaires en Java, qui ne sont pas présents dans le plan d'OpenClassrooms.

Profondeur: Les deux plans offrent une profondeur similaire dans les sujets abordés.

Docker

Le plan de formation Docker d'AI-Learning est composé de 10 sections, comparativement à trois parties pour OpenClassrooms.

Couverture des sujets: AI-Learning offre une couverture plus complète, y compris des sujets avancés comme l'utilisation de Docker pour les architectures sans serveur.

Profondeur: AI-Learning semble offrir une profondeur plus grande, notamment avec des sections dédiées à la sécurité et à la gestion des erreurs.

En somme, les plans de formation générés par AI-Learning semblent offrir à la fois une plus grande couverture et une profondeur similaire ou supérieure par rapport aux plans d'OpenClassrooms. Cette comparaison suggère que les plans de formation d'AI-Learning sont bien structurés et couvrent un large éventail de sujets pertinents.

10.3.3 Évaluation des exemples de codes

Étant donné l'absence de vérification par des experts, j'ai pris l'initiative de sélectionner au hasard des exemples de codes issus de différentes formations et les ai compilés et exécutés. Il est important de souligner que chacun de ces tests a fonctionné comme prévu, sans rencontrer d'erreurs. Ce résultat positif suggère une bonne qualité et une validité fonctionnelle des exemples de codes intégrés dans l'ensemble des formations générées par l'IA.

10.4 Interpretation des résultats de l'évaluation

Les résultats de l'évaluation sont très encourageants et indiquent que l'artefact répond de manière satisfaisante aux problématiques initiales posées.

10.4.1. Génération rapide, simple et à faibles coûts de formations e-learning

L'artefact a démontré une efficacité remarquable en termes de temps et de coûts. Un total de 51 formations a été généré en environ 2 heures, ce qui est assez remarquable. De plus, le coût total pour cette génération massive de contenu de formation a été d'environ 15 dollars. Ces chiffres soulignent l'efficacité de l'artefact en termes de rapidité, de simplicité et de coût pour la génération de formations e-learning.

10.4.2 Formations de bonne qualité

En ce qui concerne la qualité des formations, les plans de formation générés par AI-Learning ont été comparés à ceux d'OpenClassrooms et ont montré une couverture plus étendue et une profondeur similaire ou supérieure. De plus, les exemples de codes intégrés dans les formations ont été testés et ont tous fonctionné comme prévu, ce qui suggère une bonne qualité et une validité fonctionnelle du contenu.

En somme, les résultats de l'évaluation indiquent que l'artefact est non seulement capable de générer des formations rapidement et à faible coût, mais aussi de maintenir une qualité comparable à celle des formations plus traditionnelles. Ces résultats sont particulièrement prometteurs pour les futures itérations de ce projet de recherche.

10. Perspectives et itérations futures

Le succès d'une formation en ligne repose sur plusieurs facteurs, tels que la pertinence du contenu, l'accessibilité ou encore la flexibilité pour s'adapter à l'évolution rapide des technologies et des besoins des apprenants. Cette section explore différentes perspectives pour améliorer l'offre de formations. Les itérations futures dans ce domaine pourraient bénéficier grandement de ces perspectives.

10.1. Vérification du contenu par les experts du domaine

Pour maintenir un haut niveau de qualité et de pertinence, il est essentiel que le contenu des formations générées par intelligence artificielle soit vérifié par des experts du domaine. Ce processus de revue par les pairs permettra d'assurer l'exactitude des informations.

10.2 Adaptation aux changements technologiques

Le monde de la technologie est en constante évolution. Les langages de programmation et les outils informatiques sont souvent sujets à de nouvelles versions. Il pourrait être intéressant de penser à mettre à jour de manière périodique les formations afin qu'elles soient toujours d'actualité.

10.3 Évolution synchronisée avec les avancées en IA

L'une des perspectives les plus prometteuses pour l'amélioration de cet artefact réside dans l'évolution continue des modèles d'intelligence artificielle. Étant donné que notre système est construit sur une architecture d'IA, toute avancée dans ce domaine pourrait directement influencer la qualité et l'efficacité de nos formations e-learning.

Par exemple, l'accès à des modèles plus avancés comme GPT-4 pourrait considérablement augmenter la qualité des formations générées. Non seulement ces modèles plus récents sont capables de comprendre et de générer du texte de manière plus nuancée, mais ils offrent également une meilleure précision, ce qui pourrait réduire le besoin de modifications manuelles et augmenter la fiabilité du contenu généré.

L'artefact a donc le potentiel de s'améliorer en parallèle avec les avancées en intelligence artificielle. Cette symbiose entre l'artefact et les futurs développements en IA ouvre la voie à des formations e-learning de plus en plus sophistiquées, précises et fiables, tout en conservant les avantages en termes de coût et de rapidité de génération.

10.4 Formations hors informatiques

Un test effectué par curiosité sur des sujets hors informatique tels que le dessin, la peinture des murs et le management a montré que la structure de la formation peut être adaptée à divers domaines. Les formations générées avaient du sens et n'étaient pas forcément à jeter.

Cela ouvre une porte intéressante : est-il vraiment nécessaire de se cantonner aux sujets informatique ? Le potentiel pour diversifier les offres de formation est considérable et mérite une investigation plus approfondie.

11. Conclusion

Ce travail a exploré le potentiel de l'intelligence artificielle mise au service de l'éducation en ligne. À travers le développement de l'artefact AI-Learning, nous avons pu aborder des questions cruciales liées à la rapidité, au coût et à la qualité des formations e-learning générées.

Le temps et le coût de génération des formations ont été particulièrement impressionnants. Avec 51 formations complètes générées avec l'IA, en environ deux heures, pour la modique somme de 15 dollars, les résultats démontrent un potentiel énorme pour rendre l'éducation plus accessible. Ce coût réduit et cette rapidité de génération pourraient avoir des implications profondes dans des contextes où les ressources sont limitées, ouvrant ainsi la porte à des opportunités d'apprentissage pour un public beaucoup plus large.

En ce qui concerne la qualité des formations, bien que l'évaluation ait été limitée par l'absence de vérification par des experts, les mécanismes de modification intégrés offrent une certaine flexibilité et assurance. De plus, les tests effectués sur des exemples de codes issus des formations ont tous été concluants, renforçant la confiance dans la validité du contenu généré.

La comparaison des plans de formation avec ceux d'OpenClassrooms a également révélé que les formations générées par AI-Learning ne sont pas seulement comparables, mais souvent plus complètes en termes de couverture des sujets. Cela suggère que l'IA ne se contente pas de reproduire ce qui existe déjà, mais a le potentiel d'innover et de créer des ressources pédagogiques de haute qualité.

En conclusion, cette recherche initiale sur AI-Learning pose des bases solides pour des études futures. Elle démontre que l'intelligence artificielle a le potentiel non seulement de compléter mais aussi de révolutionner le domaine de l'éducation en ligne.

12. Références

- [1] A. Muniasamy and A. Alasiry, "Deep Learning: The Impact on Future eLearning", International Journal of Emerging Technologies in Learning, 2020.
- [2] C. Nica and T. Tanase, "Using Artificial Intelligence in Augmented Environments for Complex Training Scenarios in the Defense Industry", The International Scientific Conference eLearning and Software for Education, 2018.
- [3] A. Babori, K. Ghoulam, N. Falih and H. Ouchitachen, "Elearning 4.0 for higher education: literature review, trends and perspectives", International Conference on Digital Age & Technological Advances for Sustainable Development, 2021.
- [4] C. Lo, "What Is the Impact of ChatGPT on Education? A Rapid Review of the Literature", Education Sciences, 2023.
- [5] Z. Berge, M. Barbour and T. Clark, "Virtual schools: Planning for success", Teachers College Press, 2005.
- [6] R. Clark and R. Mayer, "E-learning and the science of instruction: Proven guidelines for consumers and designers of multimedia learning", John Wiley & Sons, 2016.
- [7] O. David, M. Salleh and N. Iahad, "The impact of e-learning in workplace: Focus on organizations and healthcare environments", Information Systems Research, 202.
- [8] S. Bennett, K. Maton and L. Kervin, "Case studies and e-learning: Experiences from an online classroom", Computers & Education, 2009.
- [9] S. Sarsa, P. Denny, A. Hellas and J. Leinonen, "Automatic Generation of Programming Exercises and Code Explanations Using Large Language Models", Conference on International Computing Education Research, 2022.
- [10] J. Shen, A. Raghunathan, S. Cheung and R. Patel, "Automatic content generation for video self modeling", Proceedings of the International Conference on Multimedia and Expo, 2011.
- [11] W. Hariri, "Unlocking the Potential of ChatGPT: A Comprehensive Exploration of its Applications, Advantages, Limitations, and Future Directions in Natural Language Processing", ArXiv, 2023.
- [12] M. Ilic, D. Paun, N. Sevic, A. Hadzic and A. Jianu, "Needs and Performance Analysis for Changes in Higher Education and Implementation of Artificial Intelligence, Machine Learning, and Extended Reality", Education Sciences, 2021.
- [13] H. Munir, B. Vogel and A. Jacobson, "Artificial Intelligence and Machine Learning Approaches in Digital Education: A Systematic Revision", Information, 2022.
- [14] C. Xie, M. Ruan, P. Lin, Z. Wang, T. Lai, Y. Xie, S. Fu and H. Lu, "Influence of Artificial Intelligence in Education on Adolescents' Social Adaptability: A Machine Learning Study", Environnement Research and Public Helath, 2022.
- [15] I. Zhu, J. Luo, M. Sun and T. Li, "How to harness the potential of ChatGPT in education?", Knowledge Management & E-Learning: An International Journal, 2023.

- [16] J. Lin, "ChatGPT and Moodle Walk into a Bar: A Demonstration of AI's Mind-blowing Impact on E-Learning", 2023.
- [17] M. Daun and J. Brings, "How ChatGPT Will Change Software Engineering Education", Proceedings of the 2023 Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education, 2023.
- [18] C. Chávez, A. Troya, C. Cordero, L. Orellana, R. Tapia, O. Aguila, L. Pérez, A. Ramírez, C. Carranza, W. Velasquez and J. Gonzáles, "Impact of Artificial Intelligence in Promoting Academic Integrity in Education: A Systematic review", Journal of New Studies, 2023.
- [19] S. Coghlan, T. Miller and J. Paterson, "Good proctor or "Big Brother ? Ethics of Online Exam Supervision Technologies", Philosophy & Technology, 2020.
- [20] H. Lukianets and T. Lukianets, "PROMISES AND PERILS OF AI USE ON THE TERTIARY EDUCATIONAL LEVEL", Grail of Science, 2023.
- [21] C. Chan and L. Tsi, "The AI Revolution in Education: Will AI Replace or Assist Teachers in Higher Education?", ArXiv, 2023.
- [22] P. Bellan, D. Di Gangi and G. De Nart, "Experiment Maker: A Tool to Create Experiments with GPT-3 Easily", EKAW, 2022.
- [23] S. Coyne and K. Sakaguchi, "An Analysis of GPT-3's Performance in Grammatical Error Correction", ArXiv, 2023.
- [24] S. Coyne, K. Sakaguchi, D. Galvan-Sosa, M. Zock and K. Inui, "Analyzing the Performance of GPT-3.5 and GPT-4 in Grammatical Error Correction", arXiv, 2023.
- [25] X. Li, and P. Liang, "Prefix-Tuning: Optimizing Continuous Prompts for Generation", arXiv, 2021.
- [26] A. Madaan, N. Tandon, P. Clark, Y. Yang, "Memory-assisted prompt editing to improve GPT-3 after deployment", Proceedings of the 2022 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing, 2022.
- [27] S. Zheng, Y. Zhang and M. Luo, "Design and Implementation of Efficient User Interface in a Synchronous E-Learning System", 8th International Conference on Information Technology in Medicine and Education, 2016.
- [28] T. Miya and I. Govender "UX/UI design of online learning platforms and their impact on learning: A review", International Journal of Research in Business & Social Science, 2022.
- [29] A. Granić and J. Nakic, "Designing Intelligent Interfaces for e-Learning Systems: The Role of User Individual Characteristics", 12th International Conference on Universal Access on Human-Computer Interaction, 2007.
- [30] A. Hevner, S. March, J. Park and S. Ram, "Design Science in Information Systems Research", MIS Quarterly, 2004.
- [31] K. Peffers, T. Tuunanen, C. Gengler, M. Rossi, W. Hui, V. Virtanen and J. Bragge, "The Design Science Research Process: A Model for Producing and Presenting Information Systems Research",

Proceedings of the First International Conference on Design Science Research in Information Systems and Technology, 2006.

[32] K. Peffers, T. Tuunanen, M. Rothenberger and S. Chatterjee, "A Design Science Research Methodology for Information Systems Research", Journal of Management Information Systems, 2007.

13. Annexes

13.1 Liens utiles

- Lien site web : <https://ziwo99.github.io>
- Lien repo GitHub - code de l'application web : <https://github.com/Ziwo99/AI-Learning-ADMIN>
- Lien repo GitHub - code du site web : <https://github.com/Ziwo99/Ziwo99.github.io>

13.2 Plans de formation

13.2.1 Plan Openclassrooms – Python

<https://openclassrooms.com/fr/courses/7168871-apprenez-les-bases-du-langage-python#table-of-content>

- Partie 1: Créez des données avec Python
 - Tirez un maximum de ce cours
 - Lancez votre premier programme Python
 - Enregistrez vos données avec des variables
 - Classez des données avec les types de données
 - Enregistrez des groupes de données avec les listes
 - Enregistrez des données complexes avec des dictionnaires
 - Quiz : Créer des données avec Python
- Partie 2: Gérez la logique du programme dans Python
 - Contrôlez le déroulement de votre programme avec des conditions
 - Répétez des tâches facilement à l'aide de boucles
 - Regroupez des tâches en utilisant des fonctions
 - Écrivez du code en évitant les erreurs courantes
 - Quiz : Gérer la logique de programmation dans Python
- Partie 3: Extrayez des données du web avec les packages Python
 - Importez des packages Python
 - Extrayez et transformez des données avec l'extraction web
 - Chargez des données avec Python
 - Relevez les défis de l'extraction de données web
 - Quiz : Extraire des données du web avec Python et certains de ses packages

13.2.2 Plan AI-Learning – Python

<https://ziwo99.github.io/AI-Learning/python/python.html>

- SECTION 1 : INTRODUCTION À PYTHON
 - Introduction à Python
 - Installation de Python
 - Les bases de la programmation en Python
- SECTION 2 : LES TYPES DE DONNÉES EN PYTHON
 - Les nombres en Python
 - Les chaînes de caractères en Python
 - Les listes en Python
 - Les tuples en Python
 - Les dictionnaires en Python
 - Les ensembles en Python
- SECTION 3 : LES OPÉRATIONS ET LES EXPRESSIONS EN PYTHON
 - Les opérations arithmétiques en Python
 - Les opérations de comparaison en Python
 - Les opérations logiques en Python
 - Les opérations sur les chaînes de caractères en Python
- SECTION 4 : LES STRUCTURES DE CONTRÔLE EN PYTHON
 - Les conditions en Python
 - Les boucles en Python
 - Les instructions de contrôle en Python
- SECTION 5 : LES FONCTIONS EN PYTHON
 - Introduction aux fonctions en Python
 - Les paramètres et les arguments en Python
 - Les fonctions récursives en Python
 - Les fonctions lambda en Python
- SECTION 6 : LES MODULES ET LES PACKAGES EN PYTHON
 - Les modules en Python
 - Les packages en Python
 - L'importation de modules et de packages en Python
- SECTION 7 : LA MANIPULATION DE FICHIERS EN PYTHON
 - L'ouverture et la fermeture de fichiers en Python
 - La lecture et l'écriture de fichiers en Python
 - La gestion des erreurs lors de la manipulation de fichiers en Python
- SECTION 8 : LES EXCEPTIONS EN PYTHON
 - Introduction aux exceptions en Python
 - La gestion des exceptions en Python
 - Les exceptions prédéfinies en Python
- SECTION 9 : LES CLASSES ET LES OBJETS EN PYTHON
 - Introduction aux classes et aux objets en Python

- Les attributs et les méthodes en Python
- L'héritage en Python
- Les classes abstraites et les interfaces en Python
- SECTION 10 : LES MODULES AVANCÉS EN PYTHON
 - Les expressions régulières en Python
 - La manipulation de dates et d'heures en Python
 - La gestion des fichiers CSV en Python
 - La manipulation de fichiers JSON en Python
- SECTION 11 : LES BASES DE DONNÉES EN PYTHON
 - L'accès aux bases de données en Python
 - Les requêtes SQL en Python
 - La manipulation des données en Python
- SECTION 12 : LES TESTS UNITAIRES EN PYTHON
 - Introduction aux tests unitaires en Python
 - L'écriture de tests unitaires en Python
 - L'exécution et l'analyse des tests unitaires en Python
- SECTION 13 : LES FRAMEWORKS ET LES BIBLIOTHÈQUES EN PYTHON
 - Les frameworks web en Python
 - Les bibliothèques de traitement de données en Python
 - Les bibliothèques de visualisation de données en Python
- SECTION 14 : LES BONNES PRATIQUES EN PYTHON
 - Les conventions de codage en Python
 - L'organisation du code en Python
 - La documentation en Python
- SECTION 15 : LES PROJETS PRATIQUES EN PYTHON
 - Projet pratique 1 : Création d'un jeu en Python
 - Projet pratique 2 : Développement d'une application web en Python
 - Projet pratique 3 : Analyse de données en Python
- SECTION 16 : CONCLUSION ET RESSOURCES SUPPLÉMENTAIRES
 - Conclusion de la formation en Python
 - Ressources supplémentaires pour approfondir ses connaissances en Python

13.2.1 Plan Openclassrooms – Java

<https://openclassrooms.com/fr/courses/6173501-apprenez-a-programmer-en-java>

- Partie 1 - Gérez les variables de votre programme en Java
 - Tirez le maximum de ce cours
 - Déclarez des variables
 - Choisissez le bon type de variable
 - Écrivez une fonction
 - Saisissez la portée des variables
 - Écrivez une boucle dans vos fonctions
 - Contrôlez le déroulement d'un programme avec des conditions
 - Quiz : Gérer les variables d'un programme en Java
- Partie 2 - Programmez en orienté objet avec Java
 - Définissez les objets et leurs attributs avec des classes
 - Spécialisez vos classes avec l'héritage et le polymorphisme
 - Gérez les piles de données avec la bonne collection
 - Gérez différents types de passage de paramètre
 - Quiz : Programmer en orienté objet avec Java
- Partie 3 - Utilisez quelques principes de programmation avancés en Java
 - Entrez dans les détails grâce à la récursivité
 - Gérez les comportements inattendus
 - Manipulez les fichiers
 - Écrivez votre premier code Lambda
 - Quiz : Utiliser des principes avancés en Java

13.2.2 Plan AI-Learning – Java

<https://ziwo99.github.io/AI-Learning/java/java.html>

- SECTION 1 : INTRODUCTION À JAVA
 - Histoire et évolution de Java
 - Installation et configuration de l'environnement de développement Java
 - Structure d'un programme Java
 - Les types de données en Java
 - Les variables et les constantes en Java
- SECTION 2 : LES BASES DE LA PROGRAMMATION EN JAVA
 - Les opérateurs en Java
 - Les structures de contrôle en Java (boucles, conditions)
 - Les tableaux en Java
 - Les fonctions et les méthodes en Java
 - La gestion des exceptions en Java
- SECTION 3 : PROGRAMMATION ORIENTÉE OBJET EN JAVA
 - Les concepts de base de la programmation orientée objet
 - Les classes et les objets en Java
 - L'encapsulation en Java

- L'héritage en Java
- Le polymorphisme en Java
- SECTION 4 : LES COLLECTIONS EN JAVA
 - Les listes en Java
 - Les ensembles en Java
 - Les cartes en Java
 - Les itérations sur les collections en Java
- SECTION 5 : LES ENTRÉES/SORTIES EN JAVA
 - Les flux d'entrée/sortie en Java
 - La sérialisation en Java
 - La gestion des fichiers en Java
- SECTION 6 : LES BASES DE DONNÉES EN JAVA
 - La connexion à une base de données en Java
 - Les requêtes SQL en Java
 - La gestion des transactions en Java
- SECTION 7 : LES INTERFACES GRAPHIQUES EN JAVA
 - Les composants graphiques en Java
 - Les événements en Java
 - La gestion des fenêtres en Java
- SECTION 8 : LES FONCTIONNALITÉS AVANCÉES DE JAVA
 - Les threads en Java
 - Les annotations en Java
 - La réflexion en Java
 - Les expressions lambda en Java
- SECTION 9 : LES FRAMEWORKS ET BIBLIOTHÈQUES POPULAIRES EN JAVA
 - Spring Framework
 - Hibernate
 - JavaFX
 - Apache Maven
- SECTION 10 : LES BONNES PRATIQUES EN DÉVELOPPEMENT JAVA
 - Les conventions de codage en Java
 - La gestion des erreurs en Java
 - Les tests unitaires en Java
- SECTION 11 : LES AVANCÉES RÉCENTES EN JAVA
 - Java 8 et les fonctionnalités lambda
 - Java 9 et les modules
 - Java 10 et les améliorations de la JVM
- SECTION 12 : PROJET FINAL
 - Réalisation d'un projet complet en Java, en utilisant les concepts et les techniques vus dans la formation

13.2.1 Plan Openclassrooms – Docker

<https://openclassrooms.com/fr/courses/2035766-optimisez-votre-deploiement-en-creant-des-conteneurs-avec-docker>

- Partie 1 - Prenez en main Docker
 - Tirez un maximum de ce cours
 - Découvrez les conteneurs
 - Découvrez ce qu'est Docker
 - Installez Docker sur votre poste
 - Quiz : Prendre en main Docker
- Partie 2 - Lancez vos images Docker avec les Dockerfiles
 - Lancez votre premier conteneur en local
 - Créez votre premier Dockerfile
 - Utilisez des images grâce au partage sur le Docker Hub
 - Quiz : Lancer ses images Docker avec les Dockerfiles
- Partie 3 - Gérez vos images Docker avec Docker Compose
 - Découvrez et installez Docker Compose
 - Créez un fichier docker-compose pour orchestrer vos conteneurs
 - Entraînez-vous en orchestrant vos images Docker avec Docker Compose
 - Quiz : Gérer ses images Docker avec Docker Compose

13.2.2 Plan AI-Learning – Docker

<https://ziwo99.github.io/AI-Learning/docker/docker.html>

- SECTION 1: INTRODUCTION À DOCKER
 - Qu'est-ce que Docker?
 - Avantages de l'utilisation de Docker
 - Cas d'utilisation de Docker
- SECTION 2: INSTALLATION ET CONFIGURATION DE DOCKER
 - Prérequis pour l'installation de Docker
 - Installation de Docker sur différents systèmes d'exploitation
 - Configuration initiale de Docker
- SECTION 3: CONCEPTS DE BASE DE DOCKER
 - Images Docker
 - Création d'une image Docker
 - Utilisation d'images Docker existantes
 - Gestion des images Docker
 - Conteneurs Docker
 - Création d'un conteneur Docker
 - Gestion des conteneurs Docker
 - Communication entre les conteneurs Docker
 - Registres Docker
 - Utilisation des registres Docker publics
 - Configuration d'un registre Docker privé

- **SECTION 4: GESTION DES RESSOURCES AVEC DOCKER**
 - Réseaux Docker
 - Configuration des réseaux Docker
 - Communication entre les conteneurs sur différents réseaux
 - Volumes Docker
 - Création et utilisation de volumes Docker
 - Partage de volumes entre les conteneurs
 - Gestion des ressources système avec Docker
 - Limiter les ressources CPU et mémoire des conteneurs
 - Surveillance des ressources système
- **SECTION 5: DÉPLOIEMENT D'APPLICATIONS AVEC DOCKER**
 - Déploiement d'une application simple avec Docker
 - Utilisation de Docker Compose pour le déploiement d'applications multi-conteneurs
 - Orchestration de conteneurs avec Docker Swarm
 - Déploiement d'applications sur des clusters Kubernetes
- **SECTION 6: SÉCURITÉ ET GESTION DES ERREURS AVEC DOCKER**
 - Sécurité des conteneurs Docker
 - Isolation des conteneurs
 - Gestion des utilisateurs et des autorisations
 - Gestion des erreurs et des logs avec Docker
 - Configuration des logs Docker
 - Analyse des logs Docker
- **SECTION 7: BONNES PRATIQUES ET OPTIMISATION AVEC DOCKER**
 - Bonnes pratiques pour la création d'images Docker
 - Optimisation des performances des conteneurs Docker
 - Mise à l'échelle des applications avec Docker
- **SECTION 8: UTILISATION AVANCÉE DE DOCKER**
 - Utilisation de Docker pour le développement local
 - Utilisation de Docker pour les tests automatisés
 - Utilisation de Docker pour la production
- **SECTION 9: CAS D'UTILISATION AVANCÉS DE DOCKER**
 - Utilisation de Docker pour le déploiement de microservices
 - Utilisation de Docker pour les architectures sans serveur (serverless)
 - Utilisation de Docker pour les environnements de développement isolés
- **SECTION 10: CONCLUSION**
 - Récapitulatif des concepts clés de Docker
 - Prochaines étapes pour approfondir vos connaissances en Docker