

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

Université de 8 Mai 1945 - Guelma -

Faculté des Mathématiques, d'Informatique et des Sciences de la matière

Département d'Informatique



Mémoire de fin d'étude en master

Filière : Informatique

Option : STIC

Développement d'un outils psychométrique pour le regroupement automatique d'apprenants

Encadré par :
GOUASMI Nouredine

Présenté par :
Saadane Douceline Lina

Juin 2025

Résumé

Ce mémoire s'inscrit dans le cadre de l'amélioration de l'apprentissage en ligne (*e-learning*) à travers la formation de groupes d'apprenants équilibrés sur le plan psychologique. L'idée centrale repose sur l'utilisation de la *psychométrie*, une discipline qui permet d'évaluer des caractéristiques personnelles comme les traits de personnalité, les attitudes ou les comportements à l'aide de *tests psychologiques*. Ces données, bien que subjectives à l'origine, peuvent être transformées en mesures numériques objectives afin de mieux comprendre le profil des apprenants.

L'objectif principal de ce travail est de concevoir une application web qui permet non seulement d'évaluer certains *attributs psychologiques* chez les étudiants, mais aussi de les regrouper automatiquement selon les complémentarités de leurs profils. Cela permettrait de favoriser le travail collaboratif et d'optimiser les performances des groupes dans un environnement numérique.

La démarche adoptée comporte plusieurs étapes : une première phase de recherche documentaire afin de mieux comprendre les outils psychométriques existants et leur utilisation dans le domaine éducatif ; une seconde phase consacrée au choix des instruments de mesure adaptés ; ensuite, la conception et le développement d'un outil informatique capable de gérer la passation des tests, l'analyse des résultats et la création automatisée des groupes ; et enfin, une phase de test sur le terrain avec des étudiants afin d'évaluer l'efficacité du système proposé.

Le système a été proposé aux étudiants de la 3ème année de licence en informatique. L'expérimentation menée auprès de cet échantillon d'étudiants a montré que les groupes formés automatiquement sur la base de profils complémentaires, basés sur leur style d'apprentissage, ont obtenu de meilleures performances moyennes que ceux des groupes composés sur la base de leurs traits de personnalité.

Mots-clés : e-learning, psychométrie, tests psychologiques, attributs psychologiques, regroupement des apprenants, modèle OCEAN, styles d'apprentissage.

Abstract

This thesis focuses on improving collaborative learning in online education by automatically forming balanced student groups based on psychological traits. The core concept relies on the use of psychometrics, a field that allows the evaluation of personal characteristics such as personality traits, attitudes, and behaviors through psychological tests. Although these attributes are naturally subjective, psychometric tools help convert them into objective numerical values to better understand learners' profiles.

The main objective of this research is to develop a web-based application that can assess certain psychological attributes of students and automatically group them according to the complementarity of their profiles. This method aims to support better group collaboration and enhance learning performance in digital environments.

The methodology is structured into several phases : a literature review to explore existing psychometric tools in education ; the selection of appropriate measurement instruments ; the design and development of a web application that can manage test delivery, results analysis, and automated grouping ; and finally, testing the system with real students to evaluate its effectiveness.

The system was proposed to third-year computer science undergraduates. Experiments conducted on this sample of students showed that groups automatically formed based on complementary profiles, based on their learning styles, achieved better average performance than groups formed based on their personality traits.

Mots-clés : e-learning, psychometrics, psychological tests, psychological attributes, learners grouping, Big Five model, learning styles.

Remerciements

Ce mémoire représente l'aboutissement d'un parcours riche en apprentissages, en défis et en belles rencontres. Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à toutes les personnes qui m'ont soutenue et accompagnée tout au long de cette aventure.

Je tiens tout d'abord à exprimer ma profonde gratitude à mes parents, pour leur amour inconditionnel, leur soutien sans faille et la confiance qu'ils m'ont toujours témoignée. Leur présence a été un véritable pilier tout au long de ce travail.

Je remercie également ma grand-mère, pour son affection, ses encouragements, et sa bienveillance constante qui m'ont apporté réconfort et motivation durant ce parcours.

J'exprime ma reconnaissance à Monsieur Gouasmi Nouredine, mon encadrant, pour sa disponibilité, ses conseils précieux et son accompagnement attentif. Son implication a été déterminante dans l'aboutissement de ce projet.

Un remerciement sincère va aussi à mes amies, pour leur présence fidèle, leurs encouragements et les moments de complicité partagés, qui m'ont donné l'élan nécessaire pour continuer avec confiance.

Enfin, je tiens à remercier tout particulièrement ma sœur jumelle, dont le soutien indéfectible, la patience et l'écoute ont été une source constante de force et de réconfort.

À vous tous, un immense merci du fond du cœur..

Table des matières

Liste des figures	5
Liste des tableaux	7
Introduction générale	8
1 La psychométrie	10
1.1 Introduction	10
1.2 Définition	10
1.3 Objectifs de la Psychométrie	11
1.4 Avantages et Inconvénients	11
1.4.1 Avantages	11
1.4.2 Inconvénients	12
1.5 Méthodes utilisées en Psychométrie	12
1.5.1 Création des items	12
1.5.2 Analyse des items	13
1.5.3 Évaluation de la fiabilité	13
1.5.4 Validation du test	14
1.6 Domaines d'application de la Psychométrie	14
1.7 Psychométrie en e-learning	15
1.7.1 Évaluation psychologique des apprenants	15
1.7.2 Analyse et segmentation des apprenants	16
1.7.3 Personnalisation de l'apprentissage	17
1.7.4 Intégration technologique	17
1.8 Exemples pratiques dans le e-learning	17
1.9 Avantages et défis de la psychométrie en e-learning :	18
1.9.1 Avantages	18
1.9.2 Défis	19
1.10 Analyse de quelques articles sur la psychométrie dans le e-learning	19
1.11 Conclusion	20
2 Profils des apprenants et leurs caractéristiques	21
2.1 Introduction	21
2.2 Définition	21
2.3 Bénéfices de l'utilisation des profils des apprenants	22
2.3.1 Identification des profils d'apprenants	22
2.3.2 Caractérisation des profils	22

2.3.3	Application aux groupes collaboratifs	22
2.4	Types d'apprenants	22
2.4.1	L'apprenant autonome	23
2.4.2	L'apprenant sociable	23
2.4.3	L'apprenant perfectionniste	23
2.4.4	L'apprenant procrastinateur	23
2.4.5	L'apprenant anxieux	23
2.4.6	L'apprenant polyvalent	24
2.4.7	L'apprenant ouvert	24
2.4.8	L'apprenant consciencieux	24
2.4.9	L'apprenant extraverti	24
2.4.10	L'apprenant agréable	24
2.4.11	L'apprenant émotionnellement sensible (Névrosé)	25
2.5	Les caractéristiques des profils des apprenants	25
2.5.1	Facteurs personnels	25
2.5.2	Facteurs sociologiques	25
2.5.3	Facteurs pédagogiques	26
2.5.4	Facteurs psychologiques	26
2.5.5	Facteurs éthiques	26
2.6	Modèles théoriques utilisés	26
2.6.1	Le modèle OCEAN (Big Five)	27
2.6.2	Le modèle des styles d'apprentissage de Felder et Silverman	27
2.7	Conclusion	28
3	Conception	29
3.1	Introduction	29
3.2	Objectifs	29
3.3	Conception du système	29
3.3.1	Identification des acteurs	30
3.3.2	Fonctionnalités	30
3.3.3	Fonctionnalités de l'administrateur	30
3.3.4	Fonctionnalités communes aux utilisateurs (enseignant et étudiant)	31
3.3.5	Fonctionnalités spécifiques de l'étudiant	31
3.3.6	Fonctionnalités spécifiques de l'enseignant	31
3.3.7	Fonctionnalités communes aux trois acteurs	31
3.4	Diagramme de cas d'utilisation	32
3.4.1	Règles de gestion	34
3.4.2	Dictionnaire de données	35
3.5	Diagramme de classe	46
3.6	Schéma relationnel	47
3.7	Méthodologie	48
3.7.1	Objectif	48
3.7.2	Évaluation de la personnalité : le modèle OCEAN	48
3.7.3	Calcul des scores pour chaque trait	49
3.7.4	Traitement des questions inversées	49

3.8	Identification du style d'apprentissage	50
3.8.1	Méthode de calcul des styles d'apprentissage	50
3.9	Test de Niveau	50
3.10	Conclusion	51
4	Implémentation	52
4.1	Introduction	52
4.2	Environnement de développement	52
4.2.1	Environnement matériel	52
4.2.2	Environnement logiciel	53
4.2.3	XAMPP	53
4.2.4	Visual Studio Code (VS Code)	53
4.2.5	RStudio	54
4.3	Langages utilisés	54
4.4	Déploiement de l'application en ligne	55
4.4.1	Objectif	55
4.4.2	Étapes du déploiement	56
4.4.3	Vérifications finales	58
4.5	Présentation du système	58
4.5.1	Page d'accueil	58
4.5.2	Page d'inscription	59
4.5.3	Page de connexion	60
4.6	Espace de l'Administration	61
4.7	Espace Apprenant	61
4.7.1	Page de profil de l'apprenant	61
4.7.2	Page des cours	62
4.7.3	Page du Test OCEAN	62
4.7.4	Page du test style d'apprentissage	63
4.7.5	Page du test de niveau	63
4.7.6	Page des scores OCEAN	64
4.7.7	Page des scores de style d'apprentissage	64
4.7.8	Page des informations des membres du groupe	65
4.7.9	Page des fichiers publiés	65
4.7.10	Page de la messagerie de l'apprenant	65
4.7.11	Page des exercices d'entraînement	66
4.7.12	Page des exercices notés	66
4.7.13	Page de l'examen final	67
4.7.14	Page du corrigé de l'examen final	67
4.8	Espace enseignant	67
4.8.1	Page de profil de l'enseignant	67
4.8.2	Page d'ajout des cours	68
4.8.3	Page d'ajout de fichiers ou vidéos	68
4.8.4	Page de la messagerie de l'enseignant	69
4.8.5	Page d'ajout des exercices d'entraînement	69
4.8.6	Page des réponses sur les exercices d'entraînement	70
4.8.7	Page des réponses sur les exercices notés	70

4.8.8	Page d'ajout des exercices notés	70
4.8.9	Page d'ajout de l'examen final	71
4.9	Expérimentation	71
4.9.1	Test de normalité de Shapiro-Wilk	72
4.9.2	Test d'égalité des variances de Levene	75
4.9.3	Test t de Student (échantillons indépendants)	76
4.9.4	Discussion et interprétation des résultats du test de Student	77
4.10	Analyse Factorielle des Données Mixtes (AFDM)	78
4.10.1	Analyse des variables quantitatives dans l'Analyse Factorielle des Données Mixtes (AFDM)	79
4.10.2	Projection des étudiants selon les profils OCEAN	80
4.10.3	Projection des étudiants selon leurs styles d'apprentissage	82
4.11	Discussion et interprétation des résultats de l'AFDM	83
4.12	Conclusion	84
	Conclusion générale	85
	Bibliographie	87

Table des figures

1.1	Exemple d'échelle de likert	13
1.2	Exemple d'analyse factorielle de Big Five	16
1.3	Exemple de clustering	16
3.1	conception du système	30
3.2	Diagramme de cas d'utilisation	33
3.3	Diagramme de classe	47
4.1	XAMPP	53
4.2	Visual Studio Code (VS Code)	54
4.3	Connexion à cPanel	56
4.4	téléversement des fichiers	57
4.5	Configuration de la base de données	57
4.6	Page d'accueil de l'application	59
4.7	Page d'inscription de l'application	60
4.8	Page de connexion de l'application	61
4.9	Page de l'administrateur	61
4.10	Page de profil de l'utilisateur	62
4.11	Page des cours	62
4.12	Page du test OCEAN	63
4.13	Page du test de style d'apprentissage	63
4.14	Page du test de niveau	64
4.15	Page des scores OCEAN	64
4.16	Page des scores de style d'apprentissage	64
4.17	Page des informations des membres du groupe	65
4.18	Page des fichiers publiés	65
4.19	Page de la boîte-émail de l'apprenant	66
4.20	Page des exercices d'entraînement	66
4.21	Page d'un exercices noté	66
4.22	Page de l'examen final	67
4.23	Page de corrigé de l'examen final	67
4.24	Page de profil de l'enseignant	68
4.25	Page pour ajouter des cours	68
4.26	Page d'ajout de fichiers ou vidéos	69
4.27	Page de la messagerie de l'enseignant	69
4.28	Page d'ajout des exercices d'entraînement	69
4.29	Page des réponses sur les exercices d'entraînement	70

4.30	Page des réponses sur les exercices notés	70
4.31	Page pour d'ajouter des exercices notés	71
4.32	Page pour ajouter un examen final	71
4.33	QQ-plot du score de niveau selon le profil OCEAN	73
4.34	QQ-plot du score de niveau selon le style d'apprentissage	74
4.35	QQ-plot de l'examen final transformé (rangs) selon OCEAN	74
4.36	QQ-plot de l'examen final transformé (carré) selon le style d'appren- tissage	75
4.37	Cercle de corrélation des variables quantitatives	79
4.38	Projection des étudiants selon l'AFDM pour les profils OCEAN	81
4.39	Projection des étudiants selon leurs styles d'apprentissage	82

Liste des tableaux

1.1	Comparaison d'articles sur la psychométrie	20
4.1	Caractéristique du matériel	52

Introduction générale

Le travail en groupe est aujourd'hui très utilisé dans les méthodes d'enseignement. Il permet aux étudiants de mieux apprendre ensemble, de s'entraider, de partager des idées, et de développer des compétences importantes telles que la communication ou le travail en équipe. Cependant, former des groupes équilibrés n'est pas toujours simple. En effet, dans de nombreux cas, les groupes sont constitués de manière aléatoire ou selon des critères très limités, ce qui peut entraîner des déséquilibres, des conflits ou un faible engagement de certains membres.

Pour qu'un groupe fonctionne bien, il est essentiel que ses membres soient complémentaires, c'est-à-dire qu'ils présentent des profils différents mais compatibles. Cela soulève une question importante : comment identifier les profils des apprenants pour pouvoir constituer des groupes équilibrés ?

La psychométrie est une branche de la psychologie qui s'intéresse à la mesure des caractéristiques individuelles, telles que la personnalité, les préférences d'apprentissage ou encore les aptitudes cognitives. En contexte éducatif, elle offre des outils permettant de mieux comprendre les profils des apprenants et d'adapter les méthodes pédagogiques à leurs besoins, ainsi que pour répondre à la question de la constitution de groupes équilibrés.

Ce mémoire a pour objectif de concevoir un système capable de créer automatiquement des groupes équilibrés en s'appuyant sur ces données psychométriques. Deux approches ont été comparées : l'une fondée sur la personnalité, l'autre sur les styles d'apprentissage.

Pour répondre à cette problématique, ce travail s'appuie sur plusieurs outils issus de la psychologie et de la pédagogie. Le test de personnalité OCEAN, aussi appelé Big Five, permet de mieux comprendre les traits psychologiques des étudiants, comme l'extraversion ou l'ouverture à l'expérience, qui influencent sur leur manière de collaborer en groupe. Par ailleurs, le test de style d'apprentissage identifie la façon préférée de chaque étudiant pour apprendre, qu'elle soit visuelle, auditive, active ou réfléchie. Enfin, le test de niveau évalue les connaissances de base des apprenants, ce qui aide à répartir équitablement les compétences au sein des groupes.

Le mémoire est structuré en quatre chapitres :

- Le premier chapitre présente les fondements de la psychométrie ainsi qu'un état de l'art sur les recherches liées à l'apprentissage collaboratif.
- Le deuxième chapitre s'intéresse aux différents profils d'apprenants, notamment les traits de personnalité et les styles d'apprentissage, et à leur influence sur le travail en groupe.

- Le troisième chapitre décrit la conception du système, les choix méthodologiques et techniques effectués.
- Enfin, le quatrième chapitre relate l'implémentation de l'outil, les expérimentations réalisées avec les deux approches et l'analyse des résultats obtenus.

Chapitre 1

La psychométrie

1.1 Introduction

La psychométrie est une branche essentielle de la psychologie dédiée à la conception, au développement et à l'évaluation des tests permettant de mesurer des traits psychologiques, cognitifs et comportementaux. Elle permet de garantir la fiabilité et la validité des outils d'évaluation utilisés dans divers domaines, tels que l'éducation, la psychologie clinique et les ressources humaines.

Ce chapitre propose d'explorer les fondements de la psychométrie en définissant ses objectifs, ses avantages et ses limites, ainsi que les méthodes utilisées pour mesurer les traits psychologiques et comportementaux. Nous illustrerons également son application à travers des exemples concrets, avant d'analyser son rôle dans le domaine du e-learning, où elle contribue à la personnalisation des parcours d'apprentissage et à l'amélioration des interactions pédagogiques.

1.2 Définition

Étymologiquement, le mot psychométrie vient du grec "psyche" : esprit ou âme , "metron" : mesure, elle vise donc à "mesurer l'esprit". Elle peut être définie comme la discipline scientifique dédiée à la création, l'évaluation et l'utilisation des instruments de mesure des traits psychologiques et des comportements humains. Elle permet d'évaluer des caractéristiques mentales telles que l'intelligence, les aptitudes et les traits de personnalité [35].

Selon Bouziane [10], la psychométrie est une discipline scientifique qui cherche à mesurer quantitativement les phénomènes psychologiques et à examiner les liens entre les variables analysées. Son but est d'observer et d'évaluer des phénomènes particuliers à travers des méthodes statistiques.

Dans [20], Furr et Bacharach définissent la psychométrie comme étant la science de la mesure psychologique qui se focalise sur le développement, l'administration et l'interprétation des tests psychologiques, tout en garantissant leur validité et leur fiabilité.

1.3 Objectifs de la Psychométrie

La psychométrie a pour principal objectif de mesurer, de façon objective, les caractéristiques psychologiques telles que les traits de personnalité, les aptitudes, les émotions ou les comportements, afin de comprendre, prédire et comparer les différences entre individus ou groupes.

Parmi ses objectifs, on peut citer [3] :

- Permettre d'analyser les différences individuelles, en quantifiant des dimensions psychologiques spécifiques, pour étudier les variations existants entre les personnes.
- Pouvoir assurer la fiabilité et l'objectivité des évaluations, grâce à des outils standardisés réduisant les biais et garantissant des mesures précises.
- Prédire, en s'appuyant sur des modèles statistiques, les comportements et les performances futurs des individus.

La psychométrie est appliquée dans divers domaines tels que l'éducation, la psychologie clinique, les ressources humaines et la recherche scientifique. Elle permet d'éclairer les décisions, d'adapter les interventions et d'optimiser les processus d'évaluation

1.4 Avantages et Inconvénients

L'utilisation de la psychométrie dans l'analyse des individus offre un certain nombre d'avantages et pose certain problèmes.

1.4.1 Avantages

Parmi les avantages de la psychométrie, on peut mentionner [27] :

- Elle permet d'estimer les capacités d'une personne dans des situations scolaires, professionnelles ou personnelles.
- En psychologie clinique, les tests psychométriques sont utilisés pour diagnostiquer une variété de troubles mentaux, tels que la dépression, l'anxiété ou les troubles de l'attention.
- Les tests psychométriques peuvent également être utilisés pour identifier les forces et les faiblesses dans des contextes éducatifs et professionnels.
- Aide à comprendre les préférences d'apprentissage des étudiants, ce qui peut être précieux pour adapter les méthodes pédagogiques à leurs besoins spécifiques.

1.4.2 Inconvénients

On peut également présenter quelques inconvénients [27] :

- Se baser uniquement sur des chiffres pour évaluer un individu peut faire oublier des choses importantes, comme ses émotions, sa motivation ou le contexte dans lequel elle travaille. Ces éléments sont pourtant essentiels pour bien comprendre son comportement.
- Les individus évalués peuvent ressentir une anxiété qui affecte leurs performances, rendant les résultats peu représentatifs de leurs capacités réelles.
- Concevoir, valider et standardiser un test de qualité demande des ressources considérables en termes de temps et d'argent.

1.5 Méthodes utilisées en Psychométrie

Les ouvrages [5] et [4] présentent différentes approches fondamentales dans le domaine de la psychométrie. Ces méthodes sont utilisées pour concevoir, évaluer et appliquer les tests psychométriques.

On présente ci-dessous un aperçu des principales techniques abordées.

1.5.1 Création des items

Il s'agit de déterminer un ensemble de questions (items) qui mesurent spécifiquement un trait ou une aptitude, en spécifiant les réponses possibles à la question sur une échelle donnée.

Exemple : Un chercheur mesure l'anxiété sociale chez les étudiants en construisant une échelle avec des affirmations comme :

"J'évite les situations où je suis le centre d'attention."

Les participants répondent sur une échelle de Likert (ex. : de 1 = Pas du tout d'accord à 5 = Tout à fait d'accord).

83%

Etude des besoins et pratiques des enquêtes et sondages

Voici une série d'affirmations que l'on peut entendre sur les enquêtes en ligne. Pour chacune d'elles êtes-vous d'accord ou pas d'accord ?

	Tout à fait d'accord	Plutôt d'accord	Ni d'accord ni pas d'accord	Plutôt pas d'accord	Pas du tout d'accord
L'enquête en ligne est un moyen économique pour réaliser son enquête	☐	☐	☐	☐	☐
Pour un non spécialiste, une enquête en ligne est complexe à mettre en œuvre	☐	☐	☐	☐	☐
On ne sait jamais exactement qui répond à une enquête en ligne	☐	☐	☐	☐	☐
Une enquête en ligne est tout aussi fiable qu'une enquête menée en face à face ou par téléphone	☐	☐	☐	☐	☐
Une enquête en ligne, c'est rapide à réaliser	☐	☐	☐	☐	☐

Suivante

FIGURE 1.1 – Exemple d'échelle de likert

1.5.2 Analyse des items

Une fois les questions du test rédigées, il faut les analyser pour vérifier qu'elles évaluent bien ce qu'on veut mesurer. Pour cela, on utilise deux méthodes : la théorie classique des tests (TCT) et la théorie de la réponse aux items (IRT).

La TCT permet de vérifier si le test est fiable et si les questions sont adaptées, par exemple en regardant si elles sont trop faciles ou trop difficiles.

L'IRT, quant à elle, s'intéresse à chaque question en tenant compte du niveau de l'élève. Elle permet de savoir si une question différencie bien les élèves selon leurs compétences, et si elle est utile pour évaluer précisément le profil de chacun.

Exemple : Après avoir administré le test d'anxiété sociale, les chercheurs appliquent la Théorie de la réponse aux items (IRT) pour évaluer la pertinence des questions. Si un item est jugé trop facile, c'est-à-dire que la majorité des participants y répondent de manière similaire, il peut être modifié ou remplacé afin d'améliorer sa capacité à différencier les niveaux d'anxiété.

1.5.3 Évaluation de la fiabilité

La fiabilité est la mesure de la constance des résultats d'un test. Elle est évaluée par différentes méthodes, telles que :

- **La consistance interne :** Mesure si tous les items du test mesurent bien le même concept.

Exemple : Imaginons une échelle de stress composée de 10 items.

Le coefficient alpha de Cronbach est alors calculé pour évaluer la cohérence interne du test. Une valeur comprise entre 0.8 et 0.9 indique une forte corrélation entre les items, attestant ainsi d'une bonne consistance.

- **Le test-retest** : Consiste à administrer le même test à deux moments différents pour vérifier la stabilité des résultats.

Exemple : Un test de QI est administré à un même groupe d'élèves à deux semaines d'intervalle. Une corrélation élevée entre les scores des deux passations indique une bonne stabilité temporelle du test.

- **La fiabilité inter-juges** : évalue la cohérence des résultats lorsque plusieurs personnes évaluent les mêmes données.

Exemple : Deux psychologues analysent des entretiens cliniques et attribuent des scores de stress aux participants. Une forte similitude entre leurs évaluations (corrélation élevée) indique une bonne fiabilité inter-juges.

1.5.4 Validation du test

Il s'agit de s'assurer que le test évalue réellement ce qu'il est censé mesurer. Il existe plusieurs types de validité :

- **Validité de contenu** : Vérifie si les items couvrent bien l'ensemble du domaine à mesurer.

Exemple : Pour une échelle de dépression, il est essentiel de s'assurer que les items abordent tous les aspects du trouble, tels que l'humeur, le sommeil, l'appétit et la motivation.

- **Validité de la construction** : examine si le test mesure un concept théorique spécifique.

Exemple : Une échelle d'intelligence émotionnelle est comparée à d'autres tests similaires afin de vérifier qu'elle évalue bien le concept théorique visé.

- **Validité des critères** : examine si les résultats du test correspondent aux critères attendus.

Exemple : Un test de sélection pour un emploi est jugé valide si les scores obtenus présentent une corrélation significative avec la performance des employés après leur embauche.

1.6 Domaines d'application de la Psychométrie

Dans [30], Lemoigne examine l'application de la psychométrie dans les sciences humaines. Voici un résumé des principaux domaines d'application de la psychométrie selon cet article :

- **Psychologie clinique et pathologique** : Emploi de tests de personnalité, tels que le MMPI (Minnesota Multiphasic Personality Inventory) ou le Big Five, pour diagnostiquer les troubles de la personnalité ou des affections psychologiques comme la dépression et l'anxiété.
- **Psychologie du développement** : Appliquer des outils psychométriques pour comprendre le développement psychologique et cognitif des individus au cours de la vie.
- **Éducation et psychologie scolaire** : Évaluer les capacités cognitives, les styles d'apprentissage et les résultats scolaires des étudiants.
- **Psychométrie organisationnelle et en entreprise** : Application d'outils psychométriques au sein des organisations pour évaluer le potentiel, les compétences et le développement des employés.

1.7 Psychométrie en e-learning

Pour mieux accompagner chaque apprenant dans un parcours d'apprentissage en ligne, il est important de connaître ses caractéristiques personnelles. La psychométrie permet de mesurer ces aspects grâce à des outils comme des questionnaires ou l'observation des comportements sur les plateformes. Elle évalue plusieurs éléments, comme les capacités intellectuelles, la personnalité, les préférences d'apprentissage, la motivation ou encore les émotions. Ensuite, les informations recueillies sont analysées à l'aide de méthodes statistiques pour classer les apprenants par profil. Cela permet de leur proposer des contenus et des méthodes adaptés à leurs besoins.

1.7.1 Évaluation psychologique des apprenants

La psychométrie dans le e-learning utilise des outils standardisés pour mesurer diverses caractéristiques psychologiques [16, 33, 41, 50, 54] :

- **Compétences cognitives** : raisonnement, mémoire, traitement de l'information.
- **Traits de personnalité** : comme ceux définis par le modèle des Big Five (ouverture, conscience, extraversion, amabilité, stabilité émotionnelle).
- **Styles d'apprentissage** : visuel, auditif, kinesthésique ou rationnel.
- **Engagement et motivation** : évaluation des motivations intrinsèques et extrinsèques.
- **Émotions et états affectifs** : niveaux d'anxiété, de stress ou de confiance.

Ces évaluations sont réalisées via des questionnaires, des jeux sérieux ou des analyses des comportements sur les plateformes.

1.7.2 Analyse et segmentation des apprenants

Les données recueillies sont traitées par des méthodes statistiques et psychométriques [53] :

- **Analyse factorielle** : pour identifier les dimensions clés des attributs mesurés.

	BFI-2	BFI-2-XS (wave 1)	BFI-2-XS (wave 2)
Open-mindedness	.79 [.77, .80]	.44 [.40, .48]	.49 [.45, .53]
Conscientiousness	.85 [.84, .85]	.40 [.36, .44]	.48 [.45, .51]
Extraversion	.83 [.82, .84]	.55 [.52, .58]	.63 [.60, .66]
Agreeableness	.80 [.78, .81]	.50 [.46, .54]	.54 [.50, .57]
Negative emotionality	.86 [.85, .87]	.64 [.61, .67]	.65 [.62, .67]

FIGURE 1.2 – Exemple d’analyse factorielle de Big Five

Le tableau présente les coefficients de fidélité (alpha de Cronbach) pour les cinq dimensions de la personnalité mesurées à l’aide de deux versions du test : le BFI-2 (version standard) et le BFI-2-XS (version courte), mesurées lors de deux vagues de passation.

- **BFI-2** : Version complète, avec des scores de fiabilité élevés (entre .79 et .86), indiquant une très bonne consistance interne.
 - **BFI-2-XS** : Version extra-courte, avec des scores plus faibles (entre .40 et .65), ce qui est attendu du fait du nombre réduit d’items.
 - Chaque score est accompagné d’un intervalle de confiance, illustrant la précision de l’estimation.
 - Le BFI-2 est plus fiable que le BFI-2-XS, ce qui est normal car il contient plus d’items.
- **Clustering et regroupements** : pour former des groupes homogènes d’apprenants ayant des profils similaires.

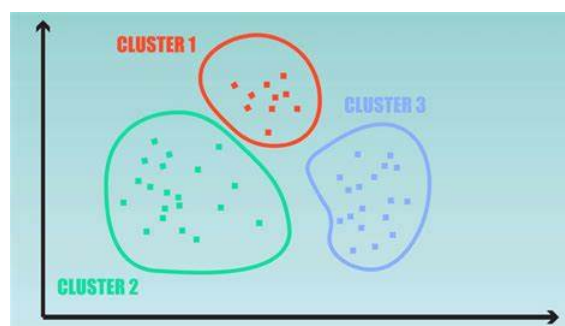


FIGURE 1.3 – Exemple de clustering

- **Échelles normées** : permettant des comparaisons entre individus ou groupes.

Les résultats aident à comprendre les besoins spécifiques des apprenants et à adapter les approches pédagogiques.

1.7.3 Personnalisation de l'apprentissage

Les résultats psychométriques permettent [11] :

- **Une adaptation des contenus** : des ressources pédagogiques ciblées sur le style et les capacités de l'apprenant.
- **Des feedbacks individualisés** : pour motiver ou orienter.
- **Une optimisation des interactions collaboratives** : par la création de groupes équilibrés pour maximiser les bénéfices de l'apprentissage en équipe.

1.7.4 Intégration technologique

Les plateformes de e-learning intègrent la psychométrie par [46] :

- **Des systèmes de recommandation** : suggérant des contenus adaptés.
- **Des dashboards analytiques** : fournissant aux enseignants des informations sur le profil des apprenants.
- L'utilisation de l'IA pour ajuster dynamiquement les activités selon les besoins.

1.8 Exemples pratiques dans le e-learning

La psychométrie, utilisée dans le e-learning, aide à mieux connaître les apprenants en prenant en compte leur façon d'être, leurs émotions et leur manière d'apprendre. Grâce à cela, on peut adapter les méthodes d'enseignement pour qu'elles correspondent mieux à chaque personne. Cela permet de rendre les apprenants plus motivés, de faciliter le travail en groupe et d'améliorer leurs résultats. Les exemples qui suivent montrent comment ces informations peuvent servir à rendre l'apprentissage en ligne plus efficace et plus humain.

- **Évaluer les soft skills pour mesurer l'aptitude au travail en équipe** :

La psychométrie permet d'analyser des compétences clés comme la communication, la collaboration et l'intelligence émotionnelle. Ces évaluations facilitent l'identification des points forts et axes d'amélioration des apprenants en contexte collaboratif, favorisant ainsi la constitution de groupes de travail performants et harmonieux [45].

- **Adapter les contenus et interfaces aux apprenants anxieux :**

Certains étudiants éprouvent du stress face aux évaluations ou aux environnements numériques. L'analyse de leur comportement permet d'ajuster les supports pédagogiques (ex. : parcours d'apprentissage progressif, feedback encourageant) et d'améliorer l'ergonomie des interfaces (ex. : design simplifié, réduction de la charge cognitive), offrant ainsi un cadre plus rassurant et adapté [31].

- **Constituer des équipes équilibrées pour optimiser l'apprentissage collaboratif :**

En tenant compte des traits de personnalité et des styles d'apprentissage, il est possible de composer des groupes où les compétences et les rôles se complètent. Une équipe équilibrée peut associer des profils diversifiés – leaders, analystes, créatifs – afin de favoriser des interactions constructives et une collaboration efficace [32].

- **Personnalisation des parcours d'apprentissage :**

Chaque étudiant possède un style d'apprentissage qui influence son assimilation des connaissances. L'utilisation des données psychométriques permet d'adapter les contenus et méthodes pédagogiques en fonction de ces préférences [2].

- **Identification du risque de décrochage et suivi des performances :**

L'analyse des comportements d'apprentissage aide à repérer les signes avant-coureurs du décrochage, tels qu'une baisse d'engagement, des retards dans les travaux ou une diminution des résultats [19].

1.9 Avantages et défis de la psychométrie en e-learning :

1.9.1 Avantages

La psychométrie offre un certain nombre d'avantages au e-learning, dont on peut citer [56] :

- Les outils numériques permettent de mieux suivre les progrès des étudiants et de proposer un apprentissage plus personnalisé.
- Les plateformes éducatives peuvent aider les enseignants à repérer plus facilement les difficultés et à ajuster leurs méthodes.
- Les données collectées offrent aux établissements une vue d'ensemble utile pour améliorer la qualité de l'enseignement.

1.9.2 Défis

Parmi les défis posés par l'usage de la psychométrie dans le e-learning [56] :

- L'utilisation de données personnelles pose des questions importantes sur le respect de la vie privée des étudiants.
- Le risque existe que l'on se concentre uniquement sur les chiffres (notes, fréquence de connexion...) au lieu de tenir compte des aspects humains de l'apprentissage.
- Beaucoup de plateformes utilisées par les écoles appartiennent à des sociétés privées, ce qui limite la capacité des établissements à gérer leurs données et à décider comment utiliser ces outils.

1.10 Analyse de quelques articles sur la psychométrie dans le e-learning

Plusieurs recherches ont exploré comment utiliser la psychométrie pour améliorer l'apprentissage en ligne. Une revue, menée en 2023, a étudié l'impact de la gamification dans l'enseignement supérieur, montrant que les éléments ludiques peuvent renforcer la motivation des apprenants si l'approche est bien personnalisée [1].

En 2024 un nouveau modèle de formation en ligne a été proposé, basé sur les profils psychométriques des étudiants, comme leur style de pensée ou leur niveau de motivation, pour adapter le contenu à chacun [23].

Zhang et Huang [58] ont testé l'évaluation gamifiée dans un cadre hybride, et ont constaté une meilleure motivation et participation des apprenants. Par ailleurs, une méta-analyse de 2024 a montré que la gamification peut renforcer l'autonomie et le sentiment d'appartenance, mais a peu d'effet sur la compétence perçue [22].

Enfin, Ishaq et Alvi [24] dans une étude sur l'apprentissage de la programmation ont confirmé que les outils adaptés aux profils des étudiants permettent de mieux apprendre, en particulier grâce à l'engagement et à la personnalisation.

Ces résultats montrent que la psychométrie, combinée à des techniques comme la gamification, joue un rôle essentiel dans les nouvelles formes d'apprentissage numérique. Le tableau ci-dessous présente un récapitulatif des articles étudiés.

Articles	Objectif	Méthodologie	Résultats
[1]	Étudier si les éléments ludiques motivent les étudiants	Analyse de plus de 50 études récentes sur l'enseignement supérieur	Motivation renforcée si les éléments sont adaptés au profil des apprenants
[23]	Créer un modèle basé sur les profils (MBTI, motivation)	Test d'un modèle sur une plateforme avec retours d'expérience	Forte satisfaction et implication des apprenants
[58]	Tester l'effet de l'évaluation ludique et adaptative	Étude expérimentale en ligne et en présentiel	Meilleure motivation, précision des réponses et engagement
[22]	Étudier les effets de la gamification sur la motivation et l'autonomie	Analyse de 35 études sur différents contextes éducatifs	Plus d'autonomie et de motivation, peu d'effet sur la compétence perçue
[24]	Voir si la personnalisation aide à mieux apprendre	Revue de la littérature sur la programmation et l'e-learning	Engagement et résultats cognitifs améliorés grâce à l'adaptation aux profils

TABLE 1.1 – Comparaison d'articles sur la psychométrie

1.11 Conclusion

La psychométrie occupe une place essentielle dans l'amélioration des environnements d'apprentissage en ligne en offrant des outils d'évaluation précis des compétences et des traits psychologiques des apprenants. Ainsi, elle contribue non seulement à affiner l'évaluation des connaissances, mais aussi à approfondir la compréhension des mécanismes d'apprentissage, ouvrant ainsi la voie à une éducation plus adaptée, équitable et inclusive.

Dans ce contexte, le chapitre suivant s'attarde sur les profils types des apprenants et leurs caractéristiques, afin d'en analyser l'influence sur les pratiques d'apprentissage en ligne.

Chapitre 2

Profils des apprenants et leurs caractéristiques

2.1 Introduction

L'évolution constante du domaine de l'éducation vise à s'adapter aux divers besoins et spécificités des apprenants. L'un des principaux problèmes rencontrés par les enseignants et les concepteurs pédagogiques est la prise en compte de l'hétérogénéité des profils étudiants, qui a une influence sur leur mode d'apprentissage, leur niveau d'engagement et leur performance académique. L'identification des profils des étudiants est donc importante pour permettre de mettre en place des stratégies pédagogiques adaptées.

Ce chapitre a pour but de mieux comprendre les apprenants en présentant les différents profils qu'ils peuvent avoir, ainsi que les caractéristiques qui influencent leur manière d'apprendre, comme la personnalité, le style d'apprentissage ou les compétences relationnelles. Il propose aussi un aperçu des recherches menées dans ce domaine, en s'appuyant sur des approches issues de la psychométrie, de la psychologie et de l'intelligence artificielle.

2.2 Définition

L'identification des profils étudiants consiste à analyser les caractéristiques individuelles des apprenants en tenant compte de leurs dimensions cognitives, émotionnelles et comportementales. Cette approche vise à adapter les stratégies pédagogiques afin de maximiser leur réussite académique [49].

L'identification des profils des étudiants, basée sur l'analyse psychométrique de divers aspects, notamment les traits de personnalité, les styles d'apprentissage et les compétences socio-émotionnelles, va permettre de mieux comprendre les besoins spécifiques des apprenants et d'adapter les méthodes pédagogiques [29].

Dans les environnements numériques et les systèmes éducatifs basés sur l'intelligence artificielle, l'identification des profils étudiants consiste à utiliser l'analyse des données et les technologies d'apprentissage automatique pour mieux identifier leurs préférences et comportements d'apprentissage, ce qui permet de concevoir des

parcours pédagogiques personnalisés pour chaque étudiant [36].

2.3 Bénéfices de l'utilisation des profils des apprenants

Parmi les bénéfices offerts par la constitution de profils d'apprenants, on peut citer :

2.3.1 Identification des profils d'apprenants

- Définir les profils psychométriques influençant l'apprentissage collaboratif (anxieux, autonomes, leaders, suiveurs) [53].
- Analyser l'impact des soft skills (communication, gestion du stress, pensée critique) sur le travail en groupe [43].
- Classer les apprenants selon leurs compétences cognitives et socio-affectives pour optimiser la collaboration [37].

2.3.2 Caractérisation des profils

- Étudier la corrélation entre traits psychologiques et performance académique [8].
- Associer les styles d'apprentissage aux profils identifiés [29].
- Analyser l'influence des différences individuelles sur la dynamique de groupe en e-learning [14].

2.3.3 Application aux groupes collaboratifs

- Développer des algorithmes de formation de groupes équilibrés [47].
- Adapter les contenus et interfaces pédagogiques aux profils des apprenants [39].
- Évaluer l'impact des stratégies mises en place sur l'apprentissage collaboratif [38].

2.4 Types d'apprenants

Il existe plusieurs types d'apprenants qui se différencient selon un certain nombre de points forts et de points faibles relatifs à leur apprentissage.

2.4.1 L'apprenant autonome

Ce type d'apprenant a les caractéristiques suivantes [28] :

- **Avantages** : Il sait organiser son travail sans nécessiter une supervision constante. Son autonomie et sa discipline lui permettent de réussir dans des environnements d'apprentissage flexibles comme l'e-learning.
- **Inconvénients** : Il peut éprouver des difficultés dans les activités collaboratives et risque de se retrouver isolé.

2.4.2 L'apprenant sociable

Ce type d'apprenant a les caractéristiques suivantes [26] :

- **Avantages** : Il apprend efficacement en interagissant avec ses pairs et excelle dans le travail en groupe.
- **Inconvénients** : Il peut manquer d'initiative lorsqu'il doit travailler seul et dépend parfois trop des autres.

2.4.3 L'apprenant perfectionniste

Ce type d'apprenant a les caractéristiques suivantes [52] :

- **Avantages** : Il cherche toujours à produire un travail d'une qualité irréprochable et fait preuve d'une grande rigueur dans son apprentissage.
- **Inconvénients** : Son exigence excessive peut générer du stress et ralentir sa progression en raison d'un souci excessif du détail.

2.4.4 L'apprenant procrastinateur

Ce type d'apprenant a les caractéristiques suivantes [51] :

- **Avantages** : Il est capable de travailler efficacement sous pression et peut parfois se montrer très créatif lorsqu'il agit à la dernière minute.
- **Inconvénients** : Une mauvaise gestion du temps peut compromettre la qualité de ses productions et entraîner du stress avant les échéances.

2.4.5 L'apprenant anxieux

Ce type d'apprenant a les caractéristiques suivantes [57] :

- **Avantages** : Son engagement dans ses études est souvent très élevé, et il est attentif aux détails pour éviter toute erreur.
- **Inconvénients** : Son stress peut devenir un frein à son apprentissage et affecter ses performances, notamment lors des évaluations.

2.4.6 L'apprenant polyvalent

Ce type d'apprenant à les caractéristiques suivantes [44] :

- **Avantages** : Il s'adapte facilement à différentes situations d'apprentissage et est capable de mener plusieurs projets en parallèle.
- **Inconvénients** : Cette capacité à jongler entre plusieurs tâches peut entraîner une dispersion et une surcharge cognitive.

2.4.7 L'apprenant ouvert

Ce type d'apprenant à les caractéristiques suivantes [25] :

- **Avantages** : Curieux et créatif, il explore volontiers de nouvelles idées et méthodes d'apprentissage. Son ouverture à l'expérience favorise l'innovation et l'adaptation à des contenus variés.
- **Inconvénients** : Il peut se disperser dans des intérêts multiples et perdre de vue les objectifs pédagogiques prioritaires.

2.4.8 L'apprenant consciencieux

Ce type d'apprenant à les caractéristiques suivantes [25] :

- **Avantages** : Rigoureux, organisé et persévérant, il respecte les échéances et s'investit sérieusement dans ses tâches. Son sens de la responsabilité en fait un élève fiable.
- **Inconvénients** : Il peut devenir perfectionniste au point de procrastiner ou avoir du mal à s'adapter à des environnements moins structurés.

2.4.9 L'apprenant extraverti

Ce type d'apprenant à les caractéristiques suivantes [25] :

- **Avantages** : Dynamique et expressif, il s'implique activement dans les échanges de groupe et n'hésite pas à poser des questions. Sa présence peut stimuler la participation collective.
- **Inconvénients** : Il peut avoir du mal à se concentrer en autonomie prolongée et privilégier l'interaction sociale au détriment de la réflexion individuelle.

2.4.10 L'apprenant agréable

Ce type d'apprenant à les caractéristiques suivantes [25] :

- **Avantages** : Coopératif et bienveillant, il favorise un bon climat de travail dans les projets collaboratifs. Il est souvent perçu comme un médiateur naturel au sein d'un groupe.
- **Inconvénients** : Son désir d'éviter les conflits peut l'empêcher d'exprimer ses désaccords ou de défendre ses idées, même lorsque cela serait nécessaire.

2.4.11 L'apprenant émotionnellement sensible (Névrosé)

Ce type d'apprenant a les caractéristiques suivantes [25] :

- **Avantages** : Lorsqu'il est bien accompagné, il développe une grande capacité d'introspection, ce qui peut enrichir son apprentissage personnel et relationnel.
- **Inconvénients** : Sujet au stress ou au doute, il peut perdre confiance en ses capacités, notamment en situation d'évaluation ou face à des difficultés imprévues.

2.5 Les caractéristiques des profils des apprenants

Les profils des apprenants se construisent à partir d'un ensemble de facteurs variés qui influencent leurs attitudes, leurs comportements et leur réussite en contexte éducatif. Ces facteurs peuvent être regroupés en trois grandes catégories : personnels, sociologiques, pédagogiques, psychologiques et éthiques.

2.5.1 Facteurs personnels

Ces caractéristiques relèvent des traits individuels et du comportement propre à chaque étudiant.

- Degré de motivation (intrinsèque ou extrinsèque) [13].
- Autonomie dans l'apprentissage et capacité à organiser son travail [28].
- Adaptabilité aux différentes modalités pédagogiques, notamment en contexte numérique [12].
- Compétences en gestion du temps et en priorisation des tâches [12].

2.5.2 Facteurs sociologiques

Ces aspects sont influencés par l'environnement social, culturel et économique de l'étudiant.

- Impact du milieu socio-économique sur l'accès aux ressources éducatives [9].
- Influence des interactions familiales sur les méthodes d'apprentissage [21].
- Niveau d'intégration sociale et interactions avec les pairs dans le cadre académique [55].
- Participation aux dynamiques collaboratives et aux projets de groupe [26].

2.5.3 Facteurs pédagogiques

Ils concernent la manière dont l'étudiant assimile les connaissances et s'adapte aux méthodes d'enseignement.

- Styles d'apprentissage variés (visuel, auditif, kinesthésique, etc.) [18].
- Capacité à suivre un enseignement structuré ou à s'adapter à un apprentissage autonome [59].
- Usage des technologies éducatives et des plateformes numériques [48].
- Réaction face aux évaluations et aux retours pédagogiques hattie2007feedback.

2.5.4 Facteurs psychologiques

Ces caractéristiques sont liées aux processus cognitifs et émotionnels influençant l'apprentissage.

- Capacité à gérer le stress et la pression académique [57].
- Niveau de concentration et persévérance face aux défis [15].
- Confiance en soi et estime de soi dans l'environnement éducatif [6].
- Résilience face aux échecs et capacité d'adaptation émotionnelle [34].

2.5.5 Facteurs éthiques

Ils touchent aux valeurs et aux principes qui influencent le comportement de l'étudiant dans son parcours académique.

- Respect des règles académiques et de l'intégrité intellectuelle [17].
- Sens de la responsabilité dans la réalisation des tâches et des travaux [6].
- Éthique dans les interactions avec les autres et respect de la diversité culturelle [7].
- Engagement envers des pratiques de travail honnêtes et équitables [42].

2.6 Modèles théoriques utilisés

Pour décrire le profil des étudiants, dans le contexte de l'apprentissage, plusieurs modèles existent, dont on présente : le modèle psychologique OCEAN et le modèle de style d'apprentissage.

2.6.1 Le modèle OCEAN (Big Five)

Le modèle OCEAN, également connu sous le nom des « Big Five », constitue une référence incontournable dans l'étude de la personnalité. Proposé et structuré par John et Srivastava (1999)[25], il repose sur cinq dimensions majeures permettant de décrire les traits fondamentaux qui distinguent les individus. Chaque dimension reflète une tendance générale dans les comportements, les émotions et les attitudes :

- **Ouverture à l'expérience** : cette dimension fait référence à la curiosité intellectuelle, à l'imagination et à l'intérêt pour la nouveauté. Les individus ouverts sont créatifs, sensibles à l'esthétique et réceptifs aux idées nouvelles, tandis que ceux qui le sont moins privilégient les routines et les approches concrètes.
- **Conscienciosité** : elle désigne le degré d'organisation, de discipline personnelle et de fiabilité. Une personne consciencieuse planifie ses actions, respecte les échéances et fait preuve de rigueur. À l'inverse, une faible conscienciosité est souvent associée à l'impulsivité et à la désorganisation.
- **Extraversion** : ce trait reflète l'énergie sociale d'un individu. Les personnes extraverties recherchent la compagnie des autres, sont expressives et enthousiastes. Les introvertis, quant à eux, sont plus réservés, préfèrent les contextes calmes et se montrent moins expansifs.
- **Agréabilité** : elle renvoie à la qualité des relations interpersonnelles. Un score élevé traduit la bienveillance, l'altruisme et la coopération. À l'inverse, une faible agréabilité peut se manifester par la méfiance, la compétitivité ou une attitude distante.
- **Névrosisme** : cette dimension mesure la stabilité émotionnelle. Les individus ayant un score élevé tendent à ressentir plus fréquemment des émotions négatives telles que l'anxiété ou l'irritabilité. Ceux qui présentent une faible névrosisme sont généralement plus sereins et résilients face au stress.

Selon John et Srivastava, ces cinq traits sont relativement stables dans le temps et peuvent être mesurés à l'aide d'outils psychométriques fiables. Le modèle OCEAN est largement utilisé pour analyser les différences individuelles dans des contextes variés, y compris l'apprentissage en ligne et la constitution de groupes de travail.

2.6.2 Le modèle des styles d'apprentissage de Felder et Silverman

Le modèle développé par Felder et Silverman (1988) [16] vise à mieux comprendre les préférences d'apprentissage des individus. Il met en lumière la diversité des manières dont les étudiants perçoivent, traitent et retiennent l'information. Ce modèle repose sur quatre axes principaux, chacun représentant deux styles opposés :

- **Sensoriel vs Intuitif** : les apprenants sensoriels privilégient les données concrètes, les faits pratiques et les démonstrations. Les intuitifs, en revanche, s'orientent vers les abstractions, les théories et les concepts généraux.

- **Visuel vs Verbal** : les apprenants visuels retiennent plus facilement les informations présentées sous forme d'images, de graphiques ou de vidéos. Les verbaux préfèrent les supports écrits ou oraux comme les textes et les explications.
- **Actif vs Réfléchi** : les apprenants actifs assimilent mieux en expérimentant, discutant ou en manipulant l'information. Les réfléchis ont besoin de temps pour penser, analyser et intégrer les connaissances de manière introspective.
- **Séquentiel vs Global** : les séquentiels avancent progressivement, étape par étape, et apprécient les présentations structurées. Les apprenants globaux ont une approche plus intuitive, saisissent les idées dans leur ensemble et établissent des connexions plus larges.

Felder et Silverman soulignent que ces préférences ne sont pas exclusives ni figées. Elles représentent des tendances qui peuvent coexister à des degrés variables chez un même individu. En contexte pédagogique, ce modèle permet d'adapter les méthodes d'enseignement aux profils des apprenants et d'améliorer ainsi l'efficacité des apprentissages.

2.7 Conclusion

L'identification des profils d'étudiants est essentielle pour améliorer l'adaptation des parcours pédagogiques et favoriser la réussite académique. En utilisant des outils psychométriques, il est possible de mieux cerner les besoins, les compétences et les préférences des apprenants.

Le chapitre suivant présente l'architecture et les choix techniques ayant permis de traduire ces données psychométriques en un outil opérationnel capable de former automatiquement des groupes d'apprenants équilibrés et cohérents.

Chapitre 3

Conception

3.1 Introduction

Dans ce chapitre, nous présentons la conception du système en détaillant les fonctionnalités de chaque utilisateur. Pour structurer l'architecture, nous utilisons différents outils tels que les diagrammes UML, un dictionnaire de données et un schéma relationnel. Nous intégrons également trois méthodes clés : le test OCEAN pour identifier les traits de personnalité, un test de style d'apprentissage pour cerner les préférences cognitives, et une évaluation du niveau afin d'estimer les compétences des apprenants. Ces méthodes servent de base pour le regroupement automatique et personnalisé des étudiants.

3.2 Objectifs

Les objectifs de notre travail sont résumés comme suit :

- Pouvoir réaliser une évaluation psychométrique des étudiants.
- À partir des résultats des évaluations psychométriques, regrouper les étudiants pour des activités collaboratives.
- Offrir à l'enseignant une plateforme en ligne pour la gestion des tests, des exercices et des évaluations, qui seront proposés aux étudiants.

3.3 Conception du système

Le système à développer se compose de trois parties essentielles :

- Un module d'évaluation psychométrique et du niveau d'apprentissage.
- Un système de regroupement automatique des étudiants.
- Une plateforme de gestion des exercices et des évaluations.

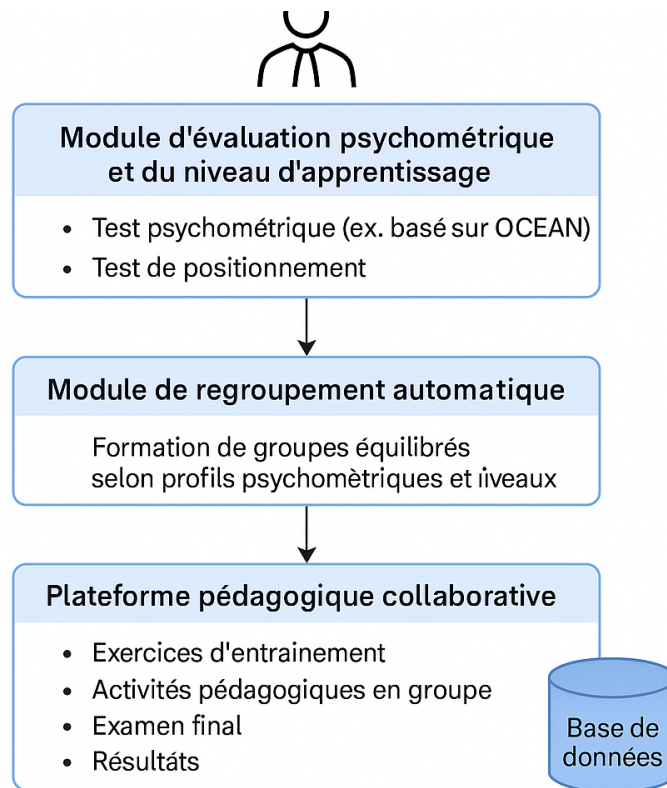


FIGURE 3.1 – conception du système

3.3.1 Identification des acteurs

Notre système se compose de trois acteurs principaux : l'*enseignant*, l'*étudiant* et l'*administrateur*. Chaque acteur a un rôle spécifique :

- **L'administrateur** : Responsable de la gestion globale du système.
- **L'étudiant** : Répond aux tests et aux exercices et travaille en groupe.
- **L'enseignant** : Crée et assigne des tests, des exercices et évalue les étudiants en suivant leurs progression.

3.3.2 Fonctionnalités

Nous allons préciser les fonctionnalités de chaque acteur de notre système :

3.3.3 Fonctionnalités de l'administrateur

- Supprimer un compte utilisateur.
- Accepter un compte utilisateur.

3.3.4 Fonctionnalités communes aux utilisateurs (enseignant et étudiant)

- S'inscrire sur le site.
- Modifier son profil.
- Lire et envoyer des messages.
- Accéder aux groupes de travail.
- Consulter les exercices attribués.

3.3.5 Fonctionnalités spécifiques de l'étudiant

- Consulter des cours.
- passer les tests psychométriques et d'évaluation.
- Réaliser des exercices d'entraînement, exercices notés et examen final.
- Consulter son groupe de travail.
- Discuter avec son groupe.

3.3.6 Fonctionnalités spécifiques de l'enseignant

- Créer un test d'évaluation psychométrique et académique.
- Ajouter, modifier et supprimer des cours.
- Consulter les résultats des étudiants.
- Ajouter, modifier et supprimer des exercices.
- Ajouter, modifier et supprimer un examen final.
- Évaluer les performances des étudiants.
- Donner des notes aux étudiants.

3.3.7 Fonctionnalités communes aux trois acteurs

- Se connecter et se déconnecter du site.
- Gérer leur compte utilisateur.

3.4 Diagramme de cas d'utilisation

Nous présentons ci-dessous (figure 3.2) le diagramme d'utilisation correspondant aux acteurs décrits :

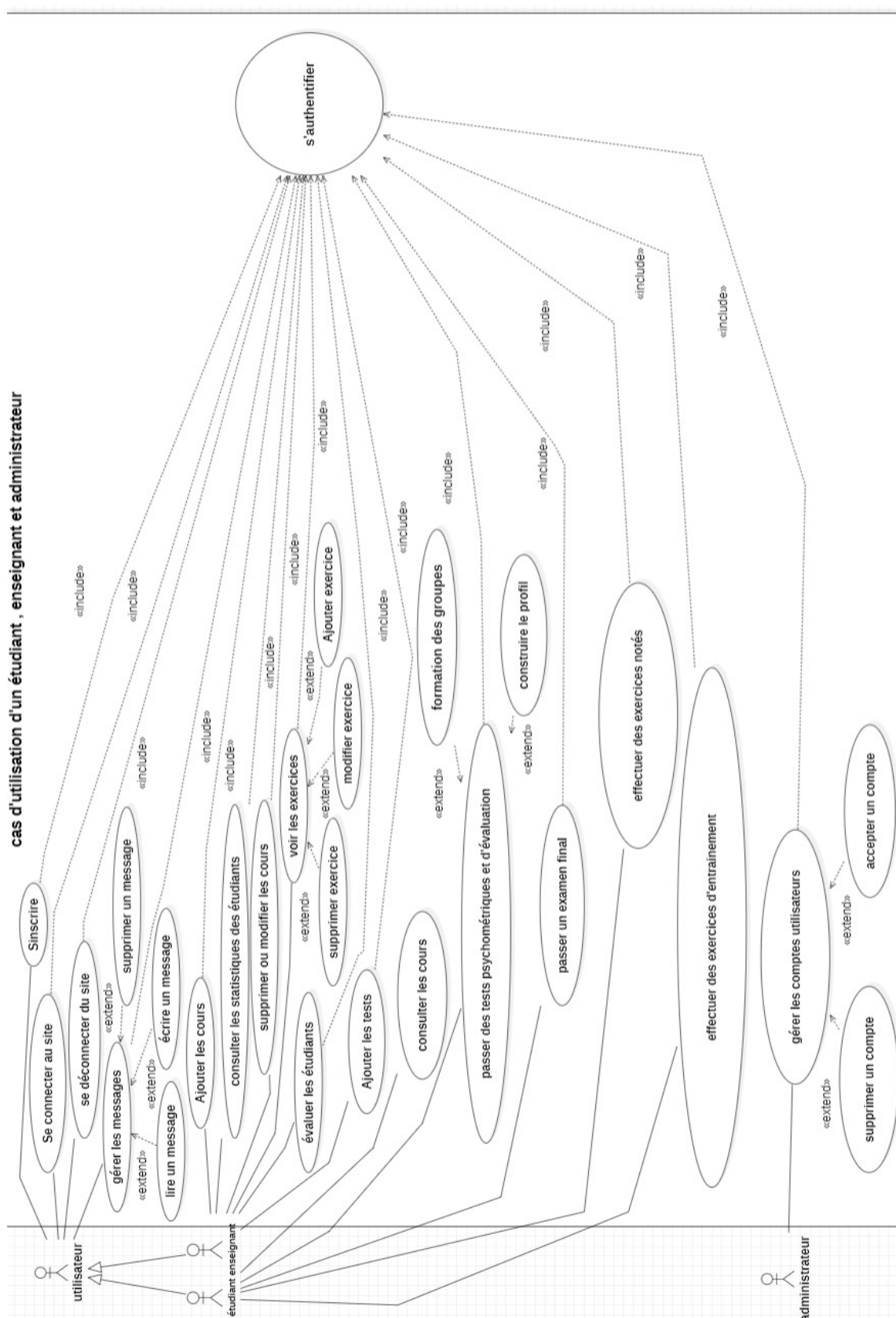


FIGURE 3.2 – Diagramme de cas d'utilisation

3.4.1 Règles de gestion

Les règles de gestion sont les suivantes :

- Un étudiant doit avoir : nom d'utilisateur, nom, prénom, genre, date de naissance, adresse e-mail, mot de passe, numéro de téléphone, avatar.
- Un enseignant doit avoir : nom d'utilisateur, nom, prénom, genre, date de naissance, adresse e-mail, mot de passe, numéro de téléphone, avatar.
- Un administrateur doit avoir : identifiant, adresse e-mail, mot de passe.
- Un message doit contenir : destinataire(s), expéditeur, contenu, date, objet.
- Un utilisateur peut envoyer un message à un ou plusieurs utilisateurs.
- Un groupe contient un ou plusieurs étudiants.
- Un étudiant appartient à un seul groupe.
- Une activité doit contenir : description, date, durée, type.
- Un enseignant peut ajouter une ou plusieurs activités.
- Une activité est proposée à un ou plusieurs groupes.
- Un groupe est noté sur chaque activité effectuée.
- Un test doit contenir : identifiant, type de test (psychologique (OCEAN), test de niveau, style d'apprentissage ou un examen final), description, durée, date de création.
- Un test contient une ou plusieurs questions.
- Une question doit avoir : identifiant, texte de la question, type de question.
- Un étudiant peut passer zéro, un ou plusieurs tests.
- Un étudiant donne une ou plusieurs réponses aux questions d'un test.
- À l'issue d'un test, un résultat est calculé (score ou profil).
- Le résultat de test est associé à l'étudiant.

3.4.2 Dictionnaire de données

Champ	Nom	Signification	Type	Longueur	Nature
admins	admin-id	identificateur de l'admin	numérique	11	calculé
	admin-name	le nom de l'admin	alphabétique	255	élémentaire
	admin-password	mot de passe de l'admin	alphabétique	255	élémentaire
Utilisateur	id	identificateur de l'utilisateur	numérique	11	calculé
	last-name	nom de l'utilisateur	alphabétique	255	élémentaire
	first-name	prénom de l'utilisateur	alphabétique	255	élémentaire
	e-mail	adresse e-mail de l'utilisateur	alpha-numérique	255	élémentaire
	avatar	image du profil personnel de l'utilisateur	alpha-numérique	255	élémentaire
	username	pseudo de l'utilisateur	alpha-numérique	255	élémentaire
	password	mot de passe de l'utilisateur	alphabétique-numérique	255	élémentaire
	birthdate	date de naissance de l'utilisateur	date	-	élémentaire

Champ	Nom	Signification	Type	Longueur	Nature
	phone-number	le numéro de téléphone de l'utilisateur	numérique	-	élémentaire
	registration-date	date d'inscription de l'utilisateur	date	-	élémentaire
	admin-approval	l'acceptation de l'admin	alphabétique	-	élémentaire
	gender	le genre de l'utilisateur	alphabétique	1	élémentaire
Teachers	Teacher-id	identificateur de l'enseignant	numérique	255	élémentaire
Learners	Learner-id	identificateur de l'étudiant	numérique	11	calculé
answer-quizzes	answer-quiz-id	identificateur de la réponse au questionnaire	numérique	11	calculé
	question-id	identificateur de la question	numérique	255	élémentaire
	description	description de la réponse	alphabétique	255	élémentaire
	score	score de la réponse	numérique	255	élémentaire
	quiz-id	identificateur du questionnaire	numérique	255	élémentaire
Answer-exercice	answer-exercice-id	identificateur de la réponse de l'exercice	numérique	11	calculé

Champ	Nom	Signification	Type	Longueur	Nature
	question-id	identificateur de la question	numérique	255	élémentaire
	description1	description de la première réponse	alpha-numérique	255	élémentaire
	description2	description de la deuxième réponse	alpha-numérique	255	élémentaire
choices	choice-id	identificateur du choix	numérique	11	calculé
	description	description du choix	alpha-numérique	255	élémentaire
	question-id	identificateur de la question	numérique	255	élémentaire
	quiz-id	identificateur du questionnaire	numérique	255	élémentaire
choices-apprentissage	type	type de choix de la question	alphabétique	255	élémentaire
	choice-num	numéro du choix de la question	numérique	255	élémentaire
disc	Dis-id	identificateur de la discussion	numérique	11	calculé
connections	Connection-id	identificateur de connexion	numérique	11	calculé

Champ	Nom	Signification	Type	Longueur	Nature
	date	Date de la connexion	date	255	élémentaire
	connection-date	date et temps de connexion	date	255	élémentaire
	duration-seconds	temps en secondes	numérique	255	élémentaire
courses	Course-ID	identificateur du cour	numérique	11	calculé
	course-name	nom du cour	alphabétique	255	élémentaire
	description	description du cour	alpha-numérique	255	élémentaire
	created-at	date de création du cour	date	255	élémentaire
files	file-id	identificateur du fichier	numérique	11	calculé
	file-name	nom du fichier	alpha-numérique	255	élémentaire
	description	description du fichier	alpha-numérique	255	élémentaire
	file-type	type du fichier	alphabétique	255	élémentaire
	uploaded-at	date du téléchargement du fichier ou vidéo	date	255	élémentaire
followed-courses	follow-id	identificateur de l'abonné	numérique	11	calculé
	group-ID	identificateur du groupe	numérique	255	élémentaire

Champ	Nom	Signification	Type	Longueur	Nature
	follow-date	date de l'abonné	date	255	élémentaire
	repond-psy	test psychologique répondu ou pas	alphabétique	255	élémentaire
	repond-Niveau	test de niveau répondu ou pas	alphabétique	255	élémentaire
	repond-Apprentissage	test du style d'apprentissage répondu ou pas	alphabétique	255	élémentaire
	score-psy	score du test psychologique	numérique	255	élémentaire
	score-niveau	score du test de niveau	numérique	255	élémentaire
	score-Apprentissage	score du test de style d'apprentissage	numérique	255	élémentaire
groupedisc	GroupeDisc-id	identificateur du groupe de discussion	numérique	11	calculé
	GroupeDisc-number	numéro de groupe de discussion	numérique	255	élémentaire
	description-disc	description de la discussion	alpha-numérique	255	élémentaire
	Band-id	date de l'abonné	date	255	élémentaire

Champ	Nom	Signification	Type	Longueur	Nature
	sent-date	date de l'en-voie	date	255	élémentaire
mailbox	mail-id	identificateur de l'email	numérique	11	calculé
	sender-email	l'émetteur de l'email	alpha-numérique	255	élémentaire
	receiver-email	récepteur de l'email	alpha-numérique	255	élémentaire
	subject	le sujet de l'email	alpha-numérique	255	élémentaire
	message	message de l'email	alpha-numérique	255	élémentaire
	status	status de l'email	alphabétique	255	élémentaire
	sent-at	date d'envoi	date	255	élémentaire
notifications	notification-id	identificateur de notification	numérique	11	calculé
	activity-type	type d'activité	alphabétique	255	élémentaire
	message	message de la notification	alphabétique	255	élémentaire
	sender-role	le rôle de l'émetteur	alphabétique	255	élémentaire
personnalite	id-Personnalite	identificateur de la personnalité	numérique	11	calculé
profiles	profile-id	identificateur du profil	numérique	11	calculé

Champ	Nom	Signification	Type	Longueur	Nature
	files-progress	nombres de fichiers consultés	numérique	255	élémentaire
	video-progress	nombres de vidéos consultés	numérique	255	élémentaire
	quizzes-progress	nombre de questionnaire effectué	numérique	255	élémentaire
	quizzes-total	score total des questions	numérique	255	élémentaire
	Reponse-progress	nombre de réponses donné à l'exercice d'entraînement	numérique	255	élémentaire
	exercice-progress	nombre des exercices effectués	numérique	255	élémentaire
	exercice-total-progress	score total des exercices effectués	numérique	255	élémentaire
	mail-activity	les e-mails	numérique	255	élémentaire
	Discussion	les discussions	numérique	255	élémentaire
question	id-Question	identificateur de la question de l'exercice d'entraînement	numérique	11	calculé

Champ	Nom	Signification	Type	Longueur	Nature
	Number-question	numéro de question de l'exercice d'entraînement	numérique	255	élémentaire
	description	Description de la question de l'exercice d'entraînement	alpha-numérique	255	élémentaire
	SendingDate	date de l'envoi	Date	255	élémentaire
quizscores	quiz-score-id	identificateur du score de la question	numérique	11	calculé
	full-score	totalité du score	numérique	255	élémentaire
	Score	score du questionnaire	numérique	255	élémentaire
	is-finished	questionnaire terminé ou non	alphabétique	255	élémentaire
	duration	durée des questions	numérique	255	élémentaire
quiztests	quiz-test-id	identificateur de question du test	numérique	11	calculé
	registration-time	temps d'enregistrement	numérique	255	élémentaire
	end-time	temps fini du test	numérique	255	élémentaire

Champ	Nom	Signification	Type	Longueur	Nature
	Teacher-ID	identificateur de l'enseignant	numérique	255	élémentaire
	Course-ID	identificateur du cour	numérique	255	élémentaire
	is-finished	questionnaire terminé ou non	alphabétique	255	élémentaire
	Type-Quiz	type de question du test	alphabétique	255	élémentaire
	duration	durée du test	numérique	255	élémentaire
	GroupID	identificateur du groupe	numérique	255	élémentaire
quizzes	quiz-id	identificateur de question	numérique	255	élémentaire
	quiz-number	numéro de question	numérique	255	élémentaire
	description	description de question	alphabétique	255	élémentaire
	quiz-date	date de question	date	255	élémentaire
	quiz-Test	numéro du test de la question	numérique	255	élémentaire
quizscores-apprentissage	quiz-score-id	identificateur de question	numérique	255	élémentaire
	scoreMax	le score maximum	numérique	255	élémentaire

Champ	Nom	Signification	Type	Longueur	Nature
	scoreActif	score de type actif	numérique	255	élémentaire
	ScoreRéflechi	score de type réfléchi	numérique	255	élémentaire
	Score-Sensoriel	score de type sensoriel	numérique	255	élémentaire
	scoreVisuel	score de type visuel	numérique	255	élémentaire
	scoreIntuitif	score de type intuitif	numérique	255	élémentaire
	scoreVerbal	score de type verbal	numérique	255	élémentaire
	scoreSequentiel	score de type sequentiel	numérique	255	élémentaire
	scoreGlobal	score de type global	numérique	255	élémentaire
	Type	type de score dominant du test style d'apprentissage	alphabétique	255	élémentaire
quizze-scorespsy	Score-Extraversion	score du trait extraversion	numérique	255	élémentaire
	Score-Agréabilité	score du trait agréabilité	numérique	255	élémentaire
	Score-Conscience	score du trait conscience	numérique	255	élémentaire
	Score-Ouverture	score du trait ouverture	numérique	255	élémentaire

Champ	Nom	Signification	Type	Longueur	Nature
	Score-Névrosisme	score du trait névrosisme	numérique	255	élémentaire
	Type	type de score dominant du test psychologique	alphabétique	255	élémentaire
	scoreMax	le score maximum	numérique	255	élémentaire
quizzespsy	quiz-id	identificateur de question	numérique	255	élémentaire
	quiz-number	numéro de question	numérique	255	élémentaire
	description	description de la question	alphabétique	255	élémentaire
	quiz-date	date de question	date	255	élémentaire
	type	type de question	alphabétique	255	élémentaire
	score	score de la question	numérique	255	élémentaire
	quiz-Test	test de question	numérique	255	élémentaire
quizzes-apprentissage	type	type de question	alphabétique	255	élémentaire
	score	score de la question	numérique	255	élémentaire

Champ	Nom	Signification	Type	Longueur	Nature
reponse	id-Reponse	identificateur de la réponse à l'exercice d'entraînement	numérique	255	élémentaire
	idQuestion	identificateur de la question	numérique	255	élémentaire
rightchoices	Rightchoice-id	identificateur du choix juste	numérique	255	élémentaire
viewfile	view-file-id	identificateur de la lecture du fichier	numérique	255	élémentaire
	view-date	date de lecture du fichier	date	255	élémentaire

3.5 Diagramme de classe

Nous présentons ci-dessous (figure 3.3) un diagramme de classe correspondant aux acteurs décrits :

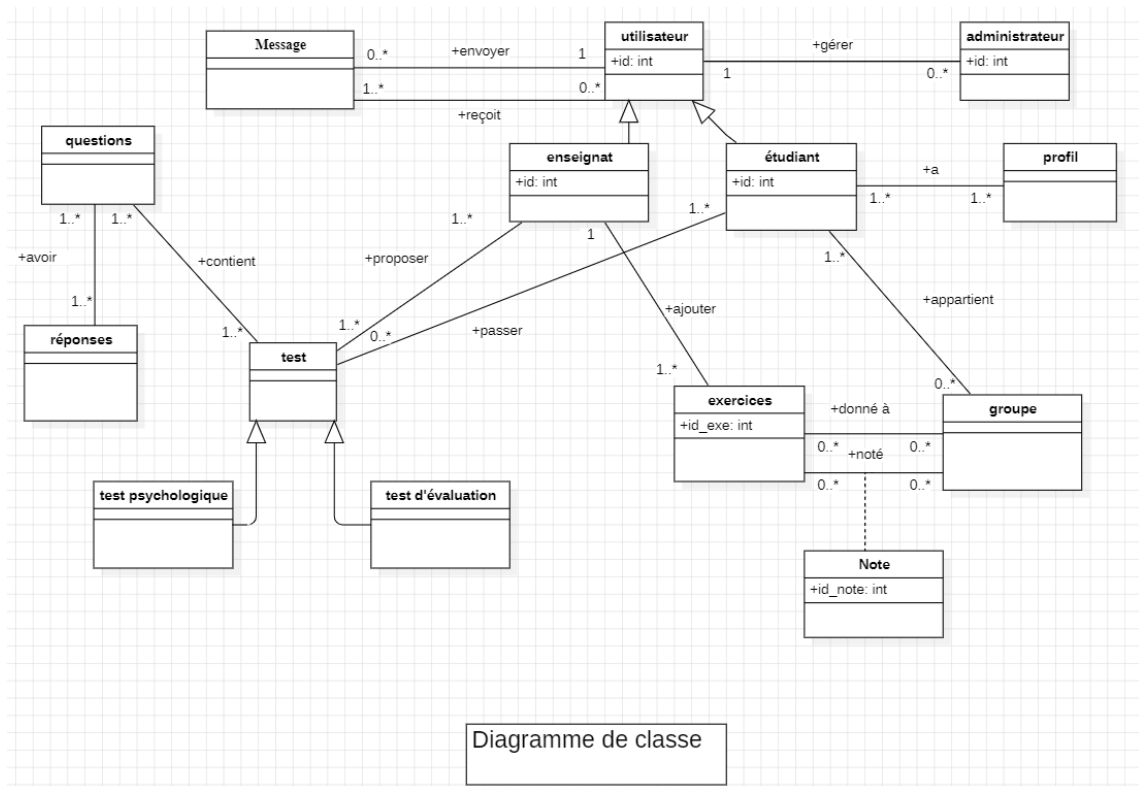


FIGURE 3.3 – Diagramme de classe

3.6 Schéma relationnel

Administrateur(id_admin, pseudo, mot_de_passe)

Utilisateur(id, pseudo, nom, prénom, date_naissance, mail, mot_de_passe, numéro de téléphone, genre, avatar, date d'inscription, id_admin#)

Étudiant(id_etud => Utilisateur.id)

Enseignant(id_ens => Utilisateur.id)

Message(id_message, objet, contenu, date_envoi, expéditeur_id => Utilisateur.id, destinataire_id => Utilisateur.id)

Groupe(id_groupe, nom, date_creation, avatar)

Appartient(id_etud => Étudiant.id_etud, id_groupe => Groupe.id_groupe)

Profil(id_profil, nom_profil, description)

AvoirProfil(id_etud => Étudiant.id_etud, id_profil => Profil.id_profil)

Test(id_test, titre, type ['psychologique' | 'niveau' | 'apprentissage'], id_enseignant => Enseignant.id_ens)

TestPsychologique(id_test => Test.id_test)

```

TestÉvaluation(id_test => Test.id_test)
Questions(id_question, texte, id_test => Test.id_test)
Réponses(id_reponse, texte, id_question => Questions.id_question)
PasseTest(id_etud => Étudiant.id_etud, id_test => Test.id_test)
Exercice(id_exe, contenu, id_enseignant => Enseignant.id_ens)
Note(id_note, valeur, id_exe => Exercice.id_exe, id_groupe => Groupe.id_groupe)
ExerciceGroupe(id_exe => Exercice.id_exe, id_groupe => Groupe.id_groupe)

```

3.7 Méthodologie

3.7.1 Objectif

L'objectif de cette étude est de former des groupes d'étudiants équilibrés afin de favoriser l'apprentissage collaboratif. Pour cela, nous avons adopté une approche basée sur des tests psychométriques et pédagogiques permettant de caractériser les apprenants selon trois dimensions : la personnalité (modèle OCEAN), le style d'apprentissage, et le niveau académique. Ces informations nous ont ensuite permis de constituer des groupes hétérogènes mais complémentaires, optimisant ainsi les interactions et la dynamique de groupe.

3.7.2 Évaluation de la personnalité : le modèle OCEAN

Afin d'évaluer la personnalité des étudiants, nous avons utilisé le modèle OCEAN (également appelé Big Five), un cadre reconnu en psychologie différentielle. Ce modèle repose sur cinq grands traits (*cf.* section 2.6.1) :

- O — Ouverture à l'expérience : créativité, curiosité, ouverture d'esprit,
- C — Conscienciosité : rigueur, organisation, sens des responsabilités,
- E — Extraversion : sociabilité, énergie, enthousiasme,
- A — Agréabilité : altruisme, coopération, empathie,
- N — Névrosisme : tendance à l'anxiété, au stress, à l'instabilité émotionnelle.

Pour mesurer ces traits, nous avons administré le test BFI-44 (Big Five Inventory) [40], composé de 44 affirmations auxquelles les participants doivent répondre selon une échelle de Likert à 5 points :

- 1 : Pas du tout d'accord
- 2 : Pas d'accord
- 3 : Neutre/indécis

- 4 : D'accord
- 5 : Tout à fait d'accord

Certaines questions sont inversées et doivent être corrigées au moment du calcul. Chaque trait de personnalité est associé à un ensemble de questions (positives ou inversées), ce qui permet d'obtenir un score global pour chacun des cinq traits.

À la fin du test, les scores sont normalisés et comparés, permettant d'identifier pour chaque étudiant son trait dominant. Cette information est cruciale pour équilibrer la composition des groupes, en s'assurant qu'un même groupe ne contient pas uniquement, par exemple, des extravertis ou des neurotiques. L'objectif est de créer une dynamique d'équipe riche en diversité psychologique.

3.7.3 Calcul des scores pour chaque trait

Pour obtenir le score final de chaque dimension de la personnalité, la méthode suivante est appliquée :

- Sommer les réponses de l'étudiant pour toutes les questions associées à un même trait.
- Diviser cette somme par le nombre de questions relatives à ce trait afin d'obtenir la moyenne.
- Normaliser la moyenne en la divisant par 5 (le nombre maximal de points possibles sur l'échelle de Likert) afin d'obtenir un score compris entre 0,2 et 1.

La formule générale est la suivante :

$$\text{Score Normalisé} = \left(\frac{\sum \text{Réponses}_{\text{trait}}}{N_{\text{questions}}} \right) \div 5$$

3.7.4 Traitement des questions inversées

Certaines questions du questionnaire OCEAN (BFI-44) sont dites inversées. Cela signifie qu'une réponse élevée (par exemple "5") doit être interprétée comme un score faible pour le trait de personnalité mesuré, et inversement. Pour garantir la cohérence des calculs, il est nécessaire de corriger ces réponses avant d'additionner les scores.

- Une réponse de 1 (pas du tout d'accord) devient 5,
- Une réponse de 2 (pas d'accord) devient 4,
- Une réponse de 3 (neutre/indécis) reste 3,
- Une réponse de 4 (d'accord) devient 2,
- Une réponse de 5 (tout à fait d'accord) devient 1.

Cette transformation permet d'harmoniser toutes les réponses dans le même sens d'interprétation avant le calcul du score final pour chaque trait.

3.8 Identification du style d'apprentissage

Le second test, inspiré des modèles de style cognitif (par exemple, les styles Visuel / Verbal, Actif vs Réfléchi, Sensoriel / Intuitif, Séquentiel / Global), il a été conçu sous forme de questions à choix multiples (type A/B). Chaque étudiant est ainsi catégorisé selon son style dominant d'apprentissage. L'objectif est de diversifier les approches au sein des groupes (par exemple, associer un étudiant à style actif avec un autre à style réfléchi).

3.8.1 Méthode de calcul des styles d'apprentissage

Les réponses au questionnaire sont regroupées selon les quatre dimensions du modèle de Felder-Silverman (*cf. section 2.6.2*). Chaque dimension est évaluée à l'aide de 11 questions spécifiques. Ensuite, pour chaque style d'apprentissage, les étapes suivantes ont été appliquées :

- Sommation : les scores numériques des réponses correspondant à un même style ont été additionnés.
- Moyenne : la somme a été divisée par le nombre de questions relatives à ce style afin d'obtenir une moyenne.

La formule de calcul est la suivante :

$$\text{Score moyen}_{\text{style}} = \frac{\sum \text{Réponses}_{\text{style}}}{N_{\text{questions style}}}$$

Cette méthode permet de déterminer le profil d'apprentissage de chaque étudiant de manière simple et claire, facilitant ainsi la formation de groupes pédagogiques équilibrés.

3.9 Test de Niveau

Afin d'évaluer le niveau technique initial des étudiants, un test de connaissances a été administré avant le lancement des activités pédagogiques. ce test comportait un ensemble de questions à choix multiples.

Pour chaque étudiant, un score a été calculé selon la méthode suivante :

- Chaque réponse correcte rapportait 1 point ;
 - La somme des points obtenus était divisée par le nombre total de questions, afin d'obtenir un score normalisé compris entre 0 et 1 et converti en pourcentage.
- La formule de calcul est la suivante :

$$\text{ScoreTestNiveau} = \frac{\text{NoteTotal}}{\text{NBQuestion}}$$

À partir de ce score, les étudiants ont été classés en trois catégories de niveau :

- Niveau faible : $0 \leq \text{Score} < 0,25$
- Niveau moyen : $0,25 \leq \text{Score} < 0,75$
- Bon niveau : $0,75 \leq \text{Score} \leq 1$

Cette classification a ensuite été utilisée pour former des groupes d'apprentissage équilibrés, en combinant les niveaux techniques avec les traits dominants identifiés à l'aide des tests psychométriques (OCEAN ou styles d'apprentissage).

3.10 Conclusion

Ce chapitre de conception a permis de modéliser efficacement notre système à l'aide de diagrammes structurants et d'une approche orientée objet. Les méthodes utilisées ont facilité la formalisation des besoins et la structuration du projet. La méthode de formation des groupes, basée sur la répartition équilibrée des profils et des niveaux des étudiants, assure la constitution de groupes diversifiés et complémentaires.

Dans le chapitre suivant, nous passerons à la phase d'implémentation, où cette conception sera concrètement traduite en code. Nous présenterons également l'expérimentation menée avec les étudiants, les résultats obtenus et leur analyse, afin d'évaluer l'efficacité de notre approche.

Chapitre 4

Implémentation

4.1 Introduction

L'implémentation est la phase où le système imaginé est effectivement créé et installé. C'est à ce moment que les concepts et les plans se transforment en code, que les outils sont configurés, et que tout est préparé pour que le système puisse fonctionner correctement.

Ce chapitre présente la phase d'implémentation du système. Il détaille l'environnement matériel, les environnements logiciels et les langages de programmation utilisés pour le développement. Ensuite, il décrit l'intégration du système en ligne et la manière dont les résultats des étudiants ont été expérimentés et analysés. Une discussion des résultats obtenus à partir de cette intégration est également proposée afin d'évaluer l'efficacité du système.

4.2 Environnement de développement

4.2.1 Environnement matériel

La machine sur laquelle a été développé notre système a la configuration suivante :

Matériel	Caractéristiques
PC	Processeur : Intel(R) Core(TM) i5-6300M CPU @ 2.40GHz. Mémoire Vive (Ram) : 8.00 Go. Disque Dur : 256 Go. Système d'exploitation : Windows 10 Professionnel.

TABLE 4.1 – Caractéristique du matériel

4.2.2 Environnement logiciel

Lors de la conception et du développement de l'application web, des outils essentiels ont été utilisés pour travailler en local avant le déploiement en ligne.

4.2.3 XAMPP

XAMPP est une solution logicielle gratuite permettant de créer un serveur local sur un ordinateur personnel. Elle regroupe plusieurs composants indispensables à l'exécution d'une application web dans un environnement de test :

- **Apache** : utilisé pour faire fonctionner un serveur web localement ;
- **MySQL** : système de gestion de bases de données relationnelles ;
- **PHP** : langage de programmation côté serveur ;
- **phpMyAdmin** : interface graphique pour la gestion des bases de données.



FIGURE 4.1 – XAMPP

Ce logiciel nous a permis d'effectuer toutes les phases de développement et de test sans nécessiter une connexion à un serveur distant.

4.2.4 Visual Studio Code (VS Code)

Visual Studio Code est un éditeur de code source puissant et extensible, adapté au développement multi-plateforme. Il offre de nombreuses fonctionnalités qui facilitent le travail du développeur :

- Mise en forme automatique du code (coloration syntaxique, indentation) ;
- Suggestions intelligentes lors de la saisie ;

- Terminal intégré pour exécuter des commandes en ligne ;
- Large choix d'extensions pour divers langages web (PHP, HTML, CSS, JavaScript, etc.).



FIGURE 4.2 – Visual Studio Code (VS Code)

VS Code a été utilisé tout au long du projet pour rédiger, organiser et corriger le code source de l'application, contribuant ainsi à un développement plus fluide et structuré.

4.2.5 RStudio

RStudio est un environnement complet dédié au langage R, qui propose une interface intuitive combinant un éditeur de script, une console interactive, ainsi que des fonctionnalités pour visualiser et gérer les données. Cet outil facilite la programmation, l'analyse statistique et la production de graphiques, ce qui le rend particulièrement utile pour les professionnels travaillant en statistique, data science ou recherche scientifique.

4.3 Langages utilisés

Pour le développement de l'application web, plusieurs langages de programmation ont été utilisés pour structurer le contenu, contrôler la présentation, ajouter de l'interactivité, et gérer la logique côté serveur. Ces langages sont essentiels pour assurer le bon fonctionnement et l'adaptabilité de l'application aux différents types d'écrans et environnements. Les principaux langages utilisés sont les suivants :

- **HTML (HyperText Markup Language)** : HTML est un langage standard qui permet de structurer les pages web. Il sert à organiser les différents éléments de la page tels que les titres, les textes, les images et les formulaires, et à déterminer la hiérarchie du contenu. HTML constitue la base de toute page web et sert de fondation à l'ensemble de l'application.

- **CSS (Cascading Style Sheets)** : CSS est un langage de feuille de style utilisé pour définir l'apparence visuelle des pages web. Il permet de contrôler des aspects comme la mise en page, les couleurs, les typographies et la disposition des éléments. CSS joue également un rôle crucial dans le design adaptatif des sites, permettant aux pages de s'ajuster automatiquement en fonction des appareils (responsive design).

- **Bootstrap** : Bootstrap est un framework CSS développé par Twitter. Il comprend une série de modèles de mise en page et de composants préconçus qui facilitent la création de sites web modernes, interactifs et adaptés à différents appareils. Grâce à Bootstrap, il est possible de gagner du temps et d'assurer une cohérence visuelle sur l'ensemble de l'application.

- **JavaScript** : JavaScript est un langage de programmation utilisé principalement pour ajouter des fonctionnalités dynamiques sur les pages web. Il permet de manipuler le contenu HTML en temps réel, d'ajouter des animations, de valider des formulaires, et de rendre les interactions avec les utilisateurs plus fluides. Il est exécuté directement dans le navigateur, ce qui permet une réactivité accrue des interfaces.

- **PHP (Hypertext Preprocessor)** : PHP est un langage de programmation côté serveur qui permet de créer des pages web dynamiques. Il est utilisé pour gérer la logique de l'application, interagir avec les bases de données, et générer du contenu HTML de manière dynamique en fonction des requêtes des utilisateurs. PHP est essentiel pour les applications web qui nécessitent des interactions avec des bases de données ou des traitements côté serveur.

4.4 Déploiement de l'application en ligne

Pour pouvoir tester l'application dans un environnement d'utilisation réel, elle a été déployée en ligne et proposée à un ensemble d'étudiants pour être utilisée.

4.4.1 Objectif

Une fois l'application développée et testée localement, elle a été déployée en ligne afin de permettre aux étudiants d'accéder à une plateforme interactive et collaborative, accessible à distance, leur offrant un ensemble de fonctionnalités pédagogiques essentielles. Cette plateforme permet notamment la consultation de fichiers et de ressources pédagogiques, la résolution d'exercices, la passation d'un examen final, ainsi que la participation à des discussions entre membres d'un même groupe.

Au-delà de ces fonctionnalités éducatives, le déploiement a également pour finalité de mener une expérimentation. Cette dernière repose sur l'analyse comparative de deux approches de formation de groupes : l'une basée sur le modèle de personnalité OCEAN (Big Five), et l'autre sur les styles d'apprentissage des étudiants.

4.4.2 Étapes du déploiement

Le déploiement de l'application en ligne s'est effectué en suivant les étapes suivantes :

1. Préparation des fichiers :

Tous les fichiers nécessaires au bon fonctionnement de l'application (HTML, CSS, JavaScript, PHP, et autres fichiers associés) ont été rassemblés dans un dossier local. Ce dossier contient également les bases de données et les fichiers de configuration pour que l'application fonctionne correctement en ligne.

2. Connexion à cPanel :

L'hébergeur propose un accès à l'espace d'hébergement à travers la plateforme de gestion de site web *cPanel*.

L'accès à cPanel a été réalisé via le navigateur web, en utilisant les identifiants fournis par l'hébergeur. Une fois connecté à l'interface de cPanel, plusieurs outils et options sont disponibles pour la gestion des sites web.

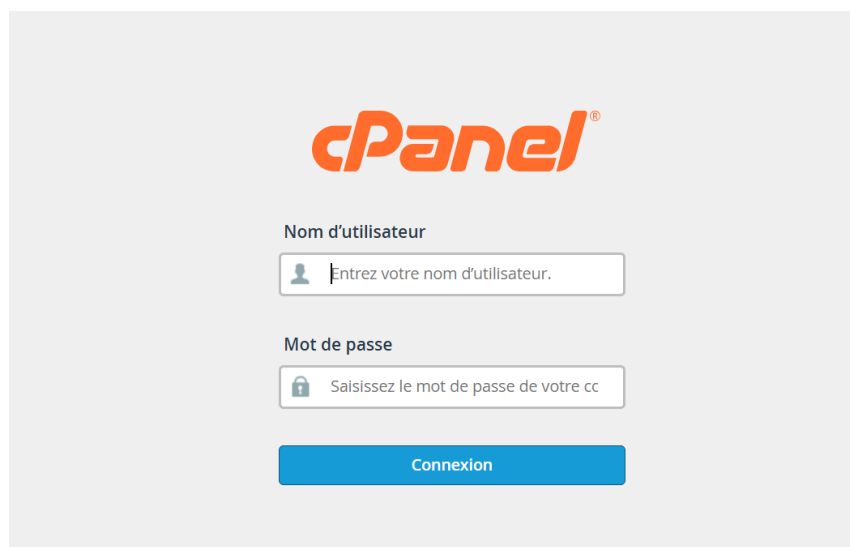


FIGURE 4.3 – Connexion à cPanel

3. Création d'un sous-domaine ou domaine :

Dans cPanel, un domaine ou un sous-domaine a été créé pour l'application. Cela permet de définir l'URL sous laquelle l'application sera accessible en ligne.

4. Téléversement des fichiers :

Les fichiers locaux de l'application ont été transférés sur le serveur web en utilisant l'outil "Gestionnaire de fichiers" de cPanel. Ce processus consiste à télécharger les fichiers dans le répertoire public_html (ou dans le répertoire approprié pour le sous-domaine). Une fois les fichiers transférés, le site est disponible à l'adresse spécifiée.

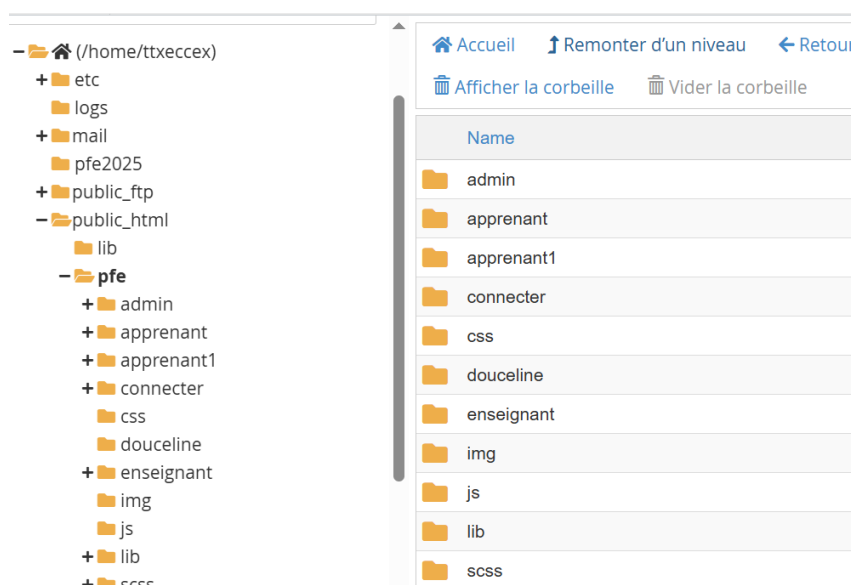


FIGURE 4.4 – téléversement des fichiers

5. Configuration de la base de données :

La base de données utilisée par l'application a été configurée à l'aide de phpMyAdmin, un outil de gestion de bases de données intégré à cPanel. Les tables et les données ont été importées depuis le fichier de sauvegarde de la base de données localement, ce qui permet à l'application de fonctionner correctement en ligne.

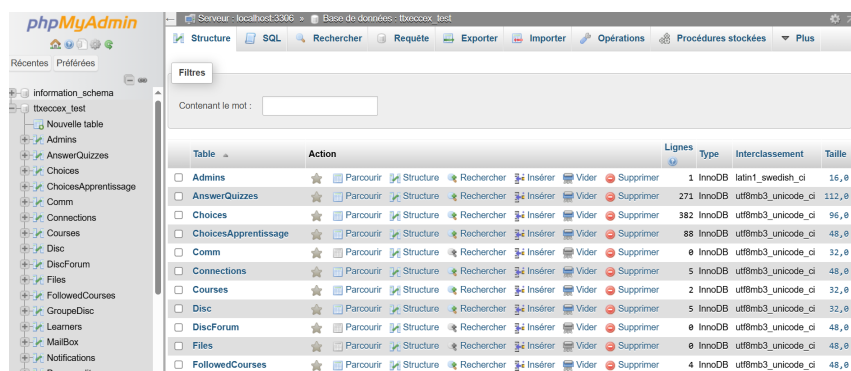


FIGURE 4.5 – Configuration de la base de données

6. Test de l'application :

Une fois les fichiers téléchargés et la base de données configurée, l'application a été testée en ligne pour vérifier son bon fonctionnement. Cela a permis de s'assurer que toutes les pages étaient accessibles, que les formulaires fonctionnaient correctement, et que l'application interagissait correctement avec la base de données.

4.4.3 Vérifications finales

Avant de rendre l'application accessible au public, plusieurs vérifications ont été effectuées :

- **Vérification des permissions :**

Les permissions des fichiers et dossiers ont été vérifiées pour s'assurer que les utilisateurs autorisés pouvaient accéder aux fichiers nécessaires, tout en empêchant les accès non autorisés.

- **Configuration des paramètres PHP :**

Les paramètres PHP, tels que la version de PHP et les extensions nécessaires, ont été vérifiés et configurés pour garantir la compatibilité avec l'application. cPanel offre une option pour modifier la version de PHP et activer les extensions nécessaires pour l'application.

- **Sécurisation de l'application :**

La sécurité du site a été renforcée, notamment en activant le protocole HTTPS pour sécuriser les échanges entre les utilisateurs et le serveur. Un certificat SSL a été installé et configuré via cPanel pour assurer la confidentialité des données échangées.

4.5 Présentation du système

Dans cette section, nous allons décrire les pages principales de l'application web : la page d'accueil, la page de connexion, et la page d'inscription. Chaque page a une fonction spécifique et joue un rôle crucial dans le bon déroulement de l'utilisation du système. Des captures d'écran seront ajoutées pour illustrer chacune de ces pages.

4.5.1 Page d'accueil

La page d'accueil est le premier point d'entrée pour l'utilisateur lorsqu'il accède à l'application. Cette page présente des informations introductives sur le site et contient des liens permettant d'accéder aux autres sections, comme la connexion ou l'inscription. Son objectif principal est de diriger l'utilisateur vers l'action qu'il souhaite accomplir.



FIGURE 4.6 – Page d'accueil de l'application

4.5.2 Page d'inscription

La page d'inscription permet aux nouveaux utilisateurs de créer un compte. Elle contient un formulaire où les utilisateurs renseignent des informations telles que leur nom, leur adresse e-mail et leur mot de passe. Une fois le formulaire validé, un compte est créé et l'utilisateur peut ensuite se connecter à l'application. Cette page est essentielle pour l'ajout de nouveaux utilisateurs au système.

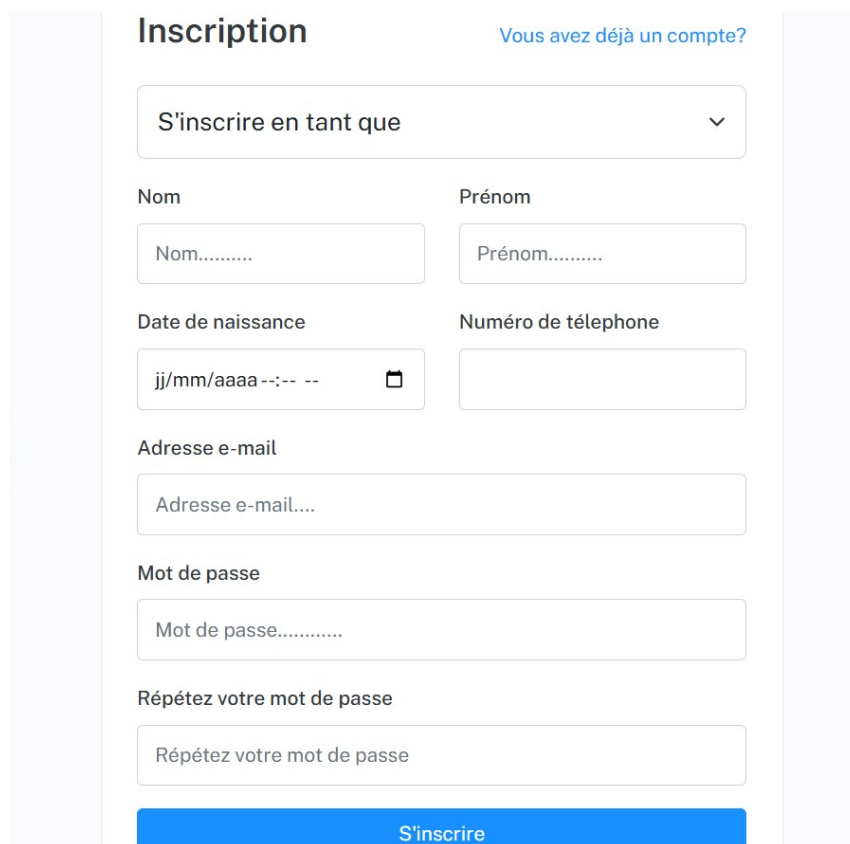
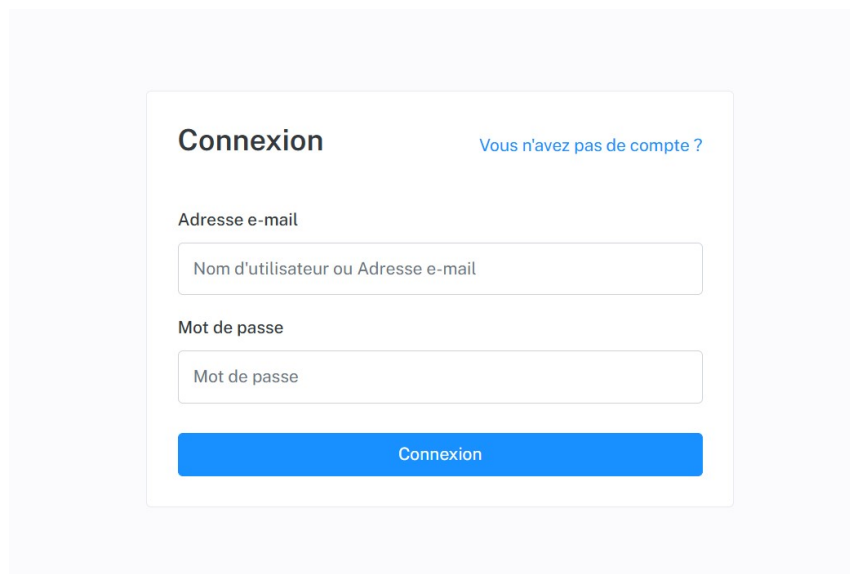


FIGURE 4.7 – Page d’inscription de l’application

4.5.3 Page de connexion

La page de connexion est dédiée aux utilisateurs qui souhaitent accéder à leur compte. Elle comprend un formulaire dans lequel l'utilisateur doit entrer son nom d'utilisateur et son mot de passe. Cette étape permet d'assurer que seules les personnes autorisées puissent se connecter à l'application.



Connexion [Vous n'avez pas de compte ?](#)

Adresse e-mail

Nom d'utilisateur ou Adresse e-mail

Mot de passe

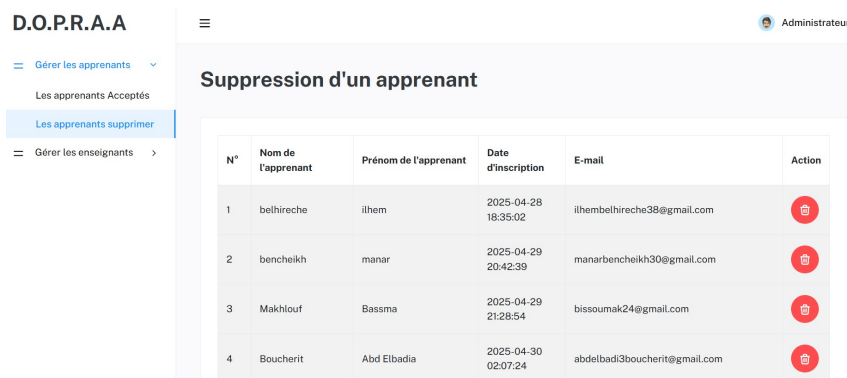
Mot de passe

Connexion

FIGURE 4.8 – Page de connexion de l'application

4.6 Espace de l'Administration

La page d'administration constitue une interface clé de l'application, permettant de gérer la suppression et l'acceptation des apprenants et les enseignants.



D.O.P.R.A.A

Administrateur

Suppression d'un apprenant

N°	Nom de l'apprenant	Prénom de l'apprenant	Date d'inscription	E-mail	Action
1	belhireche	ilhem	2025-04-28 18:35:02	ilhembelhireche39@gmail.com	
2	bencheikh	manar	2025-04-29 20:42:39	manarbencheikh30@gmail.com	
3	Makhlouf	Bassma	2025-04-29 21:28:54	bissoumak24@gmail.com	
4	Boucherit	Abd Elbadia	2025-04-30 02:07:24	abdelbadi3boucherit@gmail.com	

FIGURE 4.9 – Page de l'administrateur

4.7 Espace Apprenant

4.7.1 Page de profil de l'apprenant

Cette page permet à l'apprenant de consulter et de modifier ses informations personnelles.

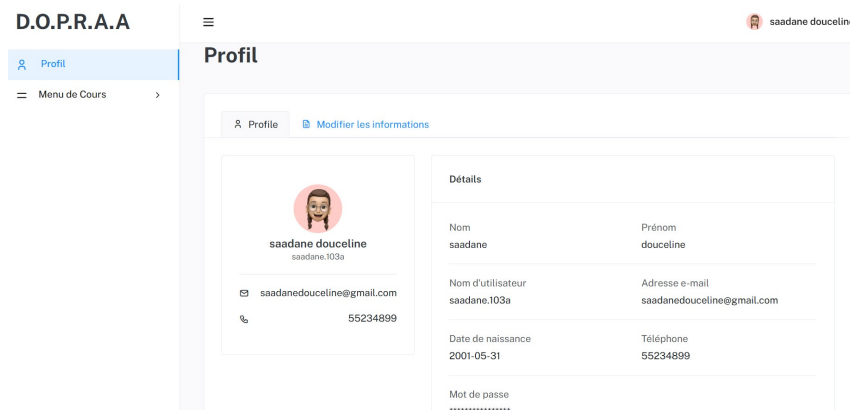


FIGURE 4.10 – Page de profil de l'utilisateur

4.7.2 Page des cours

Cette page présente à l'apprenant les différents cours disponibles, chacun accompagné d'un accès aux deux types de tests proposés dans la plateforme : le test de personnalité OCEAN (Big Five), le test de style d'apprentissage et le test de niveau (évaluation).



FIGURE 4.11 – Page des cours

4.7.3 Page du Test OCEAN

Cette page permet aux apprenant de répondre à un ensemble de questions permettant de mesurer ces traits de personnalité selon une échelle de Likert.

D.O.P.R.A.A.

Fichier publiés
Boîte-emails
Questionnaires
Tableau de bord

Test Psychologique (OCEAN)

Je me perçois comme quelqu'un qui :

Question N 1: Est volubile (aime parler)

- ☒ Pas du tout d'accord
- ☒ Pas d'accord
- ☒ Neutre/indécis
- ☒ D'accord
- ☒ Tout a fait d'accord

FIGURE 4.12 – Page du test OCEAN

4.7.4 Page du test style d'apprentissage

Cette page permet aux apprenants de répondre à un ensemble de questions permettant de mesurer leurs styles d'apprentissage.

D.O.P.R.A.A.

Fichier publiés
Boîte-emails
Questionnaires
Tableau de bord

Test du style d'apprentissage

Veuillez répondre à ce questionnaire :

Question N 1: Je comprends mieux quelque chose après avoir essayé.

- ☒ Pas du tout d'accord
- ☒ Pas d'accord
- ☒ Neutre/indécis
- ☒ D'accord
- ☒ Tout a fait d'accord

Question N 2: Je préfère être considéré(e) comme...

- ☒ Passifiste.
- ☒ Innovateur (-trice).
- ☒ Dynamique.
- ☒ Sérieux.
- ☒ Autre.

FIGURE 4.13 – Page du test de style d'apprentissage

4.7.5 Page du test de niveau

L'apprenant remplit un questionnaire pour évaluer leurs niveaux de compétence sur le module DSS (données semi-structurées) de la 3ème année de licence en informatique.



FIGURE 4.14 – Page du test de niveau

4.7.6 Page des scores OCEAN

Cette page affiche les résultats détaillés des scores OCEAN (Ouverture, Conscience, Extraversion, Agréabilité, Névrosisme) et score de niveau pour chaque apprenant.

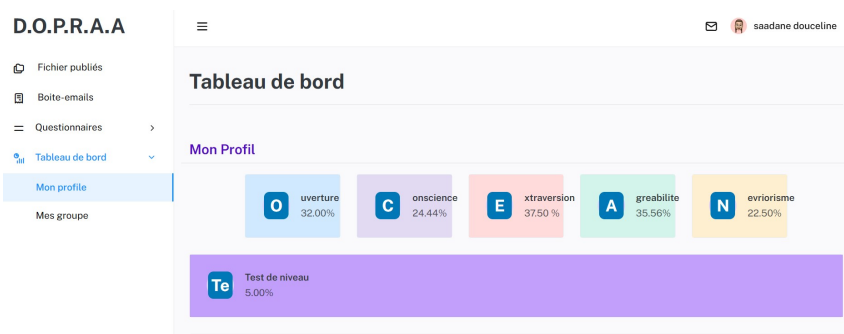


FIGURE 4.15 – Page des scores OCEAN

4.7.7 Page des scores de style d'apprentissage

Cette page affiche les résultats détaillés des scores style d'apprentissage (Actif, Réfléchi, sensorielle, visuel, séquentiel, intuitif, verbal, global) et score de niveau pour chaque apprenant.



FIGURE 4.16 – Page des scores de style d'apprentissage

4.7.8 Page des informations des membres du groupe

Cette page montre les résultats des membres du groupe de chaque étudiant, incluant leurs scores aux examens, aux exercices, ainsi que leur engagement au sein du groupe.

Nom et prénom	Nombre de fichiers consultés	Nombre de vidéos consultés	Nombre d'emails envoyés	Nombre de messages de la discussion	Nombre d'exercices d'entraînement résolus	Scores des exercices notés %	Scores de l'examen final %
chehida yehya	5	0	0	0	0	5.00	25.00
yahmdli amira	1	0	0	0	0	5.00	20.00
maghmoul amani	73	0	0	0	0	0.00	25.00

FIGURE 4.17 – Page des informations des membres du groupe

4.7.9 Page des fichiers publiés

Cette page permet aux apprenants d'accéder facilement aux documents pédagogiques, une section dédiée aux fichiers publiés a été mise en place sur la plateforme.

Nom du fichier	Date de publication	Afficher
DSSI (pdf 1)	2025-05-06 16:14:12	
DSSI (pdf 2)	2025-05-06 16:13:56	
DSSI (pdf 3)	2025-05-06 16:13:41	

FIGURE 4.18 – Page des fichiers publiés

4.7.10 Page de la messagerie de l'apprenant

Cette page montre tous les messages envoyés aux apprenants (comme les rappels ou confirmations) ainsi que ceux reçus en retour.

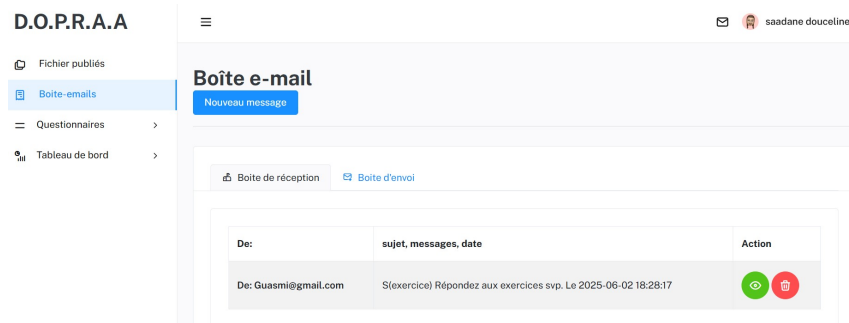


FIGURE 4.19 – Page de la boîte-émail de l'apprenant

4.7.11 Page des exercices d'entraînement

Cette page présente des exercices d'entraînement qui ont été proposés aux apprenants afin de les préparer aux tests et de renforcer leurs connaissances.

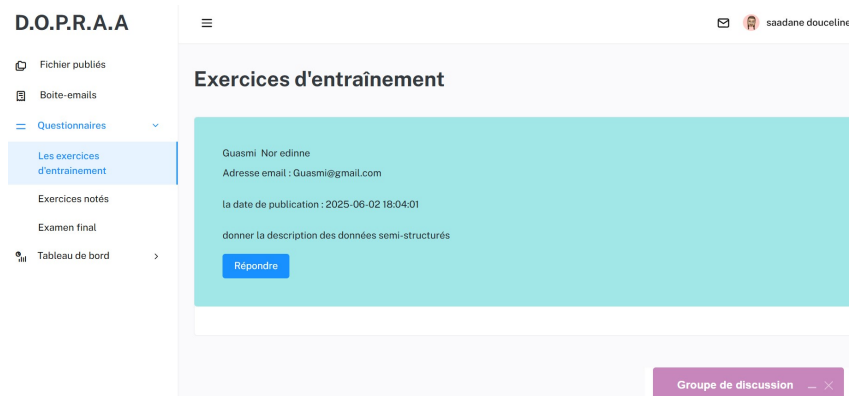


FIGURE 4.20 – Page des exercices d'entraînement

4.7.12 Page des exercices notés

Cette page aide à suivre la progression des apprenants tout au long de la formation.



FIGURE 4.21 – Page d'un exercices noté

4.7.13 Page de l'examen final

Cette page présente l'examen final proposé aux apprenants. Il permet d'évaluer les connaissances acquises à la fin du parcours. La capture ci-dessous montre comment l'examen est affiché sur la plateforme.



FIGURE 4.22 – Page de l'examen final

4.7.14 Page du corrigé de l'examen final

Cette page sert de corrigé individuel automatisé du QCM de l'examen final.

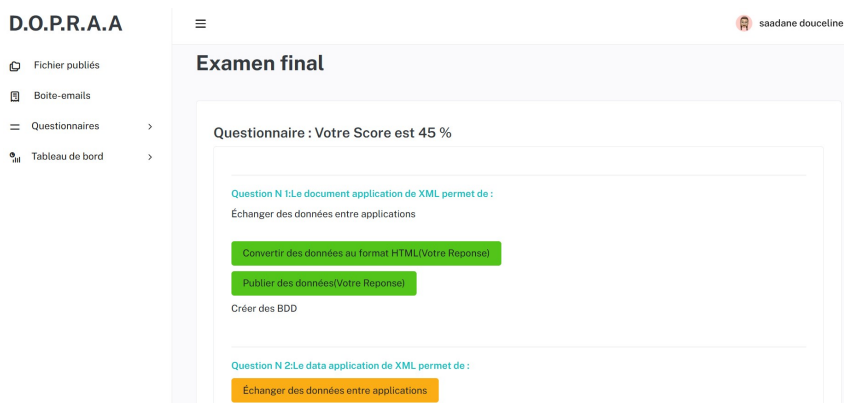


FIGURE 4.23 – Page de corrigé de l'examen final

4.8 Espace enseignant

4.8.1 Page de profil de l'enseignant

Cette page permet à l'enseignant de consulter et de modifier ses informations personnelles.

The screenshot shows the 'Profil' page of the D.O.P.R.A.A. system. The left sidebar contains the logo 'D.O.P.R.A.A.', a 'Profil' link with a user icon, a 'Menu de Cours' link, and a 'Les cours' link. The main content area is titled 'Profil' and includes a 'Modifier les informations' link. It features a profile card for 'Guasmi Nor edinne' with a red circular profile picture, email 'Guasmi@gmail.com', and phone number '988738987'. To the right, a 'Détails' section displays personal information in a table-like format.

Détails	
Nom	Guasmi
Prénom	Nor edinne
Nom d'utilisateur	Guasmi.1e
Adresse e-mail	Guasmi@gmail.com
Date de naissance	1974-06-02
téléphone	988738987
Mot de passe	*****

FIGURE 4.24 – Page de profil de l’enseignant

4.8.2 Page d’ajout des cours

Cette page permet à l’enseignant de publier un nouveau cours sur la plateforme en précisant un titre et un type de test à réaliser (test OCEAN ou test de style d’apprentissage). Ces informations permettent de guider les étudiants dans leur apprentissage.

The screenshot shows the 'Ajouter des cours' page. The left sidebar is identical to the previous page, with 'Ajouter des cours' highlighted. The main content area has a title 'Ajouter des cours' and contains two input fields: 'Nom du cours' with a placeholder 'Entrez le nom du cours' and 'Type de test' with a dropdown menu. A blue 'Ajouter' button is at the bottom.

FIGURE 4.25 – Page pour ajouter des cours

4.8.3 Page d’ajout de fichiers ou vidéos

Cette page permet à l’enseignant de déposer des contenus pédagogiques à destination des apprenants. Elle offre la possibilité d’ajouter différents types de fichiers, notamment des documents (PDF, Word, etc.) et des vidéos au format MP4.

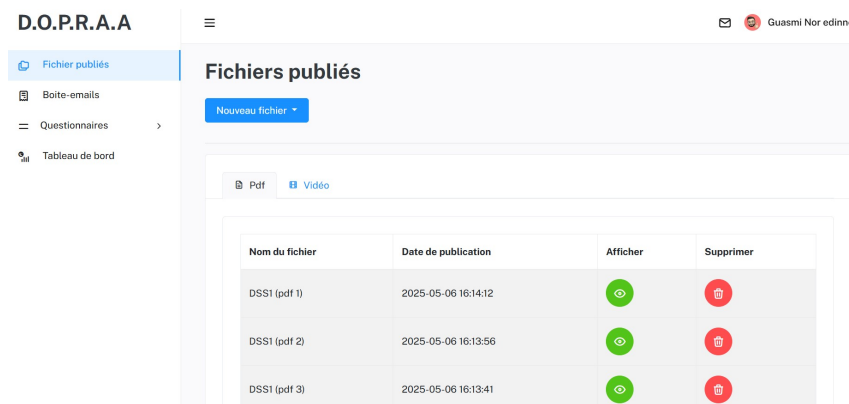


FIGURE 4.26 – Page d'ajout de fichiers ou vidéos

4.8.4 Page de la messagerie de l'enseignant

Cette page permet à l'enseignant de gérer facilement la réception, l'envoi et la consultation des messages électroniques liés à son activité pédagogique.

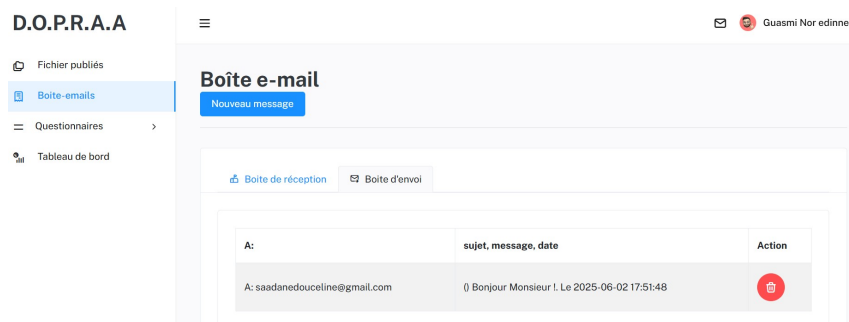


FIGURE 4.27 – Page de la messagerie de l'enseignant

4.8.5 Page d'ajout des exercices d'entraînement

Cette page permet à l'enseignant d'ajouter des exercices d'entraînement pour aider les étudiants à se préparer avant les évaluations.

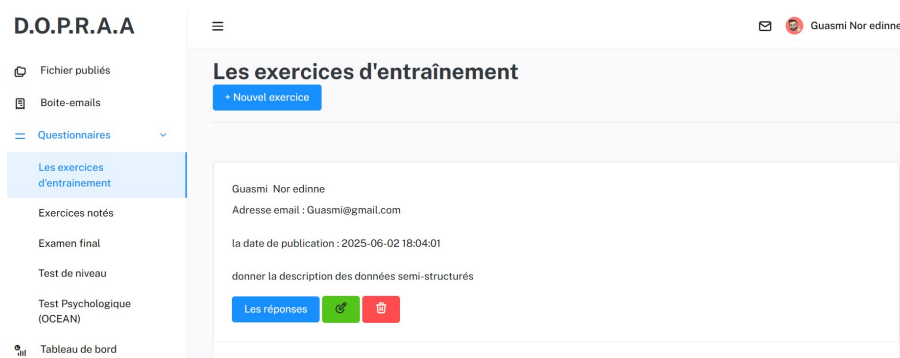


FIGURE 4.28 – Page d'ajout des exercices d'entraînement

4.8.6 Page des réponses sur les exercices d'entraînement

Cette page permet à l'enseignant de consulter les réponses données lors des activités pédagogiques. Elle est conçue pour assurer un suivi simple et structuré des résultats des apprenants après avoir complété leurs exercices.



FIGURE 4.29 – Page des réponses sur les exercices d'entraînement

4.8.7 Page des réponses sur les exercices notés

Cette page affiche les réponses des apprenants aux exercices notés donnés par l'enseignant (en groupes). Elle permet un suivi pédagogique individualisé et sert à évaluer le niveau de compréhension avant un examen final.



FIGURE 4.30 – Page des réponses sur les exercices notés

4.8.8 Page d'ajout des exercices notés

L'enseignant peut aussi créer des exercices notés, qui seront pris en compte dans l'évaluation des étudiants. La capture montre le formulaire utilisé pour créer ces exercices.

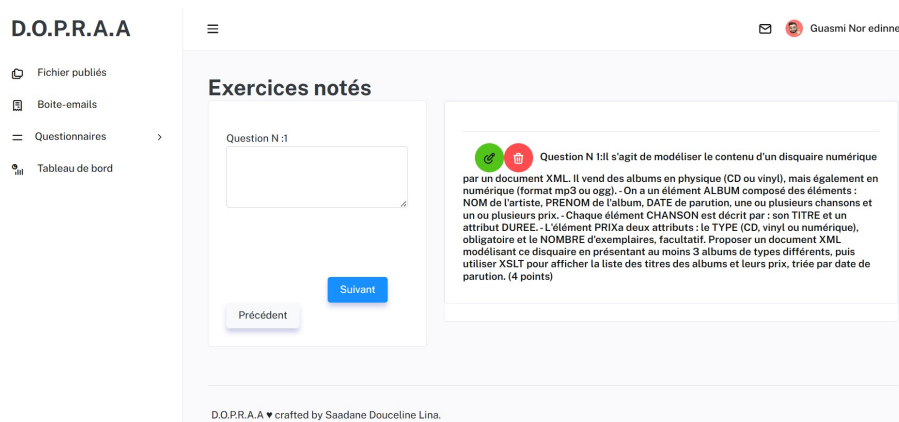


FIGURE 4.31 – Page pour d’aout des exercices notés

4.8.9 Page d’ajout de l’examen final

Cette section permet à l’enseignant de créer un examen final pour évaluer les connaissances des étudiants en fin de parcours. La capture suivante montre le formulaire utilisé pour publier l’examen.

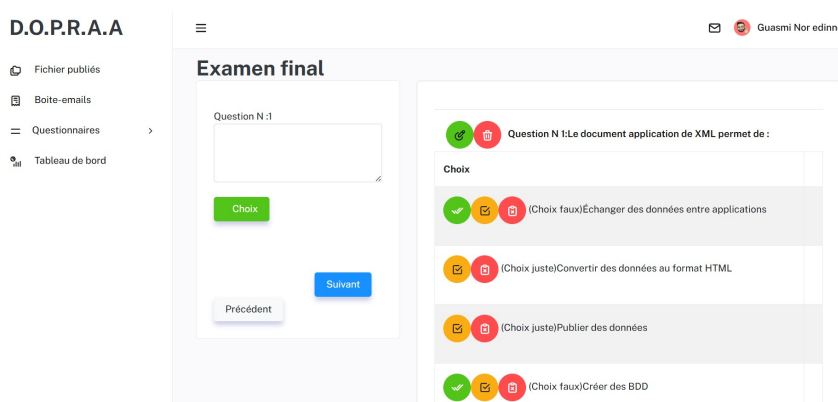


FIGURE 4.32 – Page pour ajouter un examen final

4.9 Expérimentation

Après le dépôt en ligne de l’application, une expérimentation a été menée afin de comparer les résultats des étudiants. L’objectif principal de cette expérimentation est d’examiner la distribution des données obtenues auprès des étudiants et de s’assurer qu’elles respectent les conditions nécessaires à l’utilisation de tests statistiques paramétriques.

Pour mieux analyser les données mixtes (quantitatives et qualitatives), nous avons appliqué la méthode AFDM (Analyse Factorielle des Données Mixtes). L’étude vise à comparer les performances académiques des étudiants à travers deux types de résultats : le test de niveau (au début) et l’examen final (à la fin), en fonction de deux méthodes de classification : leurs profils de personnalité (modèle OCEAN) et leurs styles d’apprentissage. L’objectif final est de déterminer si ces profils influencent

de manière significative les résultats scolaires, en utilisant des tests statistiques appropriés après avoir appliqué des méthodes de transformation pour normaliser les données.

Afin de comparer les moyennes des résultats entre les différents groupes d'étudiants, nous avons utilisé le test t de Student pour échantillons indépendants. Ce test permet d'évaluer si la différence observée entre deux moyennes est statistiquement significative. Toutefois, son utilisation repose sur deux conditions essentielles :

- **La normalité des données** : cette condition suppose que la distribution des scores dans chaque groupe suit une loi normale. Elle a été vérifiée à l'aide du *test de Shapiro-Wilk*. Si la p-valeur est supérieure à 0,05, la normalité est supposée.
- **L'homogénéité des variances** : elle implique que la dispersion des données est similaire entre les groupes comparés. Elle a été testée à l'aide du *test de Levene*. Une p-valeur supérieure à 0,05 confirme l'égalité des variances.

4.9.1 Test de normalité de Shapiro-Wilk

Ce test permet d'évaluer si les données suivent une distribution normale. La normalité est une condition clé pour appliquer certains tests statistiques comme le test t de Student. Le test de Shapiro-Wilk est particulièrement recommandé pour les petits échantillons. Si la valeur p est supérieure à 0,05, cela signifie que la normalité n'est pas rejetée, et que les données peuvent être considérées comme normalement distribuées.

Avant l'application du test Shapiro-Wilk, les données ont été préalablement transformées afin de mieux satisfaire les conditions d'application des tests paramétriques, notamment la normalité des distributions.

Pour le test de niveau, aucune transformation des données n'a été effectuée, car les scores suivaient déjà une distribution normale. En revanche, pour les résultats de l'examen final, des transformations ont été appliquées afin d'améliorer la qualité des données :

- Pour les résultats liés au profil OCEAN, les valeurs ont été converties en rangs, ce qui permet de réduire l'impact des valeurs extrêmes et de mieux respecter la normalité.
- Pour les résultats liés aux styles d'apprentissage, une transformation par élévation au carré a été réalisée afin d'ajuster la distribution et de répondre aux conditions nécessaires pour les tests statistiques paramétriques.

Résultat du test de niveau selon le regroupement OCEAN

Le test de Shapiro-Wilk a été réalisé sur les résultats du test de niveau des groupes formés selon le modèle OCEAN afin de vérifier la normalité de la distribution des données. La statistique W obtenue est de 0,9322, ce qui indique que la distribution des scores est globalement proche d'une distribution normale, puisque cette valeur

est suffisamment proche de 1, seuil représentant une normalité parfaite. La p-valeur associée est de 0,5988, largement supérieure au seuil de signification de 0,05.

En conséquence, nous ne rejetons pas l'hypothèse nulle (H_0) selon laquelle les données suivent une loi normale. Cela signifie que l'écart observé entre les données échantillonnées et la distribution normale n'est pas statistiquement significatif. Ces résultats justifient donc l'emploi de méthodes statistiques paramétriques, telles que le test t de Student, pour les analyses comparatives ultérieures.

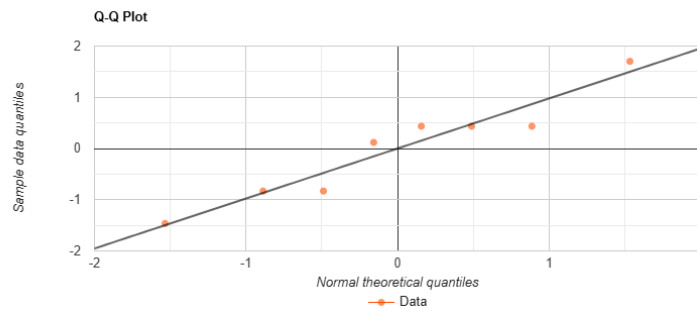


FIGURE 4.33 – QQ-plot du score de niveau selon le profil OCEAN

Comme le montre la figure 4.33, les points suivent globalement la ligne droite de référence, ce qui suggère une distribution proche de la normale. Cela confirme le résultat du test de Shapiro-Wilk ($p = 0.5988$), indiquant que la distribution est normale.

Résultat du test de niveau selon le regroupement par style d'apprentissage

Le test de Shapiro-Wilk a été effectué aussi sur les résultats du test de niveau pour les groupes constitués selon le style d'apprentissage afin de vérifier la normalité de la distribution des données. La statistique W obtenue est de 0.9474, ce qui se situe dans la région d'acceptation à 95 % [0.8158; 1], indiquant que la distribution des données est globalement proche d'une distribution normale. La p-valeur associée est de 0.768, largement supérieure au seuil de 0,05. Par conséquent, nous ne rejetons pas l'hypothèse nulle (H_0) selon laquelle les données suivent une loi normale. Ce résultat signifie que l'écart observé entre les données et la distribution normale n'est pas statistiquement significatif. Bien qu'il ne confirme pas une normalité absolue, il autorise l'utilisation de tests statistiques paramétriques pour les analyses ultérieures.

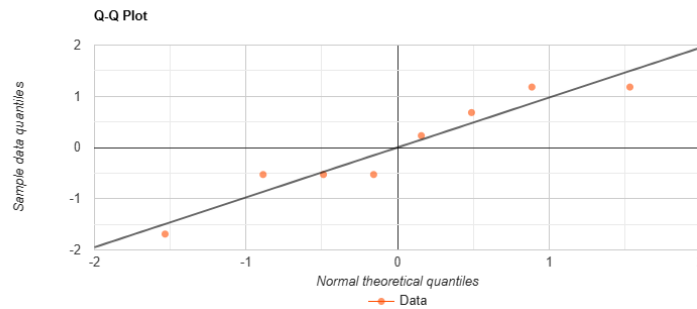


FIGURE 4.34 – Q-Q-plot du score de niveau selon le style d'apprentissage

Sur la figure 4.34, la distribution des points reste proche de la diagonale. Cela valide la normalité des données ($p = 0.768$) et confirme la possibilité d'utiliser des tests paramétriques.

Résultat de l'examen final selon le regroupement OCEAN

Afin d'examiner la normalité de la distribution des scores à l'examen final dans le cadre du regroupement selon le modèle OCEAN, un test de Shapiro-Wilk a été réalisé. La statistique W obtenue est de 0.8844, ce qui indique une distribution des données relativement proche de la normale. Cette valeur se situe dans l'intervalle d'acceptation à 95 % $[0.8158; 1]$, ce qui confirme l'absence d'écart significatif par rapport à la distribution normale. La p-valeur associée est de 0.223, supérieure au seuil de 0,05, ce qui implique que l'hypothèse nulle de normalité ne peut être rejetée. En d'autres termes, les résultats ne montrent aucune preuve statistiquement significative d'une déviation par rapport à la loi normale. Cette conformité permet d'envisager l'utilisation de tests paramétriques comme le test t de Student dans le cadre d'analyses comparatives entre groupes.

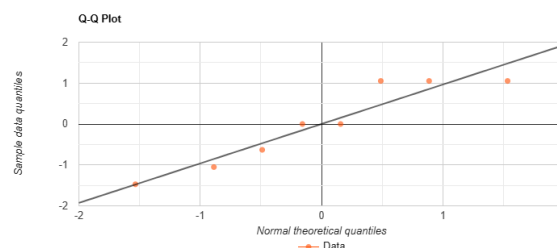


FIGURE 4.35 – Q-Q-plot de l'examen final transformé (rangs) selon OCEAN

La figure 4.35 illustre la distribution des rangs obtenus à l'examen final selon les groupes OCEAN. Les points s'alignent bien sur la droite, ce qui reflète une distribution normale ($p = 0.223$).

Résultat de l'examen final selon le regroupement par style d'apprentissage

Le test de Shapiro-Wilk a été appliqué également aux résultats de l'examen final pour les groupes constitués selon le style d'apprentissage, afin d'évaluer la normalité

de la distribution des scores. La statistique W obtenue est de 0.9156, ce qui indique une distribution relativement proche de la loi normale. Cette valeur appartient à l'intervalle d'acceptation à 95 %, soit $[0.8158; 1]$, ce qui signifie que les données ne s'écartent pas significativement d'une distribution normale. La p-valeur associée est de 0.434, bien supérieure au seuil de signification de 0,05. Ainsi, l'hypothèse nulle de normalité ne peut être rejetée. Cela signifie qu'aucune preuve statistiquement significative n'indique une déviation de la normalité pour les scores de l'examen final. Cette conformité à la loi normale justifie l'utilisation de méthodes paramétriques telles que le test t de Student dans les comparaisons entre groupes.

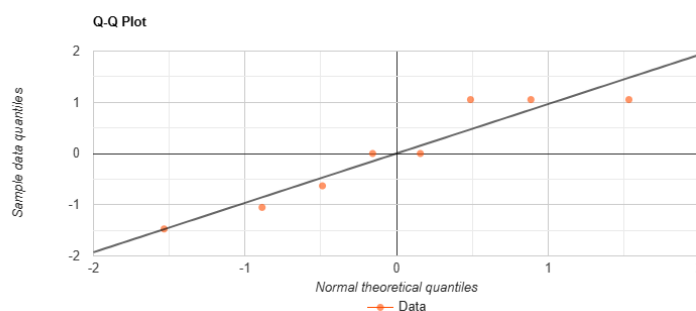


FIGURE 4.36 – QQ-plot de l'examen final transformé (carré) selon le style d'apprentissage

D'après la figure 4.36, les valeurs transformées par élévation au carré suivent une tendance linéaire, validant l'hypothèse de normalité ($p = 0.434$).

4.9.2 Test d'égalité des variances de Levene

Le test de Levene vérifie si la dispersion des données (variances) est similaire entre les groupes comparés. L'égalité des variances est une hypothèse essentielle pour réaliser une comparaison fiable des moyennes avec des tests paramétriques. Une valeur p supérieure à 0,05 indique que cette condition est respectée.

Résultat test de niveau

Le test de Levene a été réalisé sur les résultats du test de niveau afin de comparer la variance des scores entre les groupes formés selon le modèle OCEAN et ceux formés selon le style d'apprentissage.

Les résultats obtenus indiquent une statistique F de 0,2995 avec une p-valeur de 0,5928. La statistique F évalue le rapport entre la variance intergroupe et la variance intragroupe ; une valeur faible, comme ici, indique que les écarts de variance entre les groupes sont minimes. Cette p-valeur étant largement supérieure au seuil de 0,05, nous ne rejetons pas l'hypothèse nulle d'égalité des variances. Cela signifie que les groupes issus des deux types de regroupement présentent une variance homogène des niveaux, ce qui valide l'hypothèse d'homogénéité nécessaire à certaines analyses comparatives. Ces résultats renforcent ainsi la validité des analyses menées à l'aide du test t de Student.

Résultat de l'examen final

Un test de Levene a également été mené sur les résultats de l'examen final afin d'évaluer l'homogénéité des variances entre les groupes constitués selon les deux types de regroupement : OCEAN et style d'apprentissage.

Les résultats obtenus révèlent une statistique F de 1.4009 et une p -valeur de 0.2563. La statistique F , dans ce contexte, mesure le rapport entre la variance intergroupe et la variance intragroupe; une valeur de F proche de zéro indique une absence quasi totale de différence entre les dispersions des groupes. La p -valeur très élevée et supérieure au seuil de 0,05, confirme cette observation : il n'existe aucune différence significative entre les variances des deux groupes. Ainsi, les scores de l'examen final présentent une dispersion équivalente, quel que soit le type de regroupement appliqué. Cette homogénéité des variances confirme que les deux stratégies de constitution de groupes n'ont pas entraîné de variation dans la distribution des performances finales.

4.9.3 Test t de Student (échantillons indépendants)

Ce test statistique permet de comparer les moyennes de deux groupes distincts afin de déterminer s'il existe une différence significative entre eux. Il suppose que les données sont normalement distribuées et que les variances sont homogènes. En cas de non-respect de ces conditions, des tests non paramétriques (comme le test de Mann-Whitney) peuvent être envisagés comme alternative.

Comparaison des résultats du test de niveau

Pour comparer les résultats des étudiants au test de niveau selon le type de regroupement, un test t de Student a été réalisé entre deux groupes : l'un formé selon le modèle OCEAN et l'autre selon le style d'apprentissage.

L'hypothèse nulle (H_0) de ce test est que les moyennes des scores des deux groupes sont égales, c'est-à-dire qu'il n'existe pas de différence significative entre les performances. L'hypothèse alternative (H_1) postule, au contraire, qu'il existe une différence significative entre les deux moyennes.

Le groupe OCEAN (traitement 1) comprend 8 étudiants ($N_1 = 8$), avec une moyenne des scores (M_1) de 23,12. La somme des carrés (SS_1) est de 1746,88, ce qui donne une variance (s_1^2) de 249,55, indiquant une dispersion modérée des résultats. Le groupe style d'apprentissage (traitement 2) est aussi composé de 8 étudiants ($N_2 = 8$), avec une moyenne des scores (M_2) de 29,38. La somme des carrés (SS_2) est de 1021,88 et la variance (s_2^2) de 145,98, traduisant une dispersion légèrement inférieure à celle du premier groupe.

Les degrés de liberté sont $df_1 = N_1 - 1 = 7$ et $df_2 = N_2 - 1 = 7$. La variance combinée (s_p^2), obtenue par moyenne pondérée, est de 197,77. Cette variance permet d'estimer l'erreur standard sur chaque moyenne, soit 24,72. L'erreur standard représente ici l'incertitude autour de l'estimation de la moyenne de chaque groupe.

Le t de Student calculé est de $-0,89$. La p -valeur associée est de 0,1945, ce qui est bien supérieur au seuil classique de 0,05. Ainsi, on ne rejette pas l'hypothèse

nulle H_0 . Cela signifie que la différence observée entre les deux groupes n'est pas statistiquement significative.

En conclusion, cette analyse suggère qu'il n'y a pas de différence significative entre les scores au test de niveau des étudiants regroupés selon le modèle OCEAN et ceux regroupés selon le style d'apprentissage.

Comparaison des résultats de l'examen final

Après avoir appliqué un test t de Student aux résultats de test de niveau, le même type d'analyse statistique a été réalisé sur les scores de l'examen final, afin de comparer les performances des étudiants selon le type de regroupement : l'un formé selon le modèle OCEAN et l'autre selon le style d'apprentissage.

L'hypothèse nulle (H_0) de ce test est que la moyenne des scores des deux groupes est égale, c'est-à-dire qu'il n'y a pas de différence significative entre les performances des groupes. L'hypothèse alternative (H_1) postule qu'il existe une différence significative entre les moyennes.

Le groupe OCEAN (traitement 1) est constitué de 8 étudiants ($N_1 = 8$). La moyenne des scores (M_1) est de 4,5, ce qui indique des performances très faibles. La somme des carrés des écarts à la moyenne (SS_1) est de 39,5, et la variance (s_1^2) obtenue est de 5,64, reflétant une faible dispersion des notes autour de la moyenne.

Le groupe style d'apprentissage (traitement 2) est également composé de 8 étudiants ($N_2 = 8$). La moyenne des scores (M_2) est de 1781,25, ce qui montre des résultats nettement supérieurs. La somme des carrés (SS_2) est de 7 770 937,5, et la variance (s_2^2) est très élevée, soit 1 110 133,93, ce qui traduit une forte dispersion des scores au sein de ce groupe.

Les degrés de liberté associés à chaque groupe sont $df_1 = N_1 - 1 = 7$ et $df_2 = N_2 - 1 = 7$, donnant un total combiné de 14 pour le test.

Pour comparer les deux groupes, la variance combinée (s_p^2) a été calculée selon la formule pondérée, et a donné une valeur de 555 069,79. Cette variance a permis d'estimer l'erreur standard sur chaque moyenne à 69 383,72, représentant l'incertitude sur l'estimation des moyennes.

Le t de Student calculé est de $-4,77$, ce qui exprime une différence très marquée entre les deux groupes. La p-valeur associée est de 0,00015, ce qui est largement inférieur au seuil conventionnel de 0,05. Par conséquent, on rejette l'hypothèse nulle H_0 au profit de l'hypothèse alternative H_1 , ce qui indique une différence statistiquement significative entre les deux groupes.

En conclusion, cette analyse démontre une différence statistiquement significative entre les deux types de regroupement. Les étudiants regroupés selon le style d'apprentissage ont obtenu des résultats significativement meilleurs à l'examen final que ceux regroupés selon le modèle OCEAN.

4.9.4 Discussion et interprétation des résultats du test de Student

Les résultats de cette étude montrent que la classification des étudiants selon leur profil psychométrique OCEAN (personnalité) et leur style d'apprentissage a un

impact significatif sur les performances à l'examen final. Autrement dit, les étudiants regroupés en fonction de leurs traits de personnalité (extraversion, conscience, ouverture, etc.) ou de leur manière préférée d'apprendre (visuel, global, sensoriel, réfléchi, actif, etc.) n'ont pas obtenu les mêmes résultats à la fin de la formation. Cette observation vient confirmer l'hypothèse initiale selon laquelle les facteurs psychologiques et cognitifs influencent la manière dont les étudiants assimilent les connaissances, ce qui se répercute sur leurs résultats académiques.

En revanche, l'analyse des résultats du test de niveau, administré au début de la formation, n'a révélé aucune différence significative entre les groupes, même après l'application de transformations statistiques destinées à normaliser les données. Plusieurs explications peuvent être avancées pour justifier cette absence d'effet :

- il est possible que les étudiants présentaient un niveau initial relativement homogène, ce qui limite la variabilité des résultats observés.
- le test de niveau évaluait probablement des compétences de base, moins sensibles aux différences de personnalité ou de style d'apprentissage.
- il est envisageable que les effets des caractéristiques individuelles n'émergent que dans des contextes d'apprentissage prolongés ou lors de tâches plus complexes, comme celles abordées à l'examen final.
- Il est important de noter qu'au moment du test de niveau, les étudiants n'étaient pas encore classés en fonction de leur profil de personnalité ou de leur style d'apprentissage. Ils suivaient tous un enseignement commun, sans adaptation spécifique à leurs besoins individuels. Ce n'est qu'après ce test, pendant la formation, que des groupes différenciés ont été formés selon ces critères. Par conséquent, les différences liées aux profils psychologiques et aux styles d'apprentissage ne pouvaient pas encore influencer les résultats du test de niveau. Cela pourrait expliquer l'absence de différence significative entre les groupes à ce stade.

4.10 Analyse Factorielle des Données Mixtes (AFDM)

Après avoir appliqué trois tests statistiques — Shapiro-Wilk pour vérifier si les données suivent une distribution normale, Levene pour vérifier si les variances sont égales entre les groupes, et le test t de Student pour comparer les moyennes — nous avons décidé d'approfondir notre analyse. En effet, même si ces tests donnent des indications précises sur certaines variables, ils ne permettent pas de visualiser l'ensemble des relations entre les différentes caractéristiques des étudiants. C'est pourquoi nous avons utilisé une méthode d'analyse plus globale : l'Analyse Factorielle des Données Mixtes (AFDM).

Cette méthode permet d'analyser ensemble des données de types différents : des données quantitatives (comme les scores ou le nombre de fichiers consultés) et des données qualitatives (comme le type de personnalité). L'AFDM permet de représenter les individus dans un graphique en deux dimensions, en regroupant ceux qui se ressemblent en termes de résultats, de comportement et de profil.

Dans notre cas, nous avons pris en compte trois variables numériques : le score de niveau initial, le score à l'examen final et le nombre de fichiers consultés (ce dernier représentant l'engagement ou l'implication de l'étudiant). À cela s'ajoute une variable qualitative : le type de personnalité dominante ou le style dominant.

Pour réaliser l'Analyse Factorielle des Données Mixtes (AFDM), nous avons utilisé le logiciel RStudio, qui propose des outils puissants pour l'analyse statistique et la visualisation des données. L'analyse a été effectuée à l'aide des bibliothèques FactoMineR, factoextra et ggplot2. Ces packages permettent de combiner à la fois des variables quantitatives (comme les scores ou le nombre de fichiers) et des variables qualitatives (telles que les types de personnalité ou les styles d'apprentissage) dans une seule analyse intégrée. Cette approche est particulièrement adaptée à notre étude, qui vise à comprendre les relations entre différents profils d'apprenants à partir de données mixtes.

4.10.1 Analyse des variables quantitatives dans l'Analyse Factorielle des Données Mixtes (AFDM)

Nous allons commencer par présenter le cercle de corrélation relatif aux variables étudiées.

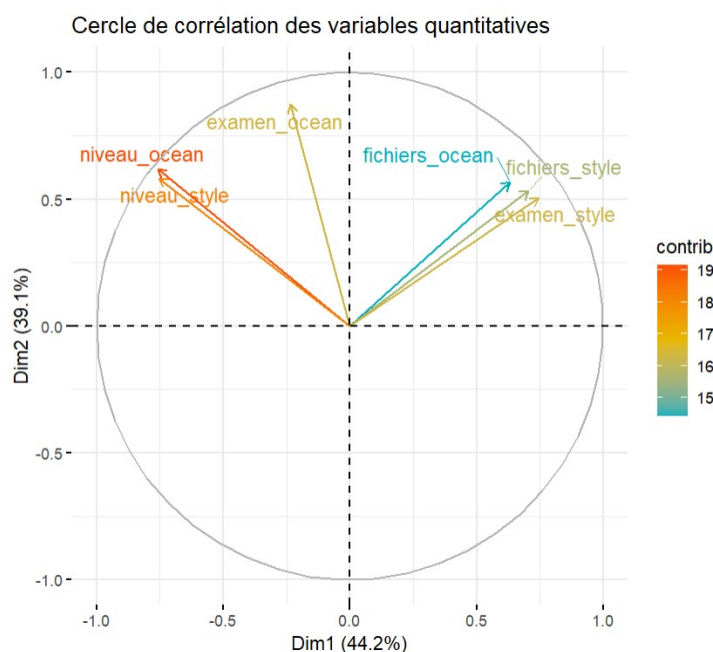


FIGURE 4.37 – Cercle de corrélation des variables quantitatives

Le cercle de corrélation illustre les relations entre les variables mesurées auprès des mêmes étudiants, regroupés selon deux approches pédagogiques différentes : d'une part, le modèle OCEAN basé sur les traits de personnalité, et d'autre part, le modèle des styles d'apprentissage.

Les variables `niveau_ocean`, `examen_ocean` et `niveau_style` sont regroupées dans un même secteur et orientées dans une direction similaire, ce qui traduit une

corrélation positive entre le niveau initial, les performances finales et le regroupement selon la personnalité.

En revanche, les variables `fichiers_ocean`, `fichiers_style` et `examen_style` pointent dans une direction opposée, indiquant une corrélation négative avec le premier groupe. Cela signifie qu'un étudiant performant dans un modèle (par exemple OCEAN) ne l'est pas nécessairement dans l'autre (style d'apprentissage), bien qu'il ait passé le même examen.

Cependant, les variables `fichiers_ocean` et `fichiers_style` sont corrélées positivement, montrant que les étudiants, quel que soit leur mode de regroupement, ont adopté des comportements similaires en termes de consultation des ressources pédagogiques. Cela suggère une implication comparable dans les deux groupes, bien que cette implication ne se traduise pas de la même manière dans les résultats académiques. Cela veut dire que ce n'est pas seulement l'effort fourni qui compte, mais aussi la manière dont les étudiants sont encadrés ou regroupés, ce qui peut influencer la réussite.

La position opposée des flèches révèle que les résultats varient selon le modèle pédagogique appliqué, soulignant l'impact du mode de regroupement sur la performance finale.

De plus, la longueur des flèches montre que toutes les variables sont bien représentées sur ce plan ($Dim1 + Dim2 = 83,3\%$) de l'information, et la couleur des flèches indique que les performances dans le cadre du modèle OCEAN ont eu une contribution plus importante à la structure du graphique, notamment les variables `examen_ocean` et `niveau_ocean`, fortement contributives (en orange), comparées aux fichiers consultés (en bleu).

Ainsi, cette analyse met en évidence deux dynamiques pédagogiques distinctes qui influencent différemment les résultats d'un même étudiant selon le cadre dans lequel il est encadré.

4.10.2 Projection des étudiants selon les profils OCEAN

Nous présentons d'abord la projection des étudiants selon les profils OCEAN

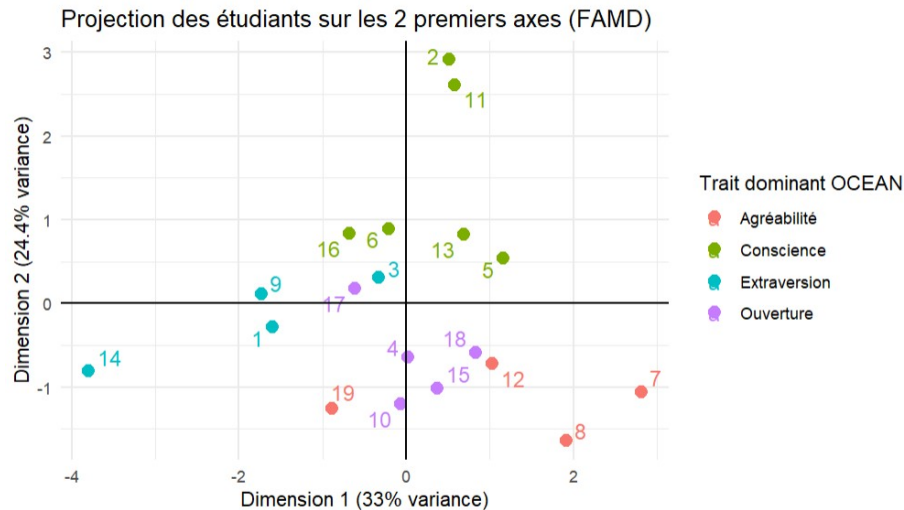


FIGURE 4.38 – Projection des étudiants selon l’AFDM pour les profils OCEAN

Le graphique présente la répartition des 19 étudiants selon leurs traits de personnalité dominants, issus du modèle OCEAN, leurs performances académiques, et leur engagement sur les fichiers consultés, projetés sur deux axes principaux définis par une analyse factorielle mixte. Chaque point représente un étudiant, et chaque couleur indique son trait de personnalité dominant : Conscience (vert), Agréabilité (rouge), Ouverture (violet), Extraversion (bleu).

L’axe horizontal (Dimension 1) reflète principalement une combinaison du niveau de performance académique global et de la rigueur personnelle. Les étudiants positionnés à droite de cet axe ont tendance à obtenir de meilleurs résultats, souvent associés à des traits comme la Conscience ou l’Agréabilité. À l’inverse, ceux à gauche présentent des performances plus faibles ou des profils moins conventionnels.

L’axe vertical (Dimension 2) capte davantage des nuances dans le trait de personnalité, comme l’ouverture à l’expérience, la créativité ou la stabilité émotionnelle. Les étudiants plus haut sur l’axe tendent à avoir un profil plus équilibré ou flexible, tandis que ceux en bas peuvent présenter un comportement plus routinier ou moins structuré.

Plusieurs clusters naturels émergent. Le premier, dans le quadrant supérieur droit, regroupe les étudiants 2, 5, 11 et 13, tous dominés par la Conscience, qui affichent des résultats académiques élevés, traduisant des profils rigoureux et organisés. Un second sous-groupe consciencieux, extraverti, ouvert (6, 16, 3, 17) se situe plus au centre droit, avec des résultats modérés mais constants.

Le cluster des étudiants dominés par l’Agréabilité (7, 8, 12), situé en bas à droite sur Dim1, montre des profils performants dans leurs résultats académiques et dans leur engagement. Le groupe Ouverture (4, 10, 15, 18) est plus central et légèrement inférieur, ce qui reflète des profils curieux, ouverts d’esprit, mais avec des résultats dans la moyenne.

Enfin, les étudiants 1, 9, 19 et 14, à dominante Extraversion et agréabilité sont situés dans le quadrant inférieur gauche, indiquant des profils plus extravertis et agréables, avec de moindres performances académiques et un style d’apprentissage

possiblement moins structuré ou plus dispersé.

Ce graphique met ainsi en lumière la relation entre personnalité, performance académique et engagement des étudiants, et justifie pleinement l'intérêt d'une pédagogie différenciée fondée sur les profils psychométriques, pour mieux accompagner la réussite et l'engagement des étudiants.

4.10.3 Projection des étudiants selon leurs styles d'apprentissage

Nous poursuivons par le graphe de projection des étudiants selon leurs styles d'apprentissage.

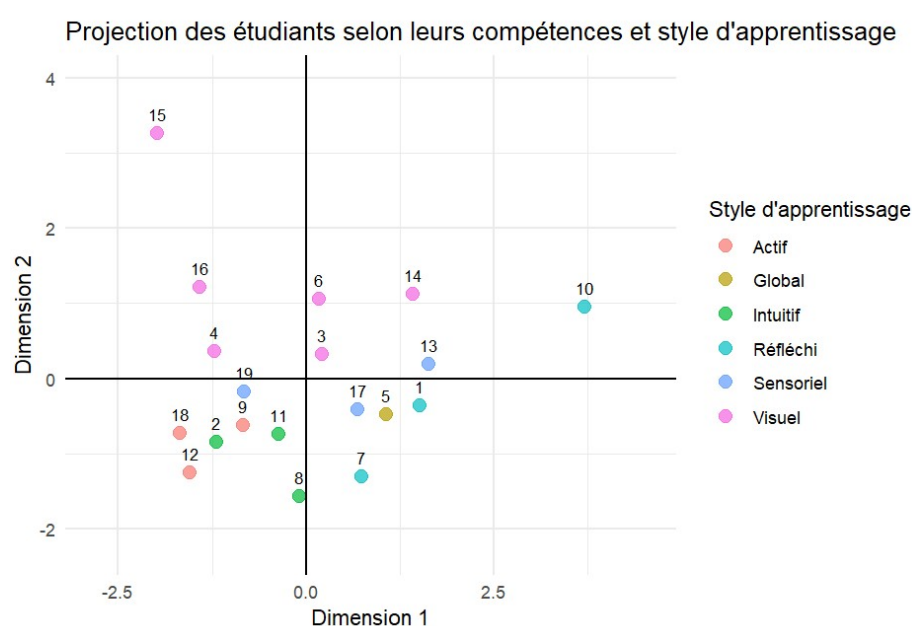


FIGURE 4.39 – Projection des étudiants selon leurs styles d'apprentissage

Cette figure représente une Analyse Factorielle Discriminante Multiple (AFDM) appliquée sur un échantillon de 19 étudiants afin d'explorer l'influence de leur style d'apprentissage sur leur performance à l'examen final, leur niveau académique et leur engagement, mesuré par le nombre de fichiers pédagogiques consultés. Le graphique AFDM met en évidence des regroupements bien distincts, permettant d'identifier quatre clusters d'individus aux profils similaires.

Ces regroupements peuvent être considérés comme de vrais clusters, car ils sont cohérents, spatialisés de manière compacte et séparés par des distances significatives dans le plan factoriel.

L'axe horizontal (Dimension 1) correspond principalement à la performance académique et au niveau d'engagement des étudiants, tandis que l'axe vertical (Dimension 2) reflète plutôt les variations dans le style d'apprentissage et la manière dont les étudiants interagissent avec les ressources pédagogiques.

Le premier cluster, en haut à gauche, regroupe les étudiants 3, 6, 13, 14, 10 tous de style mixte visuel, réfléchi et sensoriel présentant une forte performance à l'examen

final et un engagement élevé, ce qui en fait un groupe homogène et performant. Un second sous-groupe de style visuel(4,16,15) se situe plus au centre droit, avec des résultats modérés mais constants.

Le deuxième cluster, situé à droite, comprend les étudiants 1, 5, 17 et 7 (styles réfléchi et global et sensoriel), qui présentent des résultats académiques et une consultation des fichiers dans la moyenne.

Le troisième cluster, positionné en bas à gauche, regroupe les étudiants 2, 9, 11, 8, 19, 12 et 18, de styles actif et intuitif et sensoriel avec des performances faibles et un faible engagement : ils forment un groupe homogène mais en difficulté.

Ces clusters traduisent des dynamiques cohérentes et confirment l'importance du style d'apprentissage dans la réussite académique et l'engagement des étudiants. L'analyse graphique valide ainsi l'existence de structures différenciées, utiles pour orienter les pratiques pédagogiques selon les profils d'apprenants.

4.11 Discussion et interprétation des résultats de l'AFDM

L'analyse factorielle des données mixtes (AFDM) a montré clairement les liens entre traits de personnalité, styles d'apprentissage, résultats scolaires et engagement des étudiants. Le cercle de corrélation a mis en évidence deux groupes de variables : les scores académiques et les niveaux initiaux d'un côté, et le nombre de fichiers consultés, reflet de l'engagement, de l'autre. Ces groupes vont dans des directions opposées, indiquant que plus d'engagement ne signifie pas forcément de meilleurs résultats.

En outre, le mode de regroupement des étudiants, selon qu'il soit basé sur la personnalité (OCEAN) ou sur le style d'apprentissage, influence leur niveau de compétence et leurs performances. Un étudiant peut bien réussir dans un groupe formé selon la personnalité, mais obtenir des résultats différents dans un groupe basé sur les styles d'apprentissage. Cela montre que la façon dont on forme les groupes joue un rôle important dans la réussite des étudiants.

En examinant la projection des étudiants selon leurs traits de personnalité OCEAN, on observe que ceux qui présentent des caractéristiques comme la Conscience et l'Agréabilité tendent à avoir de meilleures performances, tandis que les étudiants à dominante Extraversion sont souvent moins performants. De même, la projection basée sur les styles d'apprentissage montre quatre groupes distincts : les styles visuel, sensoriel et réfléchi sont associés à de bons résultats et un fort engagement, alors que les styles actif et intuitif correspondent plutôt à des performances plus faibles. Ces résultats soulignent l'importance de considérer à la fois la personnalité et le style d'apprentissage pour mieux comprendre et soutenir la réussite. Ils confirment également que les différences individuelles méritent une attention pédagogique particulière pour adapter les méthodes d'enseignement aux besoins de chaque étudiant.

4.12 Conclusion

Après la mise en ligne de la plateforme développée, on a pu collecter des données réelles provenant des étudiants. Ces données ont été exploitées pour réaliser des tests statistiques rigoureux afin de vérifier que les conditions nécessaires, telles que la normalité des données et l'égalité des variances entre les groupes, étaient respectées. Grâce à cela, le test t de Student fut appliqué pour comparer les résultats des étudiants regroupés selon leur personnalité (OCEAN) ou selon leur style d'apprentissage.

Les résultats obtenus indiquent que la moyenne des notes à l'examen final est significativement plus élevée pour le groupe formé selon le style d'apprentissage que pour celui formé selon le profil de personnalité (OCEAN).

En complément, l'Analyse Factorielle des Données Mixtes (AFDM) a permis d'explorer en profondeur les relations entre les traits de personnalité, les styles d'apprentissage et les résultats obtenus. Cette analyse a révélé que le groupe constitué selon le style d'apprentissage comprend un plus grand nombre d'étudiants ayant obtenu de meilleurs résultats.

Conclusion générale

La psychométrie, en tant que science de la mesure des caractéristiques psychologiques, offre des outils précieux pour mieux comprendre les différences individuelles entre les apprenants. À travers des instruments fiables tels que les questionnaires de personnalité ou les évaluations des styles cognitifs, elle permet d'obtenir des données exploitables pour adapter les pratiques pédagogiques.

Dans le cadre de l'enseignement à distance, où les interactions sont moins spontanées et les dynamiques de groupe plus complexes à gérer, l'utilisation de ces données devient un levier essentiel pour améliorer la qualité de l'apprentissage collaboratif. C'est dans cette perspective que s'inscrit ce travail, qui a exploré des stratégies de constitution de groupes pédagogiques plus équilibrés.

Ce mémoire s'est intéressé à la formation de groupes équilibrés dans un contexte pédagogique, en tenant compte des différences individuelles entre les apprenants. Aujourd'hui, bien que le travail en groupe soit largement utilisé dans l'enseignement, la constitution de ces groupes repose souvent sur des critères simples ou aléatoires, ce qui peut entraîner des déséquilibres, des conflits ou une faible participation.

L'objectif principal de ce travail a été de concevoir un système capable de former automatiquement des groupes efficaces à partir de leur personnalité (modèle OCEAN), ou de leur style d'apprentissage.

Une plateforme en ligne a été développée pour permettre la collecte de données réelles auprès des étudiants. Grâce à ces données, des analyses statistiques rigoureuses ont été réalisées (test t de Student et une Analyse Factorielle des Données Mixtes). Ces méthodes ont permis de comparer objectivement les deux approches de regroupement.

Les résultats montrent que les étudiants regroupés selon leur style d'apprentissage ont obtenu une moyenne à l'examen final plus élevée que ceux regroupés selon leur profil de personnalité. Cette différence est statistiquement significative, ce qui signifie qu'elle est fiable et non due au hasard. De plus, l'analyse du cercle de corrélation et l'AFDM ont confirmé que les meilleurs résultats scolaires étaient davantage associés aux groupes formés par style d'apprentissage. Ces observations suggèrent que cette méthode de regroupement est plus performante dans un contexte éducatif.

En conclusion, cette étude démontre l'intérêt d'utiliser des outils psychométriques et pédagogiques pour mieux organiser l'apprentissage collaboratif. Le regroupement basé sur le style d'apprentissage semble offrir une meilleure complémentarité entre les apprenants et des résultats plus positifs. Cette démarche peut aider les enseignants à constituer des groupes plus homogènes et à améliorer la qualité du travail en équipe. Pour aller plus loin, il serait pertinent d'élargir cette recherche à un plus grand nombre d'étudiants et d'introduire d'autres critères, comme la motivation ou

les compétences interpersonnelles, pour affiner encore la formation des groupes.

Bibliographie

- [1] Maha Alhammad and Alberto Moreno. Gamification of e-learning in higher education : a systematic literature review. *Smart Learning Environments*, 10(1) :1–22, 2023.
- [2] Saadeldin Alzahrani, Theodoros Almpanis, et al. Personalizing learning resources based on students’ learning styles in virtual learning environments. *Education Sciences*, 12(5) :457, 2022.
- [3] Anne Anastasi and Susana Urbina. *Psychological Testing*. Prentice Hall, 7th edition, 1997.
- [4] Deborah L. Bandalos. *Psychometric Methods : Theory into Practice*. Guilford Press, New York, 1st edition, 2016.
- [5] Deborah L. Bandalos. *Measurement Theory and Applications for the Social Sciences*. Guilford Press, New York, 1st edition, 2018.
- [6] Albert Bandura. *Social Foundations of Thought and Action : A Social Cognitive Theory*. Prentice-Hall, 1986.
- [7] Milton J. Bennett. Developing intercultural competence : A transformation theory of intercultural sensitivity. In R. Michael Paige, editor, *Education for the Intercultural Experience*, pages 21–71. Intercultural Press, Yarmouth, ME, 1993.
- [8] John Biggs and Catherine Tang. *Teaching for Quality Learning at University*. McGraw-Hill Education, Maidenhead, UK, 4th edition, 2011.
- [9] Pierre Bourdieu and Jean-Claude Passeron. *La reproduction : Éléments pour une théorie du système d’enseignement*. Éditions de Minuit, 1970.
- [10] Mourad Bouziane. Du réel et de la psychométrie dans la recherche en psychologie. *El Riwak*, 10(2) :860–877, 2024.
- [11] Peter Brusilovsky and Eva Millán. User models for adaptive hypermedia and adaptive educational systems. In *The Adaptive Web*, pages 3–53. Springer, 2007.
- [12] Stephen R. Covey. *The 7 Habits of Highly Effective People : Powerful Lessons in Personal Change*. Free Press, 1989.

- [13] Edward L. Deci and Richard M. Ryan. *Intrinsic Motivation and Self-Determination in Human Behavior*. Springer US, 1985.
- [14] Pierre Dillenbourg. What do you mean by collaborative learning? In Pierre Dillenbourg, editor, *Collaborative-learning : Cognitive and computational approaches*, pages 1–19. Elsevier, 1999.
- [15] Angela L. Duckworth, Christopher Peterson, Michael D. Matthews, and Dennis R. Kelly. Grit : Perseverance and passion for long-term goals. *Journal of Personality and Social Psychology*, 92(6) :1087–1101, 2007.
- [16] Richard M. Felder and Linda K. Silverman. Learning and teaching styles in engineering education. *Engineering education*, 78(7) :674–681, 1988.
- [17] B. J. Fishman, W. R. Penuel, A. R. Allen, B. Cheng, and L. Sabelli. Design-based implementation research : An emerging model for transforming the role of research in education. *YIELD : Yearbook of Educational Leadership*, 1 :1–24, 2014.
- [18] Neil D. Fleming and Colleen Mills. Not another inventory, rather a catalyst for reflection. *To Improve the Academy*, 11(1) :137–155, 1992.
- [19] Luis F. Fraga, Edson Meneses, Aline Moreira, et al. A learning analytics approach to identify students at risk of dropout : A case study with a technical distance education course. *Applied Sciences*, 10(11) :3998, 2020.
- [20] R. Michael Furr and Verne R. Bacharach. *Psychometrics : An Introduction*. SAGE Publications, 2nd edition, 2013.
- [21] Wendy S. Grolnick and Mary L. Slowiaczek. Parents’ involvement in children’s schooling : A multidimensional conceptualization and motivational model. *Child Development*, 65(1) :237–252, 1994.
- [22] Khe Foon Du Hew and Liuyufeng Li. Gamification enhances student intrinsic motivation, perceptions of autonomy and relatedness, but minimal impact on competency : a meta-analysis and systematic review. *Educational Technology Research and Development*, 72(2) :765–796, 2024.
- [23] Afvensu Enoch Ibisu. Development of a gamification model for personalized e-learning. *arXiv preprint*, 2024.
- [24] Kashif Ishaq and Atif Alvi. Personalization, cognition, and gamification-based programming language learning : A state-of-the-art systematic literature review. *arXiv preprint*, 2023.
- [25] Oliver P. John and Sanjay Srivastava. The big five trait taxonomy : History, measurement, and theoretical perspectives. In L. A. Pervin and Oliver P. John, editors, *Handbook of Personality : Theory and Research*, pages 102–138. Guilford Press, 2nd edition, 1999.

- [26] David W. Johnson and Roger T. Johnson. *An Educational Psychology Success Story : Cooperative Learning*. Educational Psychology Review, New York, 2009.
- [27] Robert M. Kaplan and Dennis P. Saccuzzo. *Psychological Testing : Principles, Applications, and Issues*. Cengage Learning, Boston, 9th edition, 2017.
- [28] Malcolm S. Knowles. *The Modern Practice of Adult Education : From Pedagogy to Andragogy*. Cambridge Books, Cambridge, MA, 1980.
- [29] David A. Kolb. *Experiential Learning : Experience as the Source of Learning and Development*. Prentice Hall, 1984.
- [30] Philippe Le Moigne. La psychométrie et les sciences humaines. In *Dictionnaire des Sciences Humaines*, pages 938–940. Presses Universitaires de France, 2006.
- [31] X. Li, Y. Wang, et al. An interactive online educational environment to reduce anxiety, improve emotional well-being, and critical thinking for college students. *Acta Psychologica*, 248 :104347, 2024. Étude sur l’impact d’un environnement interactif en ligne pour diminuer l’anxiété et optimiser l’ergonomie et les supports pédagogiques.
- [32] Shuangyan Liu, Mike Joy, and Nathan Griffiths. An exploratory study on group formation based on learning styles. *International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT)*, pages 95–99, 2013.
- [33] Yan Liu, Shuai Ma, and Yue Chen. The impacts of learning motivation, emotional engagement and psychological capital on academic performance in a blended learning university course. *Frontiers in Psychology*, 15 :1357936, 2024.
- [34] Ann S. Masten. Ordinary magic : Resilience processes in development. *American Psychologist*, 56(3) :227–238, 2001.
- [35] Jum C. Nunnally and Ira H. Bernstein. *Psychometric Theory*. McGraw-Hill, New York, 3rd edition, 1994.
- [36] Alejandro Pardo, Feifei Han, and Robert A. Ellis. Combining learning analytics and learning design to improve student engagement. *Computers & Education*, 100 :36–47, 2016.
- [37] James W. Pellegrino, Naomi Chudowsky, and Robert Glaser. *Knowing what students know : The science and design of educational assessment*. National Academies Press, Washington, DC, 2001.
- [38] James W. Pellegrino, Naomi Chudowsky, and Robert Glaser. *Knowing What Students Know : The Science and Design of Educational Assessment*. National Academy Press, Washington, D.C., 2001.
- [39] Rosalind W. Picard. *Affective Computing*. MIT Press, Cambridge, MA, 2000.

- [40] PsychoMédia. Test : Inventaire des cinq grands traits de personnalité (big five). <https://www.psychomedia.qc.ca/personnalite/test-inventaire-des-cinq-facteurs>, 2012. Consulté le 17 juin 2025.
- [41] Martyn Quigley, Alexander Bradley, David Playfoot, and Rachel Harrad. Personality traits and stress perception as predictors of students' online engagement during the covid-19 pandemic. *Personality and individual differences*, 194 :111645, 2022.
- [42] James R. Rest. *Moral Development : Advances in Research and Theory*. Praeger, New York, 1986.
- [43] Marcel M. Robles. Executive perceptions of the top 10 soft skills needed in today's workplace. *Business Communication Quarterly*, 75(4) :453–465, 2012.
- [44] Gidi Salomon. Television is "easy" and print is "tough" : The differential investment of mental effort in learning as a function of perceptions and attributions. *Journal of Educational Psychology*, 76(4) :647–658, 1984.
- [45] Maria Sandroni, John Smith, and Catherine Lee. How to measure soft skills in the educational context : the skills-in-one questionnaire. *Personality and Individual Differences*, 195 :111543, 2022. Présentation d'un instrument psychométrique validé pour mesurer communication, collaboration et intelligence émotionnelle en contexte éducatif.
- [46] V. J. Shute and L. Wang. Assessing and supporting students' competence, collaboration, and motivation in a 21st-century learning system. *Educational Technology Research and Development*, 70 :1–30, 2022.
- [47] Mojgan Siadaty, Dragan Gašević, and Marek Hatala. Toward learning-aware design for workplace training : The role of self-regulation and scaffolding. *Journal of Workplace Learning*, 28(7/8) :488–507, 2016.
- [48] George Siemens. Connectivism : A learning theory for the digital age. *International journal of instructional technology and distance learning*, 2(1) :3–10, 2005.
- [49] Richard E. Snow. Aptitude processes. In Robert J. Sternberg and Cynthia A. Berg, editors, *Intellectual Development*, pages 131–154. Cambridge University Press, 1992.
- [50] Charles D. Spielberger. Manual for the state-trait anxiety inventory stai (form y), 1983.
- [51] Piers Steel. The nature of procrastination : A meta-analytic and theoretical review of quintessential self-regulatory failure. *Psychological Bulletin*, 133(1) :65–94, 2007.
- [52] Joachim Stoeber and Katrin Otto. Positive conceptions of perfectionism : Approaches, evidence, challenges. *Personality and Social Psychology Review*, 10(4) :295–319, 2006.

- [53] B. G. Tabachnick and L. S. Fidell. *Using Multivariate Statistics*. Pearson Education, Boston, 6th edition, 2013.
- [54] NeuroLaunch Editorial Team. Psychometric intelligence : measuring cognitive abilities and potential. *NeuroLaunch*, 2024. Analyse des tests cognitifs évaluant le raisonnement, la mémoire, la résolution de problèmes.
- [55] Lev S. Vygotsky. *Mind in society : The development of higher psychological processes*. Harvard University Press, 1978.
- [56] Ben Williamson. Policy networks, performance metrics, and platform markets : Charting the expanding data infrastructure of higher education. *British Journal of Educational Technology*, 50(6) :2785–2800, 2019.
- [57] Moshe Zeidner. *Test Anxiety : The State of the Art*. Springer Science & Business Media, New York, 1998.
- [58] Zhihui Zhang and Xiaomeng Huang. Exploring the impact of the adaptive gamified assessment on learners in blended learning. *Education and Information Technologies*, 2024. 20-semaines, gamification adaptative, motivation intrinsèque et engagement améliorés.
- [59] B. J. Zimmerman. Becoming a self-regulated learner : An overview. *Theory into Practice*, 41(2) :64–70, 2002.