

Renforcement des Compétences Décisionnelles chez les Apprenants Universitaires : Rôle de l'Intelligence Artificielle dans la Pédagogie Numérique

Abdelali ALLA¹ et Yassine NINISS² et Toufik AZZIMANI³

¹ Université Mohammed Premier, Oujda, Maroc

² Université Mohammed Premier, Oujda, Maroc

³ Université Mohammed Premier, Oujda, Maroc

a.alla@ump.ac.ma

y.niniss@ump.ac.ma

t.azzimani@ump.ac.ma

Abstract.

Le présent travail appréhende l'impact de l'utilisation de l'intelligence artificielle sur le développement des compétences en prise de décision des apprenants dans le cadre d'une pédagogie universitaire utilisant les technologies numériques. Cela peut se faire en les aidant à identifier les informations pertinentes, à évaluer les différentes options et à prendre des décisions éclairées. Nous avons adopté un outil adéquat de l'intelligence artificielle pour l'appliquer dans une expérience réalisée au sein de l'Université Mohammed Premier Oujda. L'idée consiste à proposer un exercice, constitué de plusieurs tâches assistées par l'outil de l'IA choisi, à un groupe d'apprenants d'âges et de niveaux de compétences différents. Les résultats quantitatifs du questionnaire et qualitatifs des entretiens ont montré que l'IA fournit des résumés des informations complexes, pour identifier les tendances et les corrélations dans les données, que l'IA propose des solutions alternatives, pour identifier les causes possibles d'un problème et que l'IA évalue les conséquences d'un choix pour fournir des recommandations personnalisées concernant les décisions prises. Ces résultats suggèrent que l'intelligence artificielle impacte positivement les compétences en prise de décision des apprenants dans le cadre d'une pédagogie universitaire utilisant les technologies numériques. Parmi les implications potentielles de cette étude pour l'analyse de l'impact de l'IA sur les méthodes d'enseignement et les résultats d'apprentissage, nous citons la possibilité d'élaborer de nouvelles relations entre l'IA et la résolution de problèmes. L'originalité de ce travail se manifeste dans les nouvelles relations potentielles entre la psychologie cognitive (la prise de décisions, la résolution de problèmes) et l'intelligence artificielle.

Keywords : intelligence artificielle, prise de décision, apprentissage, compétences.

Liste des tableaux :

- Tableau 1 :** La répartition de l'échantillon des étudiants par filière
- Tableau 2 :** Tableau de confrontation des indicateurs de la variable indépendante avec les indicateurs de la variable
- Tableau 3 :** Tableau croisé des fréquences d'utilisation et de la confiance dans la prise des décisions chez les apprenants
- Tableau 4 :** Tableau de calcul de khi-carré concernant les fréquences d'utilisation et la confiance dans la prise des décisions
- Tableau 5 :** Tableau de calcul des mesures symétriques : Phi, Vde Cramer et Coefficient de contingence
- Tableau 6 :** Tableau croisé des Interactions des apprenants avec l'efficacité perçue dans la prise de décision rapidement chez les apprenants
- Tableau 7 :** Tableau de calcul de khi-carré concernant les Interactions des apprenants avec l'efficacité perçue dans la prise de décision rapidement.
- Tableau 8 :** Tableau de calcul des mesures symétriques : Phi, Vde Cramer et Coefficient de contingence
- Tableau 9 :** Tableau croisé des fonctionnalités de l'outil de l'IA et l'application des connaissances dans des situations de décisions réelles
- Tableau 10 :** Tableau de calcul de khi-carré concernant les fonctionnalités de l'outil de l'IA et l'application des connaissances dans des situations de décisions réelles chez les apprenants.
- Tableau 11 :** Tableau de calcul des mesures symétriques : Phi, Vde Cramer et Coefficient de contingence.
- Tableau 12 :** Tableau croisé de la satisfaction des apprenants et du Sentiment d'autonomie dans les décisions après l'utilisation de l'assistant de l'IA
- Tableau 13 :** Tableau de calcul de khi-carré concernant la satisfaction des apprenants et du Sentiment d'autonomie dans les décisions après l'utilisation de l'assistant de l'IA
- Tableau 14 :** Tableau de calcul des mesures symétriques : Phi, Vde Cramer et Coefficient de contingence
- Tableau 15 :** Tableau de confrontation des variables indépendantes et de la variable dépendante de la deuxième question de recherche
- Tableau 16 :** Tableau des statistiques descriptives de la première combinaison de l'âge avec la qualité de décisions
- Tableau 17 :** Tableau de calcul des corrélations de la première combinaison de l'âge avec la qualité de décisions
- Tableau 18 :** Tableau de calcul de test des échantillons indépendants concernant l'effet du degré de confiance sur la qualité des décisions
- Tableau 19 :** Tableau des statistiques de groupe concernant l'effet de la satisfaction des apprenants sur la qualité des décisions
- Tableau 20 :** Tableau de calcul de test des échantillons indépendants concernant l'effet de la satisfaction des apprenants sur la qualité des décisions
- Tableau 21 :** Tableau de confrontation des variables indépendantes et de la variable dépendante de la troisième question de recherche
- Tableau 22 :** Tableau de résultats du test de Kruskal-Wallis concernant l'effet de la fréquence d'utilisation sur le taux de réussite
- Tableau 23 :** Tableau de résultats du test de Kruskal-Wallis concernant l'effet de la clarté des consignes sur le taux de réussite
- Tableau 24 :** Tableau de résultats du test de Kruskal-Wallis concernant l'effet du type de support sur le taux de réussite

1 Introduction

Dans un monde en constante évolution, la capacité à prendre des décisions éclairées et réfléchies est devenue une compétence fondamentale pour les apprenants. Face à la complexité croissante des informations et des choix à opérer, l'intelligence artificielle (IA) se présente comme un outil prometteur pour les aider à développer leurs compétences décisionnelles. La recherche en la matière vise à explorer quelques manières dont l'IA peut accompagner les apprenants dans ce processus. De plus, en proposant des feedbacks personnalisés et en adaptant les contenus d'apprentissage, l'IA peut aider les apprenants à développer des stratégies pour prendre des décisions plus rationnelles et responsables.

Malgré les progrès prometteurs de la recherche sur l'IA et la prise de décision, plusieurs lacunes subsistent dans notre compréhension de l'impact de l'IA sur l'apprentissage. D'une part, il est nécessaire de mieux cerner les types d'interventions et d'outils d'IA les plus efficaces pour développer les compétences décisionnelles des apprenants. Notre étude vise à contribuer à combler ces lacunes en explorant les potentialités et les défis de l'IA dans la prise de décision des apprenants. En analysant les résultats de notre recherche, nous espérons apporter des éclairages aux praticiens de l'éducation et aux développeurs d'outils d'apprentissage basés sur l'IA.

L'objectif de cette recherche s'ancre autour d'une interrogation centrale qui explore le potentiel de l'intelligence artificielle (IA) comme vecteur d'amélioration des compétences en prise de décision chez les apprenants. Dans un contexte où les données abondent et où la complexité des environnements décisionnels s'accroît, il devient primordial d'équiper les apprenants des outils adéquats pour naviguer efficacement ces milieux. Cette étude se propose d'examiner de quelle manière l'IA peut agir comme un levier pour le développement des compétences décisionnelles, en fournissant non seulement une base de données enrichie pour la réflexion, mais aussi en offrant un cadre pour la pratique et l'expérimentation des processus décisionnels. Trois hypothèses sous-tendent notre investigation : Premièrement, que l'IA, grâce à sa capacité de synthétiser des informations complexes, aide les apprenants à identifier les tendances et les corrélations cruciales dans les données. Deuxièmement, que l'IA, en proposant des solutions alternatives, facilite l'identification des causes potentielles d'un problème et la génération de scénarios de résultats variés. Troisièmement, que l'IA, en évaluant les conséquences de différents choix, fournit des recommandations personnalisées et un retour d'information constructif sur les décisions prises. Cette recherche ambitionne donc de démêler comment l'intégration de l'IA dans le processus d'apprentissage peut renforcer les capacités décisionnelles des apprenants, les préparant ainsi à faire face aux défis des environnements professionnels et personnels avec une plus grande acuité et confiance.

Cette étude explore l'impact de l'utilisation d'un assistant conversationnel basé sur l'IA dans le développement des compétences décisionnelles chez les étudiants universitaires. L'expérience, menée à l'Université Mohammed Premier en 2024, implique 145 étudiants répartis selon un échantillonnage stratifié pour garantir la diversité et la représentativité. Les participants utilisent l'assistant IA pour accomplir des tâches spécifiques prédéfinies qui incluent implicitement la synthèse d'informations, la gestion des hypothèses et l'administration des recommandations personnalisées pour la prise de décision.

Les données sont collectées via un questionnaire papier post-expérience et analysées pour mesurer la perception des étudiants sur leur capacité à prendre des décisions, leur aptitude à générer des hypothèses, et leur efficacité à évaluer les risques et à prendre des décisions éclairées. Les analyses utilisent des méthodes statistiques adaptées aux types de variables recueillies, notamment le coefficient de corrélation de Pearson et le test t de Student pour les variables continues, ainsi que le chi-deux pour les variables ordinales.

Les variables indépendantes comprennent le type d'outil IA utilisé, les caractéristiques individuelles des apprenants, et les modalités d'apprentissage, tandis que les variables dépendantes incluent la perception de la capacité décisionnelle, la qualité des hypothèses générées, et le taux de réussite dans des situations décisionnelles réelles. Cette méthodologie rigoureuse permet d'évaluer de manière empirique l'efficacité de l'IA comme outil de soutien à la prise de décision dans un contexte éducatif.

L'étude a examiné l'impact des différentes modalités d'utilisation d'un assistant conversationnel basé sur l'IA sur la capacité de prise de décision des apprenants. Les résultats démontrent l'efficacité de l'intégration de l'IA dans les processus d'apprentissage et de prise de décision. Ils soulignent également l'importance de personnaliser l'utilisation des outils d'IA pour maximiser leur impact sur la confiance, la rapidité, l'application des connaissances, et l'autonomie des apprenants. Ces découvertes pourraient orienter le développement futur des technologies éducatives pour mieux répondre aux besoins des utilisateurs.

Dans la deuxième question de recherche, l'étude a exploré comment l'intelligence artificielle peut aider les apprenants à générer des hypothèses et à améliorer la qualité de leurs décisions. Les résultats soulignent l'importance de la calibration de la confiance et de la réflexion critique dans le processus décisionnel. Elles suggèrent également que les outils d'IA et les programmes de formation devraient non seulement se concentrer sur l'amélioration des compétences décisionnelles des apprenants mais aussi sur la

manière dont ils évaluent et perçoivent leurs propres compétences et résultats. Ces résultats ont des implications pour la conception de programmes éducatifs et d'outils d'aide à la décision.

La troisième question de recherche examine l'impact de l'utilisation de l'intelligence artificielle (IA) dans l'amélioration de l'évaluation des risques et de la prise de décisions éclairées chez les apprenants. Les résultats soulignent l'importance de l'intégration stratégique des technologies d'IA dans les programmes éducatifs pour renforcer les capacités décisionnelles des apprenants. Ils recommandent également une attention particulière à la fréquence d'utilisation de l'IA, à la clarté des instructions, et au choix des supports pédagogiques pour maximiser les bénéfices pédagogiques et préparer efficacement les étudiants à faire face aux défis du monde réel.

2 La recension

2.1 Cadre conceptuel

L'intelligence artificielle (IA)

L'intelligence artificielle (IA) a révolutionné de nombreux aspects de notre société, et l'éducation n'en fait pas l'exception. Dans le contexte universitaire, l'intégration croissante de l'IA dans les environnements d'apprentissage a suscité un intérêt considérable quant à ses implications sur la prise de décision des apprenants. L'IA offre des possibilités novatrices pour améliorer l'enseignement et l'apprentissage, en fournissant des outils d'assistance personnalisés, des systèmes de recommandation et des analyses prédictives. Cependant, l'impact de l'IA sur les processus de prise de décision des apprenants dans ce contexte mène à poser plusieurs questions dont on va répondre à quelques-unes.

Cette revue de littérature vise à explorer et à synthétiser les travaux existants sur l'IA et sur la prise de décision des apprenants dans le but d'appréhender des corrélations potentielles entre les deux. Nous examinerons quelques façons dont l'IA est utilisée pour soutenir les processus décisionnels des étudiants, en mettant en lumière les avantages potentiels ainsi que les défis et les préoccupations associés à cette intégration. En effet, comprendre comment l'IA influence la prise de décision des apprenants est crucial pour concevoir des environnements d'apprentissage efficaces et éthiques, et pour soutenir le développement continu des apprenants dans un monde en constante évolution. En explorant les recherches existantes, cette revue de littérature vise à éclairer les praticiens, les chercheurs et les décideurs sur les tendances actuelles et les perspectives futures dans ce domaine en pleine expansion.

Parmi les théories les mieux adaptées à notre recherche, nous citons : 1. la théorie du signal (Connelly et al., 2011) [1] qui permet d'explorer comment les informations générées par les systèmes d'IA servent de "signaux" dans la prise de décisions, notamment en termes de crédibilité, qualité de l'information et influence sur les décisions des utilisateurs. 2. La théorie de l'apprentissage automatique (Shalev-Shwartz & Ben-David, 2014) [2] qui se concentre sur la capacité des algorithmes d'apprentissage automatique à analyser des données, à détecter des modèles et à prendre des décisions basées sur ces modèles. Les apprenants peuvent bénéficier de ces capacités pour obtenir des recommandations personnalisées ou des prédictions basées sur des données objectives. 3. La théorie de la cognition distribuée (Salomon, 1997) [3] qui avance que la pensée et la cognition ne se limitent pas au cerveau humain, mais s'étendent aux interactions avec l'environnement et les outils utilisés. En intégrant des systèmes d'IA dans le processus de prise de décision, les apprenants peuvent externaliser une partie de leur cognition et collaborer avec ces systèmes pour parvenir à des décisions plus éclairées.

La prise de décision

L'autre partie du cadre conceptuel de cet article concerne l'étude de la prise de décision, une fonction pivot de la gestion organisationnelle et de la conduite individuelle. Ancré dans une tradition de recherche multidisciplinaire, notre modèle conceptuel s'appuie sur les fondements de la théorie de la décision, enrichie par des apports contemporains de la psychologie cognitive et de l'intelligence artificielle (IA). Ces axes théoriques fournissent un prisme à travers lequel nous examinons comment l'intégration de l'IA influence, modifie et potentiellement améliore la prise de décision au sein de l'université. Dans ce cadre, nous abordons les principales théories de la prise de décision. Cette exploration théorique pose les bases nécessaires à une analyse empirique rigoureuse, visant à éclairer les praticiens et les chercheurs sur les potentialités et les défis introduits par l'IA dans les processus décisionnels.

Pour étudier l'effet de l'IA sur la prise de décision chez les apprenants à l'université, parmi les théories à considérer sont les suivantes : 1. Théorie de la rationalité limitée : Cette théorie de Herbert Simon (Simon, 1957) [4] pourrait être pertinente pour comprendre comment les étudiants utilisent les outils d'IA pour prendre des décisions plus efficaces en tenant compte de leurs limitations cognitives et temporelles. 2. Théorie de la décision par consensus (Sunstein & Hastie, 2015) [5] : Étant donné que l'IA peut être utilisée pour faciliter la prise de décision en groupe, cette théorie pourrait être utile pour évaluer comment les

étudiants collaborent à l'aide de l'IA pour parvenir à des décisions collectives. 3. Théorie de la décision sociale (Centola, 2021) [6] : Cette théorie peut être appliquée pour examiner comment les normes sociales et les interactions influencées par l'IA modifient les prises de décision des étudiants à l'université et comment ces derniers s'adaptent à ces changements. 4. Théorie de la cognition distribuée (Hollan et al., 2000, p. 174-196) [7] : Cette théorie soutient que la cognition s'étend au-delà de l'individu pour inclure l'environnement et les outils utilisés. Ainsi, en appliquant cette théorie, on pourrait étudier comment l'IA peut agir comme une extension cognitive des apprenants, les aidant à mieux comprendre les informations pertinentes. En combinant ces théories et en les appliquant au contexte spécifique des apprenants universitaires utilisant l'IA pour prendre des décisions, il serait possible d'obtenir un aperçu plus approfondi des impacts et des implications de cette technologie sur leurs processus décisionnels.

3 La méthodologie

3.1 Conception de l'étude :

L'expérience est conçue pour étudier comment l'IA peut aider les apprenants à développer leurs compétences en prise de décision. Elle consiste en l'utilisation d'un Assistant conversationnel basé sur l'IA. Cet Assistant est conçu pour fournir un soutien personnalisé aux étudiants dans leurs processus décisionnels. Plus précisément, l'expérience proposera trois situations clés : tout d'abord, l'étudiant utilisera l'Assistant pour lui fournir des résumés clairs et concis des informations complexes qui sont pertinentes pour la prise de décision. Ensuite, il l'utilisera pour générer des hypothèses basées sur les données disponibles, afin d'explorer les différentes perspectives et scénarios. Enfin, il l'utilisera pour lui offrir des recommandations personnalisées et des feedbacks pour le guider de manière proactive dans ses prises de décision, en mettant en lumière les options les plus pertinentes et les meilleures pratiques. Cette approche expérimentale vise à évaluer de manière empirique l'impact de l'IA en tant qu'outil d'aide à la décision dans un contexte éducatif, en mettant l'accent sur le développement des compétences décisionnelles des apprenants.

L'opérationnalisation de cette étude était faite à l'université Mohammed Premier en janvier 2024. Pendant une séance en présentiel, les étudiants avaient accès au même assistant conversationnel basé sur l'IA disponible en ligne, et traitaient la même partie pendant un temps déterminé au préalable. Cette expérience se déroulait dans un environnement contrôlé au sein de l'université, offrant ainsi aux participants l'opportunité d'explorer et de bénéficier des avantages pratiques de l'utilisation de l'IA dans leur processus de prise de décision.

3.2 Participants :

La population à l'étude sera composée d'étudiants inscrits dans divers programmes académiques. Pour sélectionner un échantillon représentatif de la population étudiante, une stratégie d'échantillonnage stratifié sera employée. Cette approche permettra de diviser la population en différents groupes homogènes en fonction de critères pertinents tels que le niveau d'étude, la filière d'études ou le domaine de spécialisation. Ensuite, un échantillon sera tiré de chaque strate de manière aléatoire pour garantir la représentativité de l'échantillon global. Cette stratégie d'échantillonnage stratifié aidera à garantir une diversité et une fiabilité des données collectées, tout en permettant d'obtenir des perspectives variées des étudiants participant à l'expérience. Du fait que le nombre d'étudiant dans les filières choisies est relativement réduit, nous allons considérer l'ensemble des étudiants dans chaque filière avec un total de 145 étudiants. La répartition des étudiants par filière est la suivante :

Tableau 25. La répartition de l'échantillon des étudiants par filière

Niveau	Désignation	Référence	Participants	Étudiants	Étudiantes
Licence	Licence en Education S5	LE-S5	28	6	22
	Licence SIC S3	SIC-S3	25	6	19
	Parcours d'Excellence: Communication & Transformation Numérique S3	PE-CTN-S3	23	8	15
Master	- Master Communication & Transformation Numérique S1	CTN-S1	27	12	15
	Master IFTEC Première année S1	IFTEC-S1	20	5	15

Le recrutement de l'échantillon se fait par des séances programmées à l'avance en concertation avec les étudiants qui participent à l'expérience. Chaque filière passe l'expérience séparément des autres pour éviter les effets d'éventuels biais et pour bénéficier d'un encadrement adéquat. Le temps dédié à l'expérience est de deux heures.

L'échantillon de 145 étudiants est composé de 69% (100) d'étudiantes et de 31% (45) d'étudiants, avec une tranche d'âge entre 22 ans et 38 ans. 52,4% (76) ont un niveau d'éducation de licence tandis que 69,6% (69) ont un niveau d'éducation de master.

3.3 Conception de l'étude :

Collecte de données :

Dans le cadre de cette étude, nous cherchons dans la première question de recherche à explorer l'impact potentiel des outils d'intelligence artificielle (IA) sur le processus décisionnel des apprenants. Pour ce faire, nous définissons comme variable dépendante la perception de l'apprenant sur sa propre capacité à prendre des décisions. Cela reflète la manière dont les individus évaluent leur aptitude à sélectionner les options les plus pertinentes après avoir été exposés à des informations via un outil d'IA. En tant que variable indépendante, nous considérons le type d'outil d'IA impliqué dans cette interaction, en l'occurrence un assistant conversationnel. Ce choix permet de déterminer si l'utilisation de cette forme spécifique de technologie d'IA peut influencer de manière significative la confiance et l'efficacité perçues par les apprenants dans leurs capacités décisionnelles.

La deuxième question de recherche vise à évaluer l'impact de l'intelligence artificielle (IA) sur la capacité des apprenants à générer des hypothèses efficaces, un élément clé dans le processus d'apprentissage et de prise de décision. Les variables indépendantes prises en compte incluent une série de caractéristiques inhérentes à l'apprenant, telles que l'âge, le niveau d'éducation et le style d'apprentissage. Ces facteurs sont essentiels pour comprendre comment différentes populations réagissent à l'utilisation de l'IA dans un cadre pédagogique. D'autre part, la qualité des décisions prises dans un contexte simulé constitue notre variable dépendante, reflétant l'efficacité avec laquelle les apprenants sont capables de formuler et d'évaluer des hypothèses après interaction avec l'IA.

La troisième question de recherche s'intéresse à la manière dont l'utilisation des technologies d'intelligence artificielle (IA) peut servir de levier pour améliorer l'évaluation des risques et la prise de décision chez les apprenants. Les variables indépendantes examinées comprennent divers aspects des modalités d'apprentissage, tels que la fréquence à laquelle les apprenants utilisent l'outil d'IA, les consignes et instructions qui leur sont fournies pour naviguer et interagir avec cet outil, ainsi que le type de support pédagogique utilisé pour accompagner l'apprentissage (par exemple, tutoriels, vidéos). Ces différents facteurs sont considérés pour comprendre comment ils influencent l'efficacité de l'IA en tant qu'aide à la décision. La variable dépendante, quant à elle, mesure le taux de réussite des apprenants dans des situations réelles, évalué par le nombre de décisions positives prises dans le cadre de l'étude de cas entretenue lors de l'expérience. L'objectif est de déterminer si l'intégration de l'IA dans le processus d'apprentissage, en fonction des modalités spécifiques de son utilisation, peut significativement améliorer la capacité des apprenants à évaluer les risques et à prendre des décisions mieux informées, contribuant ainsi de manière mesurable à leur succès dans des contextes pratiques.

Pour évaluer l'impact de l'intelligence artificielle (IA) sur la compréhension, la génération d'hypothèses et la prise de décision éclairée des apprenants, l'outil de mesure principal utilisé à travers les trois questions de recherche abordées est un questionnaire sous format papier. Concernant la deuxième question de recherche, dans l'étude de la capacité à générer des hypothèses, une analyse des réponses est prévue à l'aide d'échelles de notation standardisées évaluant la qualité des décisions prises par les étudiants dans le contexte de notre expérience. Enfin, pour examiner comment l'IA aide les apprenants à évaluer les risques et à prendre des décisions éclairées, nous avons opté pour l'analyse de données quantitatives issues de performances réelles, notamment le nombre de décisions positives en situations réelles. Chaque outil a été soigneusement sélectionné pour s'aligner avec les objectifs spécifiques de la recherche. L'administration du questionnaire se fait à la fin de l'expérience tandis que l'analyse des réponses et l'analyse de données quantitatives se font ultérieurement.

Analyses des données :

Commençons par la première question de recherche, pour vérifier la relation entre la perception de l'apprenant sur sa propre capacité à prendre des décisions et le type d'outil d'IA, spécifiquement un assistant conversationnel. Nous allons considérer que la variable indépendante de cette question concerne le type d'outil

d'IA utilisé dans l'expérience. Elle est composée de quatre indicateurs. Quant à la variable Dépendante qui est la perception de l'apprenant sur sa propre capacité à prendre des décisions, elle est aussi composée de quatre indicateurs. Nous allons les confronter pour vérifier l'existence de relation entre eux.

La deuxième question de recherche s'intéresse à l'impact potentiel de l'intelligence artificielle (IA) sur la capacité des apprenants à générer des hypothèses, en analysant comment les caractéristiques individuelles des apprenants (âge, degré de confiance dans les décisions prises pendant l'expérience, et Satisfaction des apprenants envers les décisions prises pendant l'expérience) influencent l'efficacité de l'IA dans ce processus. Cette partie vise à évaluer la relation entre ces caractéristiques personnelles, considérées comme des variables indépendantes, et la qualité des décisions prises par les apprenants dans le cadre de l'expérience, qui agit en tant que variable dépendante. L'objectif principal est de déterminer comment améliorer l'utilisation de l'IA en tant qu'outil pédagogique, en mettant en lumière la nécessité de personnaliser les approches d'apprentissage assisté par l'IA en fonction des caractéristiques individuelles de chaque apprenant pour maximiser la qualité des décisions prises.

Les variables indépendantes étant une variable quantitative continue et deux variables qualitatives nominales, et la variable dépendante est une variable quantitative continue. Cela nous mène à utiliser les combinaisons suivantes :

- Le coefficient de corrélation de Pearson : pour calculer le degré de corrélation entre l'âge et la qualité de prise des décisions.
- Le test t de Student pour échantillons indépendants (puisque la variable nominale a seulement deux catégories) : pour tester le rapport entre les deux variables qualitatives nominales (Degré de confiance dans les décisions prises pendant l'expérience et la satisfaction des apprenants envers les décisions prises pendant l'expérience) et la variable quantitative continue (la qualité de prise des décisions)

La troisième question de recherche explore le potentiel des technologies d'intelligence artificielle (IA) à améliorer la capacité des apprenants à évaluer les risques et à prendre des décisions éclairées. Elle se concentre sur l'influence de différentes modalités d'apprentissage, telles que la fréquence d'utilisation d'outils d'IA, le type de consignes et d'instructions fournies à l'apprenant, ainsi que le support pédagogique employé (par exemple, tutoriels ou vidéos), considérées ici comme des variables indépendantes, sur le taux de réussite des apprenants dans des situations réelles, mesuré à travers le nombre de décisions positives prises au cours de l'expérience, qui agit comme la variable dépendante. L'objectif est de déterminer le lien entre les méthodes d'enseignement IA-spécifiques et le succès dans la prise de décisions réelles.

Les variables indépendantes étant des variables qualitatives nominales (Fréquence d'utilisation de l'outil d'IA, consignes, et support pédagogique), et la variable dépendante est une variable quantitative continue (Taux de réussite dans des situations réelles). Cela nous mène à utiliser le chi-deux pour tendance puisque la variable discrète est ordinale, ce test permet de détecter une tendance à travers les catégories ordinales en fonction des groupes nominaux.

4 Les résultats

La section résultats de cet article aborde une exploration méthodique de l'impact de l'intelligence artificielle (IA) sur le développement des compétences décisionnelles des apprenants. Notre enquête structurée autour de trois questions de recherche interdépendantes, cherche à élucider comment l'IA peut transformer le paysage de l'apprentissage et de la prise de décision. Premièrement, nous examinons la capacité de l'IA à enrichir la compréhension des apprenants concernant les données et informations cruciales pour prendre des décisions informées. La deuxième question de recherche se focalise sur le rôle potentiel de l'IA dans la facilitation de la génération d'hypothèses par les apprenants, une étape clé dans le processus de prise de décision. Enfin, notre troisième interrogation aborde l'efficacité de l'IA dans le renforcement de la capacité des apprenants à évaluer les risques, visant à promouvoir une prise de décision plus éclairée et stratégique. Les résultats obtenus jettent une lumière nouvelle sur le potentiel de l'IA comme outil pédagogique augmentant, non seulement la capacité d'analyse critique, mais aussi l'autonomie dans la prise de décision des apprenants.

La première question de recherche traite comment l'IA peut-elle aider les apprenants à mieux comprendre les informations pertinentes pour la prise de décision. La variable Indépendante de cette question concerne le type d'outil d'IA utilisé dans l'expérience. Elle est composée de quatre indicateurs. Quant à la variable Dépendante qui est la perception de l'apprenant sur sa propre capacité à prendre des décisions, elle

est aussi composée de quatre indicateurs. Nous allons les confronter pour vérifier l'existence d'une relation entre eux comme le montre le tableau suivant :

Tableau 26. Tableau de confrontation des indicateurs de la variable indépendante avec les indicateurs de la variable dépendante

Variables nominales	
Indépendante : Type d'outil d'IA Assistant conversationnel	Dépendante : Perception de l'apprenant sur sa propre capacité à prendre des décisions
Fréquence d'utilisation de l'outil de l'IA	Confiance dans la prise de décision
Type d'interaction avec l'outil de l'IA	Efficacité perçue de l'outil de l'IA
Fonctionnalités de l'outil de l'IA utilisées	Application des connaissances dans des décisions réelles
Satisfaction avec l'outil de l'IA	Autonomie dans la prise de décision

Cette disposition suit une succession logique des résultats mais elle n'empêche pas de proposer d'autres dispositions. Nous exposons les résultats obtenus en utilisant le logiciel SPSS :

La première combinaison concerne l'effet de la fréquence d'utilisation de l'assistant conversationnel par l'apprenant sur sa confiance dans la prise de décision :

Tableau 27. Tableau croisé des fréquences d'utilisation et de la confiance dans la prise des décisions chez les apprenants

Tableau croisé Fréquence utilisation * Confiance prise décisions

Effectif

		Confiance prise décisions			Total
		Très confiant	Confiant	Moyennement confiant	
Fréquence utilisation	Très souvent	95	1	0	96
	Souvent	0	30	19	49
Total		95	31	19	145

Tableau 28. Tableau de calcul de khi-carré concernant les fréquences d'utilisation et la confiance dans la prise des décisions chez les apprenants

Tests du khi-carré

	Valeur	ddl	Signification asymptotique (bilatérale)
khi-carré de Pearson	140,675 ^a	2	,000
Rapport de vraisemblance	176,664	2	,000
N d'observations valides	145		

a. 0 cellules (,0%) ont un effectif théorique inférieur à 5. L'effectif théorique minimum est de 6,42.

Tableau 29. Tableau de calcul des mesures symétriques : Phi, Vde Cramer et Coefficient de contingence

Mesures symétriques

		Valeur	Signification approximative
Nominal par Nominal	Phi	,985	,000
	V de Cramer	,985	,000
	Coefficient de contingence	,702	,000
N d'observations valides		145	

La deuxième combinaison concerne l'effet du type d'interaction de l'outil de l'IA utilisé par l'apprenant sur son efficacité perçue à prendre des décisions rapidement :

Tableau 30. Tableau croisé des Interactions des apprenants avec l'efficacité perçue dans la prise de décision rapidement chez les apprenants

Tableau croisé Interaction des étudiants * prise décision rapidement

Effectif

		prise décision rapidement			Total	
		Absolument	Oui	Moyennement		
Interaction des étudiants	Textuel	1	54	50	8	113
	Vocal	0	0	15	17	32
Total		1	54	65	25	145

Tableau 31. Tableau de calcul de khi-carré concernant les Interactions des apprenants avec l'efficacité perçue dans la prise de décision rapidement.

Tests du khi-carré

	Valeur	ddl	Signification asymptotique (bilatérale)
khi-carré de Pearson	46,280 ^a	3	,000
Rapport de vraisemblance	51,486	3	,000
N d'observations valides	145		

a. 2 cellules (25,0%) ont un effectif théorique inférieur à 5. L'effectif théorique minimum est de ,22.

Tableau 32. Tableau de calcul des mesures symétriques : Phi, Vde Cramer et Coefficient de contingence

Mesures symétriques

		Valeur	Signification approximative
Nominal par Nominal	Phi	,565	,000
	V de Cramer	,565	,000
	Coefficient de contingence	,492	,000
N d'observations valides		145	

La troisième combinaison concerne l'effet des fonctionnalités de l'outil de l'IA utilisées sur l'application des connaissances dans des situations de décisions réelles :

Tableau 33. Tableau croisé des fonctionnalités de l'outil de l'IA et l'application des connaissances dans des situations de décisions réelles

Tableau croisé fonctionnalités assistant * Application connaissances

Effectif

		Application connaissances			Total
		Très capable	Capable	Moyennement capable	
Fonctionnalités assistant	Recherche d'informations	35	51	0	86
	Résolution de problèmes	0	4	7	11
	Exercices de pratique	6	26	16	48
Total		41	81	23	145

Tableau 34. Tableau de calcul de khi-carré concernant les fonctionnalités de l'outil de l'IA et l'application des connaissances dans des situations de décisions réelles chez les apprenants.

Tests du khi-carré

	Valeur	ddl	Signification asymptotique (bilatérale)
khi-carré de Pearson	51,690 ^a	4	,000
Rapport de vraisemblance	59,968	4	,000

N d'observations valides	145		
--------------------------	-----	--	--

a. 2 cellules (22,2%) ont un effectif théorique inférieur à 5. L'effectif théorique minimum est de 1,74.

Tableau 35. Tableau de calcul des mesures symétriques : Phi, Vde Cramer et Coefficient de contingence.

		Mesures symétriques	
		Valeur	Signification approximative
Nominal par Nominal	Phi	,597	,000
	V de Cramer	,422	,000
	Coefficient de contingence	,513	,000
N d'observations valides		145	

La quatrième combinaison concerne l'effet de la satisfaction de l'apprenant envers l'outil sur son autonomie dans la prise de décision :

Tableau 36. Tableau croisé de la satisfaction des apprenants et du Sentiment d'autonomie dans les décisions après l'utilisation de l'assistant de l'IA

Tableau croisé Satisfaction étudiants * Sentiment autonomie

Effectif

		Sentiment autonomie			Total
		Absolument	Oui	Moyennement	
Satisfaction étudiants	Très satisfait	72	14	0	86
	Satisfait	0	8	3	11
	Moyennement satisfait	11	29	8	48
Total		83	51	11	145

Tableau 37. Tableau de calcul de khi-carré concernant la satisfaction des apprenants et du Sentiment d'autonomie dans les décisions après l'utilisation de l'assistant de l'IA

Tests du khi-carré

	Valeur	ddl	Signification asymptotique (bilatérale)
khi-carré de Pearson	65,907 ^a	4	,000
Rapport de vraisemblance	76,313	4	,000
N d'observations valides	145		

a. 3 cellules (33,3%) ont un effectif théorique inférieur à 5. L'effectif théorique minimum est de ,83.

Tableau 38. Tableau de calcul des mesures symétriques : Phi, Vde Cramer et Coefficient de contingence

		Mesures symétriques	
		Valeur	Signification approximative
Nominal par Nominal	Phi	,674	,000
	V de Cramer	,477	,000
	Coefficient de contingence	,559	,000
N d'observations valides		145	

Tableau 39. Tableau de calcul des mesures symétriques : Phi, Vde Cramer et Coefficient de contingence

		Mesures symétriques	
		Valeur	Signification approximative
Nominal par Nominal	Phi	,674	,000
	V de Cramer	,477	,000
	Coefficient de contingence	,559	,000

N d'observations valides	145
--------------------------	-----

La réponse à la deuxième question de recherche de notre étude révèle l'influence significative de l'intelligence artificielle (IA) dans le processus de génération d'hypothèses par les apprenants, et ce, en tenant compte de différentes variables indépendantes telles que l'âge, le degré de confiance dans les décisions prises pendant l'expérience et la satisfaction envers les décisions prises pendant l'expérience. Le tableau suivant résume les variables indépendantes et les variables dépendantes :

Tableau 40. Tableau de confrontation des variables indépendantes et de la variable dépendante de la deuxième question de recherche

Variables	
Indépendante : Caractéristiques de l'apprenant	Dépendante : Qualité des décisions prises dans le contexte de l'expérience
Âge	Qualité des décisions prises dans le contexte de l'expérience
Degré de confiance dans les décisions prises pendant l'expérience ?	
Satisfaction des apprenants envers les décisions prises pendant l'expérience	

La première combinaison traite l'effet de l'âge sur la qualité des décisions prises dans le contexte de l'expérience. Il s'agit de la corrélation d'une variable quantitative continue avec une variable quantitative continue.

Tableau 41. Tableau des statistiques descriptives de la première combinaison de l'âge avec la qualité de décisions

Statistiques descriptives			
	Moyenne	Ecart type	N
Âge	2,12	,997	145
Qualité décision	1,74	,842	145

Tableau 42. Tableau de calcul des corrélations de la première combinaison de l'âge avec la qualité de décisions

		Âge	Qualité décision
Âge	Corrélation de Pearson	1	,760**
	Sig. (bilatérale)		,000
	N	145	145
Qualité décision	Corrélation de Pearson	,760**	1
	Sig. (bilatérale)	,000	
	N	145	145

** . La corrélation est significative au niveau 0.01 (bilatéral).

La deuxième combinaison concerne l'effet du degré de confiance dans les décisions prises par les apprenants pendant l'expérience sur la qualité des décisions prises dans le contexte de l'expérience. Il s'agit de la relation entre une variable qualitative nominale avec une variable quantitative continue.

Tableau 43. Tableau de calcul de test des échantillons indépendants concernant l'effet du degré de confiance sur la qualité des décisions

		Test des échantillons indépendants								
		Test de Levene sur l'égalité des variances		Test t pour égalité des moyennes						
		F	Sig.	t	ddl	Sig. (bilatéral)	Différence moyenne	Différence erreur standard	Intervalle de confiance de la différence à 95 %	
								Inférieur		Supérieur
Qualité décision	Hypothèse de variances égales	5,255	,023	-10,533	141	,000	-1,777	,169	-2,111	-1,444
	Hypothèse de variances inégales			-13,368	22,687	,000	-1,777	,133	-2,052	-1,502

La troisième combinaison concerne l'effet de la satisfaction des étudiants envers les décisions prises pendant l'expérience sur la qualité des décisions prises dans le contexte de l'expérience. Il s'agit de la relation entre une variable qualitative nominale et une variable quantitative continue.

Tableau 44. Tableau des statistiques de groupe concernant l'effet de la satisfaction des apprenants sur la qualité des décisions

Statistiques de groupe						
	Satisfaction_SAT2	N	Moyenne	Ecart type	Moyenne erreur standard	
Qualité décision	Très satisfait	122	1,49	,606	,055	
	Pas du tout satisfait	23	3,04	,706	,147	

Tableau 45. Tableau de calcul de test des échantillons indépendants concernant l'effet de la satisfaction des apprenants sur la qualité des décisions

		Test des échantillons indépendants								
		Test de Levene sur l'égalité des variances		Test t pour égalité des moyennes						
		F	Sig.	t	ddl	Sig. (bilatéral)	Différence moyenne	Différence erreur standard	Intervalle de confiance de la différence à 95 %	
								Inférieur		Supérieur
Qualité décision	Hypothèse de variances égales	3,979	,048	-10,962	143	,000	-1,552	,142	-1,831	-1,272
	Hypothèse de variances inégales			-9,880	28,450	,000	-1,552	,157	-1,873	-1,230

La troisième question de recherche traite comment l'IA peut-elle aider les apprenants à évaluer les risques et à prendre des décisions plus éclairées ? La variable Indépendante de cette question, étant quantitative nominale, concerne les modalités d'apprentissage qui sont la fréquence d'utilisation de l'outil d'IA, la clarté des consignes et instructions données avec l'outil d'IA à l'apprenant et enfin les types de supports pédagogiques associés à l'outil d'IA. La variable dépendante, étant quantitative discrète, concerne le taux de réussite dans des situations réelles. Nous allons les confronter pour vérifier s'il y a une corrélation entre eux comme le montre le tableau suivant :

Tableau 46. Tableau de confrontation des variables indépendantes et de la variable dépendante de la troisième question de recherche

Variables	
Indépendante : les modalités d'apprentissage	Dépendante : le taux de réussite dans des situations réelles

La fréquence d'utilisation de l'outil d'IA	Le taux de réussite dans des situations réelles
La clarté des consignes et instructions données avec l'outil d'IA à l'apprenant	
Les types de supports pédagogiques associés à l'outil d'IA	

La première combinaison concerne l'effet de la fréquence d'utilisation de l'outil d'IA sur le taux de réussite dans des situations réelles. Il s'agit de la relation entre une variable qualitative nominale avec une variable quantitative continue.

Tableau 47. Tableau de résultats du test de Kruskal-Wallis concernant l'effet de la fréquence d'utilisation sur le taux de réussite

Récapitulatif du test d'hypothèse

	Hypothèse nulle	Test	Sig.	Décision
1	La distribution de Taux de réussite dans des situations réelles est identique sur les catégories de Fréquence utilisation.	Test de Kruskal-Wallis d'échantillon s indépendant s	,000	Rejeter l'hypothèse nulle.

Les significations asymptotiques sont affichées. Le niveau de significat est ,05.

La deuxième combinaison concerne l'effet de la clarté des consignes et instructions données avec l'outil d'IA à l'apprenant sur le taux de réussite dans des situations réelles. Il s'agit de la relation entre une variable qualitative nominale et une variable quantitative continue.

Tableau 48. Tableau de résultats du test de Kruskal-Wallis concernant l'effet de la clarté des consignes sur le taux de réussite

Récapitulatif du test d'hypothèse

	Hypothèse nulle	Test	Sig.	Décision
1	La distribution de Taux de réussite dans des situations réelles est identique sur les catégories de Evaluation clarté.	Test de Kruskal-Wallis d'échantillon s indépendant s	,000	Rejeter l'hypothèse nulle.

Les significations asymptotiques sont affichées. Le niveau de significat est ,05.

La troisième combinaison concerne l'effet des types de supports pédagogiques associés à l'outil d'IA sur le taux de réussite dans des situations réelles. Il s'agit de la corrélation d'une variable qualitative nominale avec une variable quantitative continue.

Tableau 49. Tableau de résultats du test de Kruskal-Wallis concernant l'effet du type de support sur le taux de réussite

Récapitulatif du test d'hypothèse				
	Hypothèse nulle	Test	Sig.	Décision
1	La distribution de Taux de réussite dans des situations réelles est identique sur les catégories de Type support.	Test de Kruskal-Wallis d'échantillons indépendants	,000	Rejeter l'hypothèse nulle.

Les significations asymptotiques sont affichées. Le niveau de significat est ,05.

Ces résultats suggèrent que l'IA ne se contente pas de fournir une assistance passive, mais joue un rôle actif et personnalisé dans le développement des compétences de prise de décision et d'évaluation des risques chez les apprenants, soulignant l'importance de concevoir des modalités d'apprentissage IA-centrées et bien structurées pour optimiser les performances et les compétences décisionnelles dans des contextes réels.

5 La discussion

Dans cette partie, nous allons discuter des principaux résultats obtenus lors de notre étude et les mettre en perspective avec les connaissances actuelles dans ce domaine. Nous explorerons les implications de nos découvertes, en soulignant comment elles contribuent à la compréhension actuelle du sujet et en discutant des possibles directions pour les recherches futures. Nous évoquerons également les limites potentielles de notre étude et proposerons des pistes pour les surmonter. Enfin, nous discuterons des applications pratiques et théoriques de nos résultats dans le contexte plus large de la discipline.

La première question de recherche traite comment l'IA peut-elle aider les apprenants à mieux comprendre les informations pertinentes pour la prise de décision. La variable Indépendante de cette question concerne le type d'outil d'IA utilisé dans l'expérience. Elle est composée de quatre indicateurs. Quant à la variable Dépendante qui est la perception de l'apprenant sur sa propre capacité à prendre des décisions, elle est aussi composée de quatre indicateurs. Nous avons alors structuré notre analyse autour de quatre combinaisons clés entre variables indépendantes et dépendantes pour mesurer divers aspects de l'interaction entre l'apprenant et l'IA.

1. Effet de la fréquence d'utilisation de l'assistant conversationnel sur la confiance dans la prise de décision : Cette combinaison évalue comment l'utilisation régulière d'un assistant conversationnel peut influencer la confiance des apprenants dans leurs décisions. La sous hypothèse est que plus fréquente est l'utilisation, plus grande est la confiance acquise par l'apprenant dans la prise de décision. Les résultats obtenus à partir des calculs statistiques indiquent une relation très significative entre la fréquence d'utilisation de l'assistant conversationnel (variable indépendante) et la confiance de l'apprenant dans sa prise de décision (variable dépendante). Le test du khi-carré de Pearson, avec une valeur de 140,675 et 2 degrés de liberté, montre une signification asymptotique bilatérale de 2,8373E-31 très inférieure à 0,001. Cette valeur extrêmement faible suggère que la probabilité que la relation observée entre les deux variables soit due au hasard est pratiquement nulle. Autrement dit, il est très probable que l'utilisation fréquente de l'assistant conversationnel ait un impact significatif sur la confiance des apprenants dans leurs décisions. La mention que 0 cellules (0%) ont un effectif théorique inférieur à 5, avec un effectif théorique minimum de 6,42, indique que les données sont suffisamment réparties pour que les résultats du test soient fiables. Cette distribution adéquate des effectifs dans les catégories assure que les résultats du test du khi-carré sont valides et ne sont pas biaisés par une distribution inégale des fréquences observées.

De plus, le rapport de vraisemblance, qui est une autre mesure statistique utilisée pour tester l'indépendance des variables, présente une valeur de 176,664 avec également 2 degrés de liberté et une signification asymptotique bilatérale encore plus faible de 4,343E-39 et très inférieure à 0,001. Cela renforce la conclusion que la relation entre l'utilisation de l'assistant conversationnel et la confiance dans la prise de décision est très forte. En conclusion, ces analyses statistiques montrent clairement que l'utilisation de l'assistant conversationnel est étroitement liée à une augmentation de la confiance des apprenants dans leur capacité à prendre des décisions. Cela pourrait impliquer que des interventions visant à augmenter l'utilisation de tels outils pourraient être bénéfiques pour améliorer la confiance des apprenants dans leurs jugements et décisions.

2. Effet du type d'interaction de l'outil d'IA sur l'efficacité perçue à prendre des décisions rapidement : Ici, nous examinons si le mode d'interaction (par exemple, textuel, vocal) avec l'outil d'IA affecte la rapidité avec laquelle les apprenants se sentent capables de prendre des décisions. L'efficacité perçue peut varier selon que l'outil permet une interaction plus intuitive ou plus formelle.

Les résultats obtenus à partir des calculs statistiques montrent une relation significative entre le type d'interaction avec l'assistant conversationnel et la capacité des utilisateurs à prendre des décisions rapidement. Le test du khi-carré de Pearson donne une valeur de 46,28 avec 3 degrés de liberté et une signification asymptotique bilatérale extrêmement de 4,9453E-10 très faible à 0,001. Cette valeur indique que la probabilité que la relation observée entre le type d'interaction et la rapidité de prise de décision soit due au hasard est pratiquement nulle. Cela suggère une influence notable du mode d'interaction sur la capacité de prise de décision rapide.

Le rapport de vraisemblance, une autre mesure statistique pour évaluer l'indépendance des variables, confirme ces résultats avec une valeur de 51,486 et une signification encore plus faible de 3,8542E-11 (très faible à 0,001). Cette concordance des résultats renforce la validité de l'association entre le type d'interaction et la rapidité de prise de décision.

Cependant, il est important de noter que 2 cellules (25,0%) présentent un effectif théorique inférieur à 5, avec un minimum de 0,22. Cela pourrait indiquer que certaines catégories de données sont moins bien représentées, ce qui peut potentiellement affecter la précision des estimations du khi-carré. Pour enrichir et renforcer l'interprétation des résultats obtenus à partir des tests du khi-carré, nous adoptons des mesures symétriques telles que le Phi, le V de Cramer et le Coefficient de contingence. Le Phi et le V de Cramer, ayant la même valeur dans ce contexte, indiquent une association moyenne à forte entre les variables. Le Phi et le V de Cramer sont des mesures de la force de l'association pour les tables de contingence. Ici, une valeur de 0,564952 suggère que le type d'interaction avec l'assistant conversationnel a un impact significatif et non négligeable sur la rapidité de prise de décision des utilisateurs. La signification approximative de 4,9453E-10 (très inférieure à 0,001) pour ces deux mesures confirme la très faible probabilité que cette association soit due au hasard.

Le coefficient de contingence (0,491882), bien qu'il indique une association significative (avec la même signification approximative de 4,9453E-10 très inférieure à 0,001), est légèrement inférieure aux valeurs de Phi et de V de Cramer. Le coefficient de contingence, ajusté pour la taille de la table, montre aussi une relation forte, mais il est important de noter qu'il est limité par un maximum théorique moins de 1, ce qui peut expliquer pourquoi il est inférieur aux autres mesures. Cela indique une dépendance notable, mais il reconnaît également les limites de la force de l'association en raison de la structure de la table de contingence.

Ces mesures, en étant cohérentes avec les résultats du test du khi-carré, renforcent la conclusion que le type d'interaction (textuel ou vocal) joue un rôle crucial dans la rapidité avec laquelle les utilisateurs peuvent prendre des décisions en utilisant un assistant conversationnel. La présence d'une association forte et significative suggère que les concepteurs d'assistants conversationnels devraient considérer ces résultats lors de la conception de leurs systèmes, en optimisant le type d'interaction pour faciliter une prise de décision rapide et efficace.

3. Effet des fonctionnalités de l'outil d'IA sur l'application des connaissances dans des situations de décisions réelles : Cette analyse vise à déterminer si les fonctionnalités spécifiques de l'outil (comme l'analyse de données ou la génération de résumés) améliorent la capacité des apprenants à appliquer ce qu'ils ont appris dans des scénarios de prise de décision réels.

Dans le cadre de l'évaluation de l'impact des fonctionnalités de l'outil d'intelligence artificielle sur l'application des connaissances dans des situations de décisions réelles, nos analyses statistiques fournissent des conclusions significatives. Les tests du khi-carré de Pearson révèlent une valeur de 51,69 avec un degré de liberté de 4 et une signification asymptotique bilatérale extrêmement faible

à 0,001 (1,6015E-10), indiquant une relation très significative entre les fonctionnalités de l'IA et l'efficacité de l'application des connaissances dans des contextes décisionnels réels. Bien que 22,2% des cellules aient un effectif théorique inférieur à 5, ce qui pourrait suggérer une prudence dans l'interprétation des résultats, le rapport de vraisemblance de 59,96 avec une signification encore plus faible (2,9457E-12) renforce la robustesse de ces conclusions. L'hypothèse nulle est ainsi rejetée.

Les mesures symétriques complémentaires telles que le Phi (0,597), le V de Cramer (0,422) et le Coefficient de contingence (0,513) confirment la force de cette association. Ces indices, tous significatifs au même niveau (1,6015E-10), illustrent une corrélation moyenne à forte entre les fonctionnalités de l'outil d'IA et la capacité des utilisateurs à appliquer efficacement les connaissances acquises dans des situations pratiques. Ces résultats suggèrent que certaines fonctionnalités de l'outil d'IA pourraient être particulièrement efficaces pour améliorer la prise de décision basée sur des connaissances dans des contextes réels, soulignant l'importance de l'intégration judicieuse de ces technologies dans les processus décisionnels. Cette analyse devrait inciter à une exploration plus approfondie des spécificités des fonctionnalités qui contribuent le plus à cette capacité améliorée, afin de guider le développement futur des outils d'IA pour maximiser leur efficacité dans des applications pratiques.

4. Effet de la satisfaction de l'apprenant envers l'outil sur son autonomie dans la prise de décision : Enfin, nous explorons comment la satisfaction globale avec l'outil d'IA influence le sentiment d'autonomie des apprenants dans leurs décisions. Une satisfaction élevée pourrait être associée à une plus grande indépendance dans la prise de décisions.

Les résultats obtenus à partir des calculs statistiques indiquent une relation significative entre la satisfaction de l'apprenant envers l'outil et son autonomie dans la prise de décision. Le test du khi-carré de Pearson affiche une valeur élevée de 65,9 avec un degré de liberté (ddl) de 4, et une signification asymptotique bilatérale extrêmement faible (1,6569E-13), ce qui suggère que la relation entre ces deux variables est statistiquement significative et non due au hasard. Cependant, il est important de noter que 33,3% des cellules ont un effectif théorique inférieur à 5, avec un minimum de 0,83, ce qui peut affecter la fiabilité de l'interprétation des résultats obtenus à partir des calculs statistiques. Le rapport de vraisemblance, avec une valeur encore plus élevée de 76,3 et une signification très faible de 1,0512E-15, renforce cette conclusion, indiquant une forte dépendance entre ces deux variables.

Les mesures symétriques telles que le Phi (0,674), le V de Cramer (0,477), et le Coefficient de contingence (0,559) montrent également des valeurs significatives très faibles (1,6569E-13), ce qui indique une corrélation notable entre la satisfaction des apprenants et leur autonomie dans la prise de décision. Le Phi, en particulier, révèle une association relativement forte, tandis que le V de Cramer et le Coefficient de contingence, bien que légèrement inférieurs, confirment également une relation significative. Ces résultats suggèrent que plus un apprenant est satisfait de l'outil, plus il est susceptible de se sentir autonome dans ses décisions. Cette découverte pourrait avoir des implications importantes pour la conception et l'amélioration des outils éducatifs, soulignant l'importance de l'expérience utilisateur positive pour renforcer l'autonomie des apprenants.

La deuxième question de recherche de notre étude explore le potentiel de l'intelligence artificielle (IA) dans l'assistance aux apprenants pour la génération d'hypothèses. Cette question se focalise sur la capacité de l'IA à proposer des solutions alternatives, à identifier les causes possibles d'un problème, et à générer des scénarios de résultats variés. L'hypothèse sous-jacente est que l'IA, en fournissant ces capacités, peut enrichir le processus de réflexion des apprenants et améliorer la qualité de leurs décisions. Pour examiner cette hypothèse, nous considérons les caractéristiques individuelles des apprenants comme variables indépendantes, incluant l'âge (une variable continue), le niveau d'éducation (une variable catégorique) et le style d'apprentissage (une variable catégorique). La variable dépendante de notre étude est la qualité des décisions prises par les apprenants dans le contexte expérimental, mesurée quantitativement. Cette approche nous permet d'évaluer comment les caractéristiques personnelles des apprenants interagissent avec les outils d'IA pour influencer leur capacité à formuler des hypothèses efficaces et pertinentes. Nous avons confronté les trois constituants de la variable indépendante avec la variable dépendante selon les combinaisons suivantes :

La première combinaison traite l'effet de l'âge sur la qualité des décisions prises dans le contexte de l'expérience. Il s'agit de la corrélation d'une variable quantitative continue avec une variable quantitative continue.

Les résultats obtenus montrent une corrélation positive forte (0,760) entre l'âge des participants et la qualité des décisions prises, avec une signification bilatérale très faible (1,5753E-28). Cette corrélation

positive indique que, dans le contexte de cette expérience, à mesure que l'âge des participants augmente, la qualité de leurs décisions s'améliore également. D'autre part, les statistiques descriptives fournissent un contexte supplémentaire pour cette analyse. Avec une moyenne d'âge de 2,12 (et un écart type de 0,997) et une moyenne de qualité de décision de 1,74 (et un écart type de 0,842), les deux variables montrent une dispersion modérée autour de leur moyenne respective. Le nombre de participants ($N = 145$) fournit une base solide pour la fiabilité des résultats statistiques.

L'interprétation de cette corrélation positive pourrait suggérer plusieurs mécanismes potentiels. D'une part, il se pourrait que les individus plus âgés aient accumulé plus d'expérience ou de connaissances, ce qui les aide à prendre de meilleures décisions. Alternativement, cela pourrait indiquer que les capacités cognitives liées à la prise de décision, telles que la sagesse pratique ou la capacité à gérer l'ambiguïté, s'améliorent ou se stabilisent avec l'âge. Ces résultats ont des implications pratiques importantes, notamment pour la conception de programmes de formation et de développement, où l'âge des participants peut être pris en compte pour personnaliser les méthodes et les contenus. De plus, cela peut influencer la façon dont les outils d'aide à la décision basés sur l'IA sont adaptés aux différents groupes d'âge, en exploitant les forces des utilisateurs plus âgés tout en soutenant leurs décisions.

La deuxième combinaison concerne l'effet du degré de confiance dans les décisions prises par les apprenants pendant l'expérience sur la qualité des décisions prises dans le contexte de l'expérience. Il s'agit de la relation entre une variable qualitative nominale avec une variable quantitative continue.

Les résultats obtenus à partir du Test t de Student pour échantillons indépendants montrent une différence significative dans la qualité des décisions prises en fonction du degré de confiance exprimé par les participants pendant l'expérience. Les statistiques de groupe indiquent que les participants qui se sentaient "extrêmement confiants" dans leurs décisions avaient une moyenne de qualité de décision de 1,54, tandis que ceux qui n'étaient "pas du tout confiants" avaient une moyenne significativement plus élevée de 3,31. Cela suggère que les participants moins confiants ont pris des décisions de meilleure qualité, ce qui est contre-intuitif.

Le Test de Levene a confirmé une différence significative dans les variances entre les deux groupes ($\text{sig} = 0,023$), indiquant que les variances ne sont pas égales. Cela a mené à l'utilisation de l'hypothèse de variances inégales pour le Test t, qui a également montré une différence significative entre les groupes avec un t-value de -13,368 et une signification bilatérale extrêmement faible ($3,0654\text{E-}12$), renforçant la validité des résultats. En plus, l'intervalle de confiance pour la différence des moyennes (avec variances inégales) va de -2,052 à -1,502, confirmant que la différence n'est pas due au hasard et que les participants moins confiants ont effectivement pris des décisions de meilleure qualité que leurs homologues plus confiants.

Cette relation peut être interprétée de plusieurs manières :

1. Calibration de la confiance : Les participants moins confiants pourraient être plus prudents ou plus méticuleux dans leur prise de décision, menant à des choix de meilleure qualité. En revanche, ceux qui sont extrêmement confiants pourraient être sujets à un excès de confiance, ce qui peut souvent mener à des erreurs de jugement.

2. Effet Dunning-Kruger : Ce phénomène psychologique où les individus à faible compétence surestiment leur capacité pourrait expliquer pourquoi ceux qui se sentaient extrêmement confiants avaient des performances inférieures. Ils pourraient ne pas être conscients de leurs lacunes et donc ne pas chercher à améliorer leurs décisions.

3. Impact de la réflexion : Les participants qui doutent de leurs capacités peuvent passer plus de temps à réfléchir et à considérer différentes options avant de prendre une décision, ce qui pourrait mener à de meilleurs résultats.

Ces résultats suggèrent que les programmes de formation et les outils de soutien à la décision devraient éventuellement se concentrer non seulement sur l'amélioration des compétences de décision mais aussi sur la calibration de la confiance des décideurs pour qu'ils évaluent plus précisément leurs propres compétences et limites.

La troisième combinaison traite l'effet de la satisfaction des apprenants envers les décisions prises pendant l'expérience sur la qualité des décisions prises dans le contexte de l'expérience. Il s'agit de la relation d'une variable qualitative nominale avec une variable quantitative continue.

Les résultats obtenus à partir du Test t de Student pour échantillons indépendants montrent une différence significative dans la qualité des décisions prises en fonction de la satisfaction des étudiants vis-à-vis des décisions qu'ils ont prises pendant l'expérience. Les participants qui étaient "très satisfaits" de leurs décisions ont enregistré une moyenne de qualité de décision significativement plus basse (1,49) comparée à ceux qui n'étaient "pas du tout satisfaits" (3,04). Cette observation est contre-intuitive car on pourrait s'attendre à ce que ceux qui sont satisfaits de leurs décisions aient pris de meilleures décisions.

Le Test de Levene a indiqué une différence significative dans les variances entre les deux groupes ($\text{sig} = 0,048$), ce qui justifie l'utilisation de l'hypothèse de variances inégales pour le Test t. Les résultats du

test t sous cette hypothèse montrent une différence significative ($t = -9,880$; $\text{sig} = 1,0622\text{E-}10$) avec une différence moyenne de $-1,552$, confirmant que cette différence de qualité de décision n'est pas due au hasard. En plus, l'intervalle de confiance pour la différence des moyennes, sous l'hypothèse de variances inégales, s'étend de $-1,873$ à $-1,230$, ce qui renforce la robustesse de ces résultats.

Parmi les interprétations possibles de cette relation inattendue pourraient inclure:

1. Effet de complaisance : Les participants très satisfaits de leurs décisions pourraient être moins critiques envers eux-mêmes et moins enclins à remettre en question ou à réévaluer leurs choix, ce qui pourrait mener à des décisions de moindre qualité.

2. Corrélation avec la confiance : Comme vu précédemment avec la confiance, la satisfaction pourrait également être liée à un excès de confiance, où les participants satisfaits pourraient ne pas percevoir les failles dans leurs décisions en raison d'un biais de confirmation.

3. Critères de satisfaction subjectifs : La satisfaction pourrait être basée sur des critères qui ne sont pas nécessairement alignés avec les objectifs ou les résultats objectivement mesurés de la qualité des décisions. Par exemple, un étudiant pourrait se sentir satisfait si la décision prise correspond à ses préférences personnelles ou à des attentes subjectives plutôt qu'à des critères de décision rationnels ou optimaux.

Parmi les implications pratiques de ces résultats : inclure la nécessité de former les participants à être plus critiques et réflexifs concernant leurs propres décisions, même lorsqu'ils se sentent satisfaits, pour éviter la complaisance et promouvoir une prise de décision de meilleure qualité. Des ateliers ou des modules de formation spécifiques pourraient être développés pour aider à aligner la satisfaction personnelle avec les indicateurs objectifs de la qualité des décisions.

La troisième question de recherche de cet article explore le rôle potentiel de l'intelligence artificielle (IA) dans l'amélioration de l'évaluation des risques et de la prise des décisions éclairées chez les apprenants. Nous postulons que l'IA, en évaluant les conséquences des choix et en fournissant des recommandations personnalisées ainsi que des retours sur les décisions prises, peut jouer un rôle déterminant dans l'accroissement du taux de réussite des apprenants dans des situations réelles. Cette recherche se penche sur les modalités d'apprentissage comme variables indépendantes, incluant la fréquence d'utilisation de l'outil d'IA, les consignes et instructions données aux apprenants, ainsi que le support pédagogique utilisé, pour examiner leur influence sur le pourcentage de décisions positives prises par les apprenants. En déchiffrant ces interactions, nous espérons dégager des conclusions sur la manière dont les technologies d'IA peuvent être intégrées dans les processus éducatifs pour renforcer les capacités décisionnelles des apprenants. Nous avons confronté les trois constituants de la variable indépendante avec la variable dépendante selon les combinaisons suivantes :

La première combinaison concerne l'effet de la fréquence d'utilisation de l'outil d'IA sur le taux de réussite dans des situations réelles. Il s'agit d'une relation entre une variable qualitative nominale avec une variable quantitative continue. Puisque la variable discrète est ordinale, un test du chi-deux pour tendance peut être utilisé pour détecter une tendance à travers les catégories ordinales en fonction des groupes nominaux.

L'analyse statistique réalisée à l'aide du test de Kruskal-Wallis a permis de rejeter l'hypothèse nulle, indiquant ainsi que la distribution du taux de réussite dans des situations réelles varie significativement en fonction de la fréquence d'utilisation de l'outil d'IA par les apprenants. Ce résultat, avec une signification très inférieure à $0,001$, suggère une forte association entre l'intensité de l'engagement avec l'outil d'IA et l'amélioration du taux de réussite dans des contextes réels.

Cette relation peut être interprétée de plusieurs manières. Premièrement, une utilisation plus fréquente de l'outil d'IA pourrait permettre aux apprenants d'acquérir une meilleure compréhension des risques associés à différentes décisions, grâce à l'exposition répétée à des feedbacks personnalisés et des recommandations basées sur l'évaluation des conséquences de leurs choix. En effet, l'outil d'IA, en fournissant une analyse approfondie et des conseils adaptés, peut améliorer la capacité des apprenants à anticiper les résultats de leurs actions et à choisir des options qui maximisent les chances de succès. Deuxièmement, l'augmentation du taux de réussite pourrait également être attribuée à l'amélioration des compétences décisionnelles des apprenants au fil du temps, facilitée par l'interaction continue avec l'IA. Cela implique que l'outil d'IA ne se contente pas de fournir des solutions instantanées, mais contribue également à un apprentissage et un développement compétences sur le long terme.

En conclusion, les résultats obtenus soulignent l'importance de l'intégration des technologies d'IA dans les programmes éducatifs, non seulement comme outils d'assistance, mais aussi comme moyens de renforcement des capacités analytiques et décisionnelles des apprenants. Ces propositions pourraient inciter les établissements éducatifs à envisager des stratégies d'implémentation plus robustes et fréquentes de l'IA dans leurs curriculums, pour maximiser les bénéfices pédagogiques et préparer efficacement les étudiants à faire face aux défis complexes du monde réel.

La deuxième combinaison concerne l'effet de la clarté des consignes et instructions données avec l'outil d'IA à l'apprenant sur le taux de réussite dans des situations réelles. Il s'agit d'une relation entre une variable qualitative nominale avec une variable quantitative continue. Nous allons utiliser le même test précédent : test du chi-deux pour tendance.

Les résultats obtenus à partir du test de Kruskal-Wallis montrent une significativité très inférieure à 0,001, ce qui conduit au rejet de l'hypothèse nulle. Cela signifie que la clarté des consignes et instructions données aux apprenants affecte significativement leur taux de réussite dans des situations réelles. Les catégories différentes de clarté des instructions ne produisent pas une distribution uniforme des taux de réussite, indiquant ainsi que la manière dont les informations sont présentées et expliquées joue un rôle crucial dans l'efficacité avec laquelle les apprenants peuvent appliquer leurs connaissances et compétences en pratique.

Cette interprétation souligne l'importance de la clarté dans la communication pédagogique. Des instructions claires et bien structurées aident les apprenants à mieux comprendre les tâches à accomplir, réduisant ainsi les ambiguïtés et les malentendus qui pourraient entraver leur performance. La clarté des consignes permet aux apprenants de se concentrer sur les aspects essentiels des problèmes à résoudre, facilitant ainsi une application plus efficace et plus précise des compétences acquises.

Pour les éducateurs, ces résultats suggèrent que l'amélioration de la clarté des consignes pourrait être une stratégie efficace pour augmenter les taux de réussite des apprenants dans des contextes réels. Cela pourrait impliquer l'utilisation de langage précis, la structuration logique des informations, et la confirmation que les apprenants comprennent bien les instructions avant de procéder à des tâches complexes.

En conclusion, les institutions éducatives pourraient bénéficier de l'intégration de formations spécifiques destinées aux enseignants sur les techniques de communication claire et efficace. De plus, des évaluations régulières de la clarté des matériaux pédagogiques et des consignes pourraient aider à maintenir un niveau élevé de compréhension et d'engagement des apprenants, ce qui est essentiel pour leur succès dans des applications pratiques.

La troisième combinaison concerne l'effet des types de supports pédagogiques associés à l'outil d'IA sur le taux de réussite dans des situations réelles. Il s'agit d'une relation entre une variable qualitative nominale avec une variable quantitative continue. Nous allons la traiter en utilisant le même test : test du chi-deux pour tendance.

Le rejet de l'hypothèse nulle dans les résultats obtenus à partir du test de Kruskal-Wallis, où la significativité est très inférieure à 0,001, indique que le type de supports pédagogiques associés à l'outil d'intelligence artificielle (IA) influence significativement le taux de réussite des apprenants dans des situations réelles. Cela signifie que la manière dont l'information est présentée et structurée à travers les supports pédagogiques a un impact notable sur la capacité des apprenants à appliquer efficacement leurs connaissances et compétences en contexte pratique.

Cette interprétation suggère que certains types de supports pédagogiques sont plus efficaces que d'autres pour faciliter l'apprentissage et l'application des connaissances dans des situations réelles. Par exemple, les tutoriels écrits et les vidéos sont plus engageants et plus efficaces pour 65% des apprenants, en comparaison avec d'autres supports comme les Exercices interactifs (19%) ou les webinaires en direct (16%). L'interaction et la multimodalité pourraient aider à mieux retenir l'information et à développer des compétences pratiques plus robustes. Pour les éducateurs et les concepteurs de programmes d'apprentissage utilisant l'IA, ces résultats soulignent l'importance de choisir ou de développer des supports pédagogiques qui sont non seulement adaptés au contenu enseigné mais aussi à la manière dont les apprenants absorbent et utilisent l'information. Il pourrait être bénéfique d'incorporer une variété de supports pédagogiques et de permettre aux apprenants de choisir ceux qui correspondent le mieux à leurs styles d'apprentissage.

En conclusion, les institutions éducatives et les développeurs de technologies éducatives devraient envisager d'investir dans la recherche et le développement de supports pédagogiques innovants qui maximisent l'efficacité de l'apprentissage via les outils d'IA. Cela pourrait inclure des supports interactifs, des simulations, des jeux éducatifs, ou des vidéos explicatives, qui sont tous susceptibles de renforcer l'engagement des apprenants et d'améliorer leur performance dans des applications réelles. L'évaluation continue de l'efficacité de ces supports dans divers contextes d'apprentissage devrait également faire partie intégrante de l'amélioration des pratiques pédagogiques modernes.

6 La conclusion

En conclusion, cette étude a exploré l'impact significatif de l'utilisation de l'intelligence artificielle (IA) sur le développement des compétences en prise de décision des apprenants dans un cadre pédagogique universitaire. Les résultats obtenus montrent que :

La première question de recherche explore comment l'intelligence artificielle (IA) peut améliorer la compréhension des apprenants des informations essentielles pour la prise de décision. L'IA, à travers différents outils et interactions, offre des résumés et des analyses de données complexes, aidant à identifier des tendances et des corrélations cruciales. L'étude examine l'effet de la fréquence d'utilisation des assistants conversationnels, le type d'interaction de l'outil (textuel ou vocal), les fonctionnalités spécifiques de l'IA, et la satisfaction des apprenants envers ces outils sur leur confiance, rapidité, efficacité dans la prise de décision, et leur autonomie. Les résultats montrent que l'utilisation accrue de l'IA renforce la confiance des apprenants, accélère et améliore la qualité de leurs décisions, et augmente leur autonomie, soulignant l'importance de concevoir des outils d'IA qui sont utilisateurs-amicaux et efficaces pour des applications éducatives et décisionnelles pratiques.

La deuxième question de recherche de l'étude se concentre sur la capacité de l'intelligence artificielle (IA) à aider les apprenants à générer des hypothèses en proposant des solutions alternatives, en identifiant les causes possibles d'un problème et en générant des scénarios de résultats variés. L'étude analyse l'effet de l'âge, du degré de confiance, et de la satisfaction des apprenants sur la qualité de leurs décisions. Les résultats révèlent que les individus plus âgés tendent à prendre de meilleures décisions, possiblement due à une accumulation d'expérience ou à une amélioration des capacités cognitives avec l'âge. Les participants moins confiants ont pris des décisions de meilleure qualité, possiblement en raison d'une plus grande prudence ou d'une meilleure calibration de leur confiance. De plus, ceux très satisfaits de leurs décisions ont tendance à prendre des décisions de moindre qualité, ce qui pourrait indiquer une complaisance ou un excès de confiance. Ces observations suggèrent que les outils d'IA devraient être adaptés pour aider les utilisateurs à évaluer leurs compétences et limites plus précisément, et à être plus critiques et réflexifs dans leur prise de décision.

La troisième question de recherche aborde comment l'intelligence artificielle (IA) peut améliorer l'évaluation des risques et la prise de décisions éclairées chez les apprenants. L'IA, en évaluant les conséquences des choix et en fournissant des recommandations personnalisées et des retours sur les décisions prises, aide significativement à augmenter le taux de réussite des apprenants dans des situations réelles. Les résultats montrent que l'utilisation fréquente de l'outil d'IA améliore la compréhension des risques et les compétences décisionnelles des apprenants, grâce à l'exposition répétée à des analyses approfondies et des conseils adaptés. De plus, la clarté des instructions fournies avec l'outil d'IA et le type de supports pédagogiques utilisés sont cruciaux pour le succès des apprenants, indiquant que des instructions claires et des supports pédagogiques bien adaptés augmentent l'efficacité de l'application des connaissances en pratique. Ces découvertes suggèrent l'intégration des technologies d'IA dans les programmes éducatifs pour renforcer les capacités analytiques et décisionnelles des apprenants, préparant efficacement les étudiants à faire face aux défis complexes du monde réel.

Les implications de cette recherche sont vastes. Premièrement, elle souligne l'importance de l'intégration des technologies d'IA dans les curriculums éducatifs pour préparer les étudiants à répondre efficacement aux défis du monde réel. Toutefois, il est crucial de noter que les résultats varient selon l'âge, le degré de confiance et la satisfaction des apprenants, indiquant que les outils d'IA doivent être personnalisés pour répondre aux besoins spécifiques des individus. Cette étude invite donc à une réflexion sur la conception et l'implémentation d'outils d'IA qui sont non seulement technologiquement avancés mais aussi pédagogiquement pertinents.

Les contributions de cette recherche à la compréhension de l'utilisation de l'IA dans l'éducation sont importantes. Elle fournit des preuves empiriques que l'IA peut effectivement améliorer les compétences décisionnelles des apprenants, tout en mettant en évidence les facteurs qui influencent l'efficacité de ces outils. Cependant, il convient de reconnaître les limites de l'étude, notamment la nécessité d'élargir l'échantillon pour inclure une diversité plus large de contextes éducatifs et culturels. Des recherches futures devraient également examiner l'impact à long terme de l'utilisation de l'IA sur les compétences décisionnelles.

En résumé, cette recherche confirme que l'intégration judicieuse de l'IA dans l'éducation peut transformer de manière significative la manière dont les apprenants appréhendent et résolvent les problèmes complexes, les préparant ainsi à exceller dans un monde de plus en plus gouverné par la technologie. Ces découvertes renforcent l'argument en faveur d'une pédagogie innovante qui embrasse pleinement les potentialités de l'intelligence artificielle.

References

1. Centola, D. (2021). *Change : How to make big things happen*. Hachette UK.
2. Connelly, B. L., Certo, S. T., Ireland, R. D., & Reutzel, C. R. (2011). Signaling Theory : A Review and Assessment. *Journal of Management*, 37(1), 39-67. <https://doi.org/10.1177/0149206310388419>
3. Hollan, J., Hutchins, E., & Kirsh, D. (2000). Distributed cognition : Toward a new foundation for human-computer interaction research. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction*, 7(2), 174-196. <https://doi.org/10.1145/353485.353487>
4. Salomon, G. (1997). *Distributed cognitions : Psychological and educational considerations*. Cambridge University Press.
5. Shalev-Shwartz, S., & Ben-David, S. (2014). *Understanding machine learning : From theory to algorithms*. Cambridge university press.
6. Simon, H. A. (1957). *Models of man; social and rational* (p. xiv, 287). Wiley.
7. Sunstein, C. R., & Hastie, R. (2015). *Wiser : Getting beyond groupthink to make groups smarter*. Harvard Business Press.