

# Apprendre l'anatomie en dessinant sur tablette : effets du type d'activité et des capacités visuospatiales sur l'apprentissage et les perceptions d'étudiant·es en kinésithérapie

Laura Leconte<sup>1</sup>, Eric Jamet<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Univ Rennes, LP3C [(Laboratoire de Psychologie : Cognition, Comportement, Communication)], F-35000 Rennes, France

[laura.leconte@univ-rennes2.fr](mailto:laura.leconte@univ-rennes2.fr)

<sup>2</sup> Univ Rennes, LP3C [(Laboratoire de Psychologie : Cognition, Comportement, Communication)], F-35000 Rennes, France

[eric.jamet@univ-rennes2.fr](mailto:eric.jamet@univ-rennes2.fr)

**Résumé.** Cette étude a examiné l'efficacité de deux stratégies de dessin pour l'apprentissage de l'anatomie sur tablette-styler : une activité de recopie et une activité de dessin réalisé de mémoire. 84 étudiant·es en deuxième année de formation en kinésithérapie ont appris un cours d'anatomie concernant les ligaments longitudinaux du rachis. Des analyses de régressions linéaires ont été menées afin d'étudier l'effet de la condition de dessin sur les performances d'apprentissage en fonction des capacités visuospatiales des étudiant·es. Les résultats ont montré que les processus cognitifs impliqués par l'activité de dessin réalisé de mémoire améliorent significativement le rappel. Les capacités visuospatiales se révèlent être déterminantes, favorisant la qualité des dessins produits et les performances d'apprentissage, indépendamment de la stratégie de dessin utilisée. Par ailleurs, la stratégie de dessin est globalement appréciée par les étudiant·es et perçue comme particulièrement utile pour faciliter l'apprentissage de l'anatomie.

**Mots-clés :** stratégie d'apprentissage par le dessin, apprentissage de l'anatomie, capacités visuospatiales, apprentissage sur tablette, apprentissage actif

**Abstract.** This study examined effectiveness of two drawing strategies for learning anatomy on a tablet with stylus: a copying activity and a drawing from memory activity. 84 students in second year of kinesiotherapy were taught an anatomy course on longitudinal ligaments of the spine. Linear regression analyses were conducted to study effect of drawing condition on learning outcomes, according to students' visuospatial abilities. Results showed that cognitive processes involved in drawing from memory significantly improve recall. Visuospatial abilities were found to be determining factor, favoring quality of the drawing strategy used. In addition, drawing strategy was generally appreciated by students and seen as particularly useful in facilitating anatomy learning.

**Keywords:** learning by drawing strategy, anatomy learning, visuospatial abilities, tablet-based learning, active learning

## 1 Introduction

L'efficacité des stratégies d'apprentissage actives dans l'acquisition des connaissances est largement étudiée dans la littérature scientifique [1,2]. Parmi ces stratégies, celle qui consiste à faire réaliser des dessins se distingue par sa capacité à favoriser la construction de représentations visuelles des concepts et à améliorer la compréhension [3,4]. En transformant des contenus textuels en représentations imagées, cette activité générative engage des processus cognitifs profonds, tels que la sélection, l'organisation et l'intégration des informations [5,6]. Cependant, l'efficacité du dessin peut être influencée par la complexité du contenu et l'expertise des apprenant·es. De fait, une surcharge cognitive peut limiter les bénéfices de la stratégie de dessin, notamment chez les novices. Par ailleurs, les apprenant·es peuvent également se focaliser uniquement sur l'esthétique du dessin, oubliant l'objectif d'apprentissage [7–9].

Dans ce contexte, l'intégration des outils numériques offre des perspectives intéressantes pour enrichir l'expérience d'apprentissage par le dessin. Une méta-analyse récente [3] a montré que si les effets globaux de la stratégie de dessin sont bénéfiques, les résultats sont très hétérogènes et semblent influencés par de nombreux facteurs modérateurs. Parmi ces facteurs, le mode de dessin (dessin à la main vs dessin sur ordinateur) semble avoir une influence particulièrement forte. Alors que le dessin à la main s'est avéré avoir des effets positifs sur divers résultats d'apprentissage dans cette méta-analyse, aucun effet n'a été observé dans les études où le dessin a été effectué à l'aide d'un ordinateur. Selon les auteurs, ces résultats sont probablement dus à la complexité du dessin à l'aide d'une souris d'ordinateur car, dans presque toutes ces études, les dessins ont été réalisés à l'aide d'une méthode de « glisser-déposer ». Toutefois, il est possible aujourd'hui d'utiliser des dispositifs numériques plus adaptés à cette activité.

Les tablettes avec stylet, en particulier, offrent la possibilité de créer des contenus pédagogiques variés et interactifs. Plusieurs études ont mis en avant le rôle des tablettes dans l'amélioration des apprentissages, l'acquisition des connaissances [10,11], et la motivation des étudiant·es [12,13]. Cependant, malgré leur potentiel, l'impact des tablettes sur des stratégies spécifiques comme le dessin reste encore peu exploré [14–17].

C'est dans cette perspective que s'inscrit l'étude présentée ici. Elle est menée dans le cadre du projet ANR SKETCH dont les objectifs sont 1) d'évaluer et d'optimiser les effets des stratégies de dessin sur l'apprentissage, notamment en fournissant aux apprenant·es différentes formes de support pendant l'activité, et 2) de concevoir de manière collaborative un système tutoriel intelligent (STI) qui soit capable d'analyser de manière incrémentale les actions de l'apprenant·e lors de l'élaboration à main levée d'un croquis d'anatomie. L'usage de la tablette numérique avec stylet constitue un élément central du projet, permettant de reproduire l'activité de dessin traditionnellement réalisée sur papier-crayon, tout en offrant des possibilités d'environnement d'apprentissage adaptées et enrichies. Dans la présente étude, la segmentation de l'activité en plusieurs étapes, ainsi que la visualisation dynamique des tracés a permis aux apprenant·es de

suivre en temps réel la construction progressive du dessin et d'apprendre à leur propre rythme.

En lien avec le premier objectif du projet, le but de cette étude est d'évaluer l'efficacité de deux stratégies distinctes de dessin réalisées sur tablette dans le contexte de l'apprentissage de l'anatomie. La particularité de l'apprentissage de l'anatomie réside dans son exigence envers les apprenant·es de développer des connaissances spatiales. Comprendre et mémoriser les structures anatomiques nécessite une représentation mentale précise de leurs formes, leurs tailles et leurs apparences. L'activité de dessin semble donc appropriée pour l'apprentissage de l'anatomie. Plusieurs travaux dans ce domaine ont mis en avant les perceptions et ressentis des apprenant·es utilisant cette stratégie pendant l'apprentissage, et montrent que celle-ci est généralement bien accueillie [18–20]. Cependant, ces études ne mesurent pas directement l'impact de l'activité de dessin sur les performances d'apprentissage [21]. Par ailleurs, la stratégie d'apprentissage telle qu'étudiée en tant que stratégie générative, est réalisée à partir de la lecture d'un texte et non d'une illustration déjà fournie. Or, en l'absence de représentations visuelles, il devient difficile pour les étudiant·es d'intégrer correctement les connaissances anatomiques. Ainsi, l'importance du visuel dans la transmission des connaissances anatomiques rend presque obligatoire l'utilisation de représentations picturales (dessins ou croquis anatomiques).

Dans ce contexte, deux stratégies de génération de dessin d'apprentissage seront évaluées dans cette étude : la recopie d'un modèle et le dessin de mémoire. La première stratégie consiste à reproduire un modèle fourni d'une structure anatomique à apprendre. Cette méthode s'apparente à la stratégie de dessin décrite dans la littérature, à la différence que le dessin est élaboré à partir d'un document multimédia, contenant du texte ainsi qu'une illustration. Cependant, dans ce contexte multimédia, la stratégie de génération par recopie pourrait ne pas être aussi efficace. Bien qu'elle permette de produire des dessins d'apprentissage de bonne qualité, elle risque d'encourager un traitement cognitif relativement passif de recopie, limitant ainsi l'engagement actif recherché et, en conséquence, la qualité de la représentation en mémoire.

Afin d'encourager l'élaboration de cette représentation interne, il est possible d'éviter l'effet de recopie en faisant dessiner le modèle de mémoire. Dans cette condition, les apprenant·es doivent reproduire un dessin à partir de leur mémoire, après avoir été exposé au modèle. Cette approche repose sur une récupération active, qui mobiliserait les informations mémorisées et renforcerait leur consolidation. Bien qu'elle puisse entraîner une qualité de dessin inférieure à celle de la recopie, cette stratégie devrait permettre de meilleures performances en termes de rappel et de compréhension, grâce à l'engagement cognitif plus important qu'elle implique. Elle serait donc susceptible d'entraîner un effet de difficulté désirable [22] dont les conséquences seraient positives sur l'apprentissage.

Ainsi, nous nous attendons à ce que les étudiant·es de la condition « recopie » produisent des dessins de meilleure qualité que ceux de la condition « mémorisation » (Hypothèse 1). En revanche, nous faisons l'hypothèse que les étudiant·es de la condition

« mémorisation » obtiendront des scores plus élevés en mémorisation et en compréhension des concepts anatomiques, grâce à l'effort de récupération associée à la stratégie « de mémoire » (Hypothèse 2).

Par ailleurs, les capacités visuospatiales jouent un rôle clé dans l'apprentissage de l'anatomie. Des travaux ont montré qu'elles sont prédictives de l'acquisition des connaissances anatomiques. Une revue systématique a mis en évidence une relation significative entre les aptitudes spatiales et l'acquisition des connaissances en anatomie [23]. Une méta-analyse plus récente a également révélé une corrélation positive entre ces deux mesures [24]. Le lien est observé lorsque les performances au test d'anatomie sont mesurées à l'aide de tests ayant une composante visuelle forte, comme la complétion de schémas par exemple. Les capacités visuospatiales pourraient donc avoir une influence sur l'efficacité de la stratégie de dessin. Or, dans les travaux qui concernent cette stratégie, les capacités visuospatiales sont généralement contrôlées mais leur effet n'est que très peu examiné et semble varier selon le contenu d'apprentissage et le contexte. Par exemple, des chercheuses [25] ont montré que pour l'apprentissage d'un système mécanique (pompe à vélo), la création de dessin a été plus bénéfique aux étudiant·es ayant de faibles capacités visuospatiales, alors pour l'apprentissage de liaisons chimiques, ce sont les étudiant·es ayant de hautes capacités visuospatiales qui ont bénéficié de la stratégie de dessin. Par ailleurs, une autre étude [26] a montré que les capacités visuospatiales étaient prédictives des performances de transfert mais pas du rappel. Enfin, une étude plus récente [27] a nuancé le lien entre capacités spatiales et performances d'apprentissage, en mettant en avant le fait que ce lien dépend du type de test utilisé pour évaluer l'acquisition des connaissances anatomiques.

Dans cette étude, nous examinons donc l'effet des capacités visuospatiales sur l'apprentissage par le dessin. Nous postulons que les capacités visuospatiales influencent l'efficacité de la stratégie de dessin. Plus précisément, nous suggérons que les étudiant·es ayant des capacités visuospatiales élevées produiront des dessins de meilleure qualité que ceux ayant de faibles capacités visuospatiales (Hypothèse 3). De plus, ces étudiant·es obtiendront des performances supérieures en rappel et en compréhension des connaissances anatomiques apprises (Hypothèse 4).

## 2 Méthode

### 2.1 Participants

L'étude a été menée auprès de 84 étudiant·es en deuxième année de kinésithérapie. L'âge moyen était de 22 ans ( $ET = 3.45$ ). L'échantillon était composé de 49 femmes et 35 hommes. Les étudiant·es ont été répartis en deux groupes : 41 étaient dans la condition « recopie » et 43 dans le groupe « mémorisation ».

Un consentement éclairé a été signé par l'ensemble des participant·es. Le protocole d'étude a été validé par le comité d'éthique de l'Université, et les données ont été anonymisées.

## 2.2 Matériel

Le contenu pédagogique était présenté sur tablette Dell Latitude 5285 (12.3") avec stylet, était dynamique et segmenté en étapes (voir Figure 1). L'exercice était composé de deux phases. Une phase de consultation du cours (sans activité de dessin), puis une seconde phase dans laquelle le cours était rejoué. Dans cette seconde phase, il était demandé aux étudiant·es de dessiner le modèle étape par étape. Le matériel consistait en une leçon sur les ligaments longitudinaux du rachis. Celui-ci a été conçu par une formatrice en anatomie spécialisée à la technique du croquis anatomique.

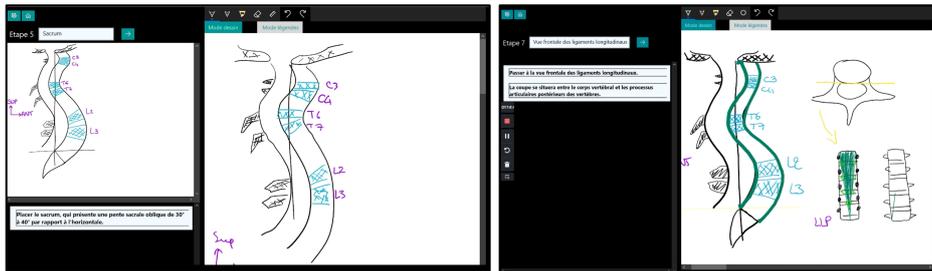


Fig. 1. Copies d'écran des conditions «recopie» (à gauche) et «mémorisation» (à droite).

## 2.3 Logiciel SKETCH

Chaque participant·e avait à disposition une tablette avec stylet. Une application développée pour le projet contexte à l'étude par l'équipe SHADOC de l'IRISA de Rennes, a été utilisée pour présenter le contenu d'apprentissage ainsi que permettre la réalisation du dessin d'apprentissage. La partie gauche de l'écran était consacrée au cours d'anatomie construit par l'enseignante. Ce cours était segmenté en étapes et les apprenant·es avançaient à leur rythme étape par étape. La partie droite de l'écran était une zone active de dessin dans laquelle les étudiant·es pouvaient réaliser l'activité en fonction de la condition dans laquelle iels étaient affilié·es (voir Figure 1). Une barre d'outils située en haut de cette zone contenait plusieurs fonctionnalités : différents types de crayons avec la possibilité d'ajuster l'épaisseur et choisir la couleur, une gomme, une règle, la possibilité d'annuler ou rétablir une action, et la possibilité de zoomer.

Les apprenant·es ne pouvaient pas revenir en arrière lorsqu'ils avaient passé une étape. De plus, iels ne pouvaient pas modifier des tracés qui avaient été réalisés dans une étape précédente.

## 2.4 Mesures

Des informations sur les participant·es, leur intérêt pour le dessin et l'anatomie, leurs capacités visuospatiales et leurs connaissances préalables ont été mesurées dans le pré-test, en tant que variables contrôles. Les performances d'apprentissage et l'utilité perçue ont été évaluées dans le post-test en tant que variables dépendantes.

*Test de connaissances préalables* : ce test comportait 6 questions à choix unique. Chaque question était notée sur 1 point pour un total de 6 points.

*Capacités visuospatiales* : le « Paper Folding Test » de Ekstrom et al. (1976) se compose de deux parties chacune comportant 10 questions à choix multiples. Les participant·es doivent manipuler mentalement le pliage et le dépliage d'une feuille de papier qui a été trouée. Ils choisissent la bonne réponse parmi cinq réponses possibles. Un point est attribué par bonne réponse, un point est soustrait en cas d'erreur ou d'absence de réponse.

*Les performances d'apprentissage* ont été évaluées à l'aide de plusieurs types de tests : un test de rappel visuel, un test de mémorisation et un test de compréhension. Le test de rappel visuel était une tâche de complétion de croquis. Le croquis du rachis était présenté aux étudiant·es avec des éléments manquants et il leur était demandé de compléter celui-ci. Ce test était évalué avec un score de présence (sur 9 points) et un score de précision (sur 9 points). Le score de présence mesure le nombre d'éléments dessinés par les étudiant·es (1 point est accordé par élément). Le score de précision correspond au nombre d'éléments correctement dessinés, avec 1 point attribué pour chaque élément réalisé avec précision. Le test de mémorisation, composé de 6 items était identique au test de connaissances préalables administré en pré-test. Le test de compréhension, composé de 5 questions à choix unique, évalue la capacité des étudiant·es à appliquer les connaissances acquises dans des situations concrètes, vérifiant ainsi leur compréhension fonctionnelle nécessaire pour la pratique de kinésithérapeute. Ce test était évalué sur 5 points.

*L'utilité perçue de la stratégie de dessin pour l'apprentissage* : cette variable a été mesurée lors du pré-test ( $\alpha = .924$ ) et du post-test ( $\alpha = .942$ ), à l'aide de 4 items (e.g., « Je trouve que l'activité de dessin est utile pour l'apprentissage de l'anatomie »). Les apprenant·es ont été invité·es à évaluer leur degré d'accord avec chaque item sur une échelle allant de 1 (« pas du tout d'accord ») à 9 (« tout à fait d'accord »).

## 2.5 Procédure

Au début de l'expérimentation, tous les participant·es ont reçu des informations sur le contexte de l'étude et ont rempli un formulaire de consentement éclairé. L'étude s'est déroulée dans un amphithéâtre d'un institut de formation en kinésithérapie et les étudiant·es étaient accueilli·es par groupe, en fonction de la condition testée. Chaque participant·e était assis·e individuellement à un bureau équipé d'une tablette avec un stylet. Les participant·es ont complété un premier questionnaire visant à évaluer leur intérêt pour l'anatomie et le dessin, leurs compétences visuospatiales, ainsi que leurs connaissances préalables sur les ligaments longitudinaux du rachis. Ensuite, une phase de familiarisation avec le logiciel leur a permis de prendre en main l'outil d'apprentissage.

La phase d'apprentissage a suivi, durant laquelle tous les étudiant·es ont étudié le cours d'anatomie de manière progressive. Les étudiant·es du groupe « recopie » étaient amené·es à réaliser leur dessin d'apprentissage à partir d'un modèle visuel fourni, tandis que le groupe « mémorisation » réalisaient leur dessin de mémoire à partir d'une aide textuelle. L'ensemble des étudiant·es étaient informé·es que leurs connaissances seraient interrogées à l'issue de cette activité.

Après la phase d'apprentissage, un questionnaire post-test a été distribué pour mesurer les performances d'apprentissage et les perceptions des étudiant·es.

### 3 Résultats

Les analyses ont été effectuées à l'aide du logiciel Jamovi. Le seuil de significativité a été fixé à  $\alpha = .05$ .

#### 3.1 Variables contrôles

Avant de tester nos hypothèses, nous avons examiné si les groupes expérimentaux différaient en termes d'âge, de genre, de latéralité, ainsi que d'intérêt et de niveaux perçus en anatomie et en dessin. Les analyses de Khi carré n'ont pas révélé de différence significative entre les conditions en termes de genre  $X^2(1, 84) = .720, p = .396$ , et de latéralité,  $X^2(1, 84) = 2.01, p = .157$ . Les résultats concernant les variables contrôlées d'intérêt et de niveaux perçus sont indiqués dans le tableau 1.

**Tableau 1.** Statistiques descriptives des variables contrôlées d'intérêt et niveaux perçus.

Mesures	Conditions	M	ET	<i>t</i>	ddl	<i>p</i>
Intérêt pour l'anatomie	Recopie	7.63	1.04	-.518	82	.606
	Mémorisation	7.74	.902			
Intérêt pour le dessin	Recopie	4.49	2.10	-1.265	82	.209
	Mémorisation	5.09	2.28			
Niveau perçu en anatomie	Recopie	6.66	.728	.421	82	.675
	Mémorisation	6.58	.932			
Niveau perçu sur l'œil	Recopie	5.90	.944	-.114	82	.910
	Mémorisation	5.93	1.26			
Niveau perçu en dessin	Recopie	3.80	1.69	-1.200	82	.233
	Mémorisation	4.30	2.08			

Concernant les capacités visuospatiales, l'analyse du *t* de Welch ne révèle pas de différence significative entre la condition « recopie » ( $M = 7.66, ET = 7.67$ ) et la condition « mémorisation » ( $M = 10.2, ET = 5.07$ ),  $t(68.9) = -1.81, p = .075$

Concernant les connaissances préalables, le *t* test de Student ne révèle pas de différence significative entre la condition « recopie » ( $M = 2.12, ET = 1.10$ ) et la condition « mémorisation » ( $M = 2.19, ET = 1.10$ ),  $t(82) = -.267, p = .790$ . Par ailleurs, nous nous sommes assurés que tous les étudiant·es aient peu de connaissances préalables sur le rachis. Deux participant·es ayant eu des scores trop élevés au test de connaissances préalables ( $> 5$  points) ont été considérés comme expert·es et retiré·es des analyses.

Les analyses montrent donc que les groupes sont homogènes pour l'ensemble des mesures contrôles de cette étude. Les distributions sont normales et le jeu de données ne présente pas de valeurs extrêmes.

### 3.2 Qualité des dessins produits pendant l'apprentissage

Des analyses de régressions linéaires ont été réalisées pour analyser l'effet de la condition d'apprentissage et des capacités visuospatiales sur la qualité des dessins réalisés pendant l'apprentissage.

Concernant le score de présence, le modèle était significatif,  $F(3, 80) = 6.16$ ,  $p < .001$ , avec un coefficient de détermination  $R^2 = .188$ . Les résultats ne montrent pas d'effet de la condition sur cette mesure ( $\beta = -.130$ ,  $t = -.189$ ,  $p = .850$ ). L'hypothèse 1 n'est donc pas validée. En revanche, l'analyse révèle un effet des capacités visuospatiales, ( $\beta = .076$ ,  $t = 2.184$ ,  $p = .032$ ). Les étudiant·es ayant de hautes capacités visuospatiales ( $M = 31.7$ ,  $ET = .265$ ) dessinent plus d'éléments que les étudiant·es ayant des faibles capacités visuospatiales ( $M = 31.6$ ,  $ET = .285$ ). Ce résultat est toutefois à nuancer, du fait d'un effet plafond sur les données. L'analyse révèle un effet d'interaction,  $\beta = .132$ ,  $t = .062$ ,  $p = .035$ . L'effet des capacités visuospatiales semble dépendre de la condition d'apprentissage.

Concernant le score de précision, le modèle était significatif,  $F(3, 80) = 15$ ,  $p < .001$ , avec un coefficient de détermination  $R^2 = .361$ . Les analyses montrent un effet de la condition sur le score de précision, ( $\beta = -7.063$ ,  $t = -3.598$ ,  $p < .001$ ), ainsi qu'un effet des capacités visuospatiales, ( $\beta = .212$ ,  $t = 2.153$ ,  $p = .034$ ). En revanche, les résultats ne montrent pas d'effet d'interaction, ( $\beta = .008$ ,  $t = .046$ ,  $p = .963$ ). Les étudiant·es en condition « recopie » ( $M = 29.1$ ,  $ET = .756$ ) ont donc produit des dessins significativement plus précis que les étudiant·es de la condition « mémorisation » ( $M = 22.1$ ,  $ET = .750$ ), conformément à l'hypothèse 1. Par ailleurs, indépendamment de la condition, les capacités visuospatiales semblent favoriser la qualité des dessins produit pendant l'apprentissage. Conformément à l'hypothèse 3, les dessins produits par les étudiant·es ayant de hautes capacités visuospatiales ( $M = 27.1$ ,  $ET = .754$ ) sont plus précis que ceux produits par les étudiant·es ayant de faibles capacités visuospatiales ( $M = 24.2$ ,  $ET = .812$ ).

### 3.3 Performances d'apprentissage

Des analyses de régressions linéaires ont été réalisées pour analyser l'effet de la condition d'apprentissage et des capacités visuospatiales sur les performances d'apprentissage des étudiant·es.

Concernant le test de mémorisation, les résultats montrent que le modèle est significatif,  $F(3, 80) = 2.65$ ,  $p = .054$ , et explique 30.1% de la variance des performances ( $R = .301$ ,  $R^2 = .095$ ). Les coefficients des prédicteurs révèlent que la condition d'apprentissage est un facteur significatif ( $\beta = .967$ ,  $t = 1.94$ ,  $p = .056$ ). Conformément à l'hypothèse 2, les étudiant·es de la condition « mémorisation » ( $M = 5.93$ ,  $ET = 1.16$ ) obtiennent des résultats plus élevés que ceux de la condition « recopie » ( $M = 5.41$ ,  $ET = 1.34$ ). De plus, les capacités visuospatiales ont un effet significatif sur la mémorisation ( $\beta = .053$ ,  $t = 2.12$ ,  $p = .037$ ). Les étudiant·es ayant de hautes capacités visuospatiales obtiennent des scores significativement plus élevés (Hypothèse 4). Une analyse

supplémentaire a été réalisée pour tester une interaction entre la condition d'apprentissage et les capacités visuospatiales. Cette interaction n'était pas significative ( $p = .182$ ).

Concernant la compréhension, le modèle n'était pas significatif,  $F(3, 80) = 2.30$ ,  $p = .068$ , avec un coefficient de détermination  $R^2 = .084$ . Les résultats montrent que la condition d'apprentissage n'a pas d'effet sur la compréhension ( $\beta = -.069$ ,  $t = -.206$ ,  $p = .837$ ). L'hypothèse 2 n'est donc pas validée pour cette seconde mesure. En revanche, les capacités visuospatiales ont un effet significatif sur la compréhension, ( $\beta = .040$ ,  $t = 2.385$ ,  $p = .019$ ). Les étudiant·es ayant des capacités visuospatiales élevées obtiennent des scores plus élevés au test de compréhension (Hypothèse 4). L'interaction entre la condition d'apprentissage et les capacités visuospatiales n'était pas significative ( $p = .781$ ).

Pour le score de présence relatif à la complétion du croquis (tâche de rappel visuel), le modèle n'était pas significatif,  $F(3, 80) = 1.75$  avec  $R^2 = .059$ . Ni la condition d'apprentissage ( $\beta = -.169$ ,  $t = -.645$ ,  $p = .521$ ) ni les capacités visuospatiales ( $\beta = .021$ ,  $t = 1.602$ ,  $p = .113$ ) n'ont montré d'effet significatif sur le score de présence. Il en est de même concernant le score de précision. Le modèle n'était pas significatif,  $F(3, 80) = 1.24$  avec  $R^2 = .044$ . Ni la condition d'apprentissage ( $\beta = -.409$ ,  $t = -.687$ ,  $p = .494$ ), ni les capacités visuospatiales ( $\beta = .042$ ,  $t = 1.396$ ,  $p = .166$ ) n'a d'effet sur le score de précision. Les deux modèles ne présentent pas d'interaction significative.

**Tableau 2.** Statistiques descriptives des performances d'apprentissage par condition

Mesures	Condition	N	M	ET
Test de mémorisation	Recopie	41	5.41	1.34
	Mémorisation	43	5.93	1.16
Test de compréhension	Recopie	41	2.61	.862
	Mémorisation	43	2.56	.825
Score présence	Recopie	41	8.83	.543
	Mémorisation	43	8.63	.725
Score de précision	Recopie	41	7.85	1.53
	Mémorisation	43	7.58	1.38

### 3.4 Utilité perçue de la stratégie de dessin pour l'apprentissage de l'anatomie

Une analyse de covariance à mesures répétées (ANCOVA) a été réalisée pour examiner l'effet de la condition d'apprentissage sur les perceptions des étudiant·es concernant la stratégie de dessin. Les résultats n'ont pas montré d'effet principal de la condition,  $F(1, 81) = 1.19$ ,  $p = .280$ , ni du moment de la mesure  $F(1, 81) = .069$ ,  $p = .792$ . De plus, l'interaction entre la condition d'apprentissage et le moment du test n'était pas significative,  $F(1, 81) = .015$ ,  $p = .902$ . De manière descriptive, nous observons des scores particulièrement élevés d'utilité perçue de la stratégie de dessin dès le pré-test. Ces

estimations restent élevées après la mise en situation d'apprentissage (Tableau 3). Globalement, les étudiant·es estiment que le fait de réaliser un dessin est particulièrement utile à l'apprentissage de l'anatomie, et l'activité proposée lors de cette étude n'a pas modifié leur perception.

**Tableau 3.** Score d'utilité perçue des différentes stratégies de dessin d'apprentissage estimée en pré-test et post-test (Likert de 1 à 9)

Utilité perçue	Conditions	N	M	ET
Pré-test	Recopie	40	6.71	1.91
	Mémorisation	43	7.11	1.42
Post-test	Recopie	41	6.79	1.91
	Mémorisation	43	7.13	1.59

## 4 Discussion

L'objectif principal de cette étude était de tester deux stratégies d'apprentissage par le dessin. Notre première hypothèse supposait un effet de la recopie sur la qualité des dessins produit pendant la phase d'apprentissage. En accord avec cette hypothèse, les résultats montrent que la qualité des dessins est supérieure en condition « recopie » par rapport à la condition « mémorisation », confirmant notre hypothèse. Ce constat est cohérent avec l'idée que la recopie fournit un modèle visuel direct pendant l'élaboration du dessin, facilitant une reproduction précise des éléments anatomiques. Les étudiant·es qui ont recopié le modèle ont produit des dessins plus complets et plus précis que ceux qui ont généré de mémoire. Cependant, la qualité supérieure des dessins produits en recopie n'a pas conduit à de meilleures performances d'apprentissage. Comme nous le prédisions avec la deuxième hypothèse, c'est la stratégie de dessin réalisé de mémoire qui a eu un effet sur l'apprentissage. En effet, notre deuxième hypothèse est partiellement validée. Les résultats ont montré que l'effort de récupération induite par la condition « mémorisation » a conduit à un meilleur rappel des éléments à apprendre. Ces premiers résultats contredisent l'effet pronostique rapporté dans la littérature, selon lequel la qualité des dessins réalisés pendant l'apprentissage serait un prédicteur des performances d'apprentissage [28]. Dans le contexte de notre étude, la qualité des dessins joue un rôle moins déterminant que l'effort cognitif engagé pendant la tâche d'apprentissage. En revanche, le type de tâche de dessin n'a pas eu d'effet sur la complétion de dessin et la compréhension. Ce résultat pourrait être expliqué par la nature du cours qui correspond principalement à de l'anatomie descriptive. S'agissant de connaissances plus factuelles que fonctionnelles, la nature du cours peut ne pas avoir facilité le transfert direct des connaissances vers la pratique.

Le deuxième objectif de cette étude visait à explorer l'effet des capacités visuospatiales sur la stratégie de dessin et les performances d'apprentissage. Ces aptitudes se sont révélées avoir un effet sur ces mesures, validant nos hypothèses 3 et 4. Les étudiant·es ayant des capacités visuospatiales élevées ont produit des dessins de meilleure qualité, indépendamment du type de tâche de dessin, et ont également obtenu de meilleurs scores de rappel et de compréhension. Ces résultats confirment l'impact des capacités visuospatiales dans les activités d'apprentissage impliquant la manipulation de contenus visuels complexes, tel que la génération de dessins anatomiques.

Les résultats de cette étude suggèrent donc que, dans un contexte d'apprentissage de l'anatomie qui nécessite une représentation visuelle interne, l'activité de dessin en tant que stratégie générative doit être adaptée pour être efficace sur l'apprentissage. L'effort de récupération mobilisé par le fait de dessiner « de mémoire » semble apporter un bénéfice pour les étudiant·es comparativement à une activité de recopie. Par ailleurs, les capacités visuospatiales semblent être un facteur important à prendre en compte dans l'analyse de la stratégie de dessin. Celles-ci étant prédictives des performances d'apprentissage.

Enfin, les résultats relatifs à l'utilité perçue de l'activité de dessin pour l'apprentissage de l'anatomie n'ont pas révélé de différence significative entre les deux stratégies utilisées. Cependant, les scores élevés obtenus tant au pré-test qu'au post-test indiquent que, déjà avant l'étude, l'activité de dessin était considérée comme particulièrement utile pour l'apprentissage de l'anatomie. Cette perception positive est restée stable après la phase d'apprentissage. L'expérience de génération de dessin n'a pas modifié leur conviction quant à l'utilité de cette stratégie pour l'apprentissage des structures du corps humain.

Cette étude présente plusieurs limites. Tout d'abord, l'absence d'un groupe contrôle, sans activité de dessin, ne permet pas de vérifier l'effet de la génération sur les performances d'apprentissage mais cet effet positif a déjà été démontré dans d'autres études du projet. Par ailleurs, la condition « mémorisation » repose sur la théorie de la difficulté désirable, qui suggère un effet à long terme. Cependant, notre étude évalue principalement l'apprentissage à court terme. Une mesure différée, à une à deux semaines après l'apprentissage serait nécessaire. De futures recherches sont également nécessaires pour mieux comprendre comment d'autres variables que les capacités visuospatiales peuvent moduler les effets des stratégies de dessin sur l'apprentissage de l'anatomie. Par exemple, d'autres études du projet explorent déjà l'influence de facteurs tels que la charge cognitive, l'intérêt situationnel ou la métacognition. Ces études s'inscrivent dans l'objectif du projet de concevoir un STI, sur tablette, avec une IA capable d'analyser les dessins des étudiants et de fournir un feedback en temps réel lors de leur apprentissage.

**Conflit d'intérêts.** Les auteur·es déclarent n'avoir aucun conflit d'intérêt.

**Remerciements.** Ce travail est financé par le projet ANR numéro ANR-21-CE38-0009-01. Nous tenons à remercier nos collaborateurs, Eric Anquetil, Nathalie Girard,

Omar Krichen et Islam Barchouch (IRISA), ainsi que les formateur·rices de l'Institut de formation en kinésithérapie.

## Références

1. Chi MTH, Wylie R. The ICAP Framework: Linking Cognitive Engagement to Active Learning Outcomes. *Educ Psychol.* 2 oct 2014;49(4):219-43.
2. Mayer RE, Fiorella L. Learning as a Generative Activity.
3. Cromley JG, Du Y, Dane AP. Drawing-to-Learn: Does Meta-Analysis Show Differences Between Technology-Based Drawing and Paper-and-Pencil Drawing? *J Sci Educ Technol.* avr 2020;29(2):216-29.
4. Fiorella L, Zhang Q. Drawing Boundary Conditions for Learning by Drawing. *Educ Psychol Rev.* sept 2018;30(3):1115-37.
5. Van Meter P, Firetto C. Cognitive model of drawing construction. *Learn Vis Disp.* 2013;247-80.
6. Van Meter P, Garner J. The Promise and Practice of Learner-Generated Drawing: Literature Review and Synthesis. *Educ Psychol Rev.* déc 2005;17(4):285-325.
7. Hellenbrand J, Mayer RE, Opfermann M, Schmeck A, Leutner D. How generative drawing affects the learning process: An eye-tracking analysis. *Appl Cogn Psychol.* nov 2019;33(6):1147-64.
8. Leutner D, Leopold C, Sumfleth E. Cognitive load and science text comprehension: Effects of drawing and mentally imagining text content. *Comput Hum Behav.* mars 2009;25(2):284-9.
9. Zhang Q, Fiorella L. Learning by drawing: When is it worth the time and effort? *Contemp Educ Psychol.* juill 2021;66:101990.
10. Haßler B, Major L, Hennessy S. Tablet use in schools: a critical review of the evidence for learning outcomes. *J Comput Assist Learn.* avr 2016;32(2):139-56.
11. Lai C -H., Yang J -C., Chen F -C., Ho C -W., Chan T -W. Affordances of mobile technologies for experiential learning: the interplay of technology and pedagogical practices. *J Comput Assist Learn.* août 2007;23(4):326-37.
12. Ciampa K. Learning in a mobile age: an investigation of student motivation. *J Comput Assist Learn.* févr 2014;30(1):82-96.
13. Furió D, Juan M -C., Seguí I, Vivó R. Mobile learning vs. traditional classroom lessons: a comparative study. *J Comput Assist Learn.* juin 2015;31(3):189-201.
14. Jamet E, Michinov E. Effects of verbal and visual support on learning by tablet-based drawing. *Comput Educ.* mai 2022;181:104460.
15. Rochat J, Jamet É, Michinov E. Learning by tablet-based drawing: Effects of verbal support among secondary-school students: *L'Année Psychol.* 21 juill 2022;Vol. 122(3):513-36.
16. Schmidgall SP, Eitel A, Scheiter K. Why do learners who draw perform well? Investigating the role of visualization, generation and externalization in learner-generated drawing. *Learn Instr.* avr 2019;60:138-53.
17. Schmidgall SP, Scheiter K, Eitel A. Can we further improve tablet-based drawing to enhance learning? An empirical test of two types of support. *Instr Sci.* août 2020;48(4):453-74.

18. Borrelli M, Leung B, Morgan M, Saxena S, Hunter A. Should drawing be incorporated into the teaching of anatomy? *J Contemp Med Educ*. 2018;1.
19. Naug HL, Colson NJ, Donner DG. Promoting metacognition in first year anatomy laboratories using plasticine modeling and drawing activities: A pilot study of the "Blank Page" technique. *Anat Sci Educ*. juill 2011;4(4):231-4.
20. Naug HL, Colson NJ, Donner D. Experiential Learning, Spatial Visualization and Metacognition: An Exercise with the "Blank Page" Technique for Learning Anatomy. *Health Prof Educ*. juin 2016;2(1):51-7.
21. Peart DJ. Hand drawing as a tool to facilitate understanding in undergraduate human biology: a critical review of the literature and future perspectives. *Stud Sci Educ*. 2 janv 2022;58(1):81-93.
22. Bjork EL, Bjork RA. Making things hard on yourself, but in a good way: Creating desirable difficulties to enhance learning. *Psychol Real World Essays Illus Fundam Contrib Soc*. 2011;2(59-68).
23. Langlois J, Bellemare C, Toulouse J, Wells GA. Spatial abilities and anatomy knowledge assessment: A systematic review. *Anat Sci Educ*. juin 2017;10(3):235-41.
24. Roach VA, Mi M, Mussell J, Van Nuland SE, Lufler RS, DeVeau KM, et al. Correlating Spatial Ability With Anatomy Assessment Performance: A Meta-Analysis. *Anat Sci Educ*. mai 2021;14(3):317-29.
25. Bobek E, Tversky B. Creating visual explanations improves learning. *Cogn Res Princ Implic*. déc 2016;1(1):27.
26. Zhang Q, Fiorella L. Role of generated and provided visuals in supporting learning from scientific text. *Contemp Educ Psychol*. oct 2019;59:101808.
27. Ritchie HE, Oakes D, Drury H, Ollerenshaw S, Hegedus E. Can drawing instruction help students with low visuospatial ability in learning anatomy? *Anat Sci Educ*. mars 2023;16(2):252-65.
28. Schwamborn A, Mayer RE, Thillmann H, Leopold C, Leutner D. Drawing as a generative activity and drawing as a prognostic activity. *J Educ Psychol*. nov 2010;102(4):872-9.