

**UNIVERSITE DE LILLE**

**FACULTE DE CHIRURGIE DENTAIRE**

Année de soutenance : 2023

N°:

THESE POUR LE

**DIPLOME D'ETAT DE DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE**

Présentée et soutenue publiquement le 10 octobre 2023

Par Sixtine RIOM

Née le 25/09/1997 à Limoges - France

Étude de l'influence des capacités de représentation spatiale des étudiants en 2<sup>e</sup> et 3<sup>e</sup> année à la faculté de chirurgie dentaire de Lille sur la qualité de leurs exercices réalisés lors des travaux pratiques de prothèse

**JURY**

Président : Monsieur le Professeur Philippe BOITELLE

Assesseurs : Madame le Docteur Marion DEHURTEVENT

Monsieur le Docteur Corentin DENIS

Monsieur le Docteur Virgile MODAINE

Président de l'Université	:	Pr. R. BORDET
Directrice Générale des Services de l'Université	:	M-D. SAVINA
Doyen UFR3S	:	Pr. D. LACROIX
Directrice des Services d'Appui UFR3S	:	G. PIERSON
Doyen de la faculté d'Odontologie – UFR3S	:	Pr. C. DELFOSSE
Responsable des Services	:	N. RICHARD
Responsable de la Scolarité	:	G. DUPONT

## **PERSONNEL ENSEIGNANT DE LA FACULTE.**

### **PROFESSEURS DES UNIVERSITES :**

K. AGOSSA	Parodontologie
<b>P. BOITELLE</b>	Responsable du Département de <b>Prothèses</b>
T. COLARD	Fonction-Dysfonction, Imagerie, Biomatériaux
<b>C. DELFOSSE</b>	<b>Doyen de la faculté d'Odontologie – UFR3S</b> Odontologie Pédiatrique
<b>E. DEVEAUX</b>	Responsable du Département de <b>Dentisterie</b> <b>Restauratrice Endodontie</b>

## MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES

T. BECAVIN	Fonction-Dysfonction, Imagerie, Biomatériaux
M. BEDEZ	Chirurgie Orale, Parodontologie, Biologie Orale
A. BLAIZOT	Prévention, Epidémiologie, Economie de la Santé, Odontologie Légale.
<b>P. BOITELLE</b>	Responsable du Département de <b>Prothèses</b>
<b>F. BOSCHIN</b>	Responsable du Département de <b>Parodontologie</b>
<b>C. CATTEAU</b>	Responsable du Département de <b>Prévention, Epidémiologie, Economie de la Santé, Odontologie Légale.</b>
X. COUDEL	Biologie Orale
A. de BROUCKER	Fonction-Dysfonction, Imagerie, Biomatériaux
M. DEHURTEVENT	Prothèses
T. DELCAMBRE	Prothèses
F. DESCAMP	Prothèses
M. DUBAR	Parodontologie
A. GAMBIEZ	Dentisterie Restauratrice Endodontie
F. GRAUX	Prothèses
M. LINEZ	Dentisterie Restauratrice Endodontie
T. MARQUILLIER	Odontologie Pédiatrique
G. MAYER	Prothèses

<b>L. NAWROCKI</b>	Responsable du Département de <b>Chirurgie Orale</b> Chef du Service d'Odontologie A. Caumartin - CHRU Lille
<b>C. OLEJNIK</b>	Responsable du Département de <b>Biologie</b>
<b>Orale</b>	
P. ROCHER	Fonction-Dysfonction, Imagerie, Biomatériaux
L. ROBBERECHT	Dentisterie Restauratrice Endodontie
<b>M. SAVIGNAT</b>	Responsable du Département des <b>Fonction- Dysfonction, Imagerie, Biomatériaux</b>
<b>T. TRENTESAUX</b>	Responsable du Département d' <b>Odontologie Pédiatrique</b>
J. VANDOMME	Prothèses

## **Réglementation de présentation du mémoire de Thèse**

Par délibération en date du 29 octobre 1998, le Conseil de la Faculté de Chirurgie Dentaire de l'Université de Lille a décidé que les opinions émises dans le contenu et les dédicaces des mémoires soutenus devant jury doivent être considérées comme propres à leurs auteurs, et qu'ainsi aucune approbation, ni improbation ne leur est donnée.

# Remerciements

*Aux membres du jury...*

**Monsieur le Professeur Philippe BOITELLE**

**Professeur des Universités – Praticien Hospitalier**

*Section de Réhabilitation Orale*

*Département Prothèses*

Docteur en Chirurgie Dentaire

Habilitation à Diriger des Recherches (Université de Lille)

Docteur de l'Université Paris 13, Sorbonne Paris Cité. Spécialité : Mécanique des matériaux.

Master 2 recherche Biologie et Santé, mention Biologie cellulaire et biologie quantitative – Université Lille2

Maîtrise de Sciences Biologiques et Médicales – Université Lille2

CES d'Odontologie Prothétique option Prothèse fixée – Université Paris Descartes

Prix 2006 Annual Scholarship Award for outstanding academic achievements in dentistry – Pierre Fauchard Academy Foundation – New-York – U.S.A

Responsable du Département de Prothèses

Responsable de l'Unité Fonctionnelle de Prothèse

Responsable du DU Biomimétique, Esthétique et Numérique (Lille)

Chargé de mission à la Formation Continue

*Merci de t'être proposé comme président et d'avoir su te rendre aussi disponible pour cette thèse. C'est un immense honneur d'être la première dentiste à prêter serment devant toi en tant que PU.*

*Au cours de mes études tu as été pour moi un encadrant bienveillant, un modèle notamment pour le traitement des cas esthétiques. Ton enseignement a rendu mon exercice gratifiant, non seulement en restituant un sourire à mes patients mais aussi en leur rendant confiance en soi.*

**Madame le Docteur Marion DEHURTEVENT**

**Maître de Conférences des Universités – Praticien hospitalier**

*Section de Réhabilitation Orale*

*Département Prothèses*

Docteur en Chirurgie Dentaire

Chargée de mission Nouvelles Technologies

*Je vous remercie sincèrement d'avoir accepté de diriger cette thèse. Vous avez su vous rendre disponible et à l'écoute malgré un emploi du temps chargé en projets. Vous avez répondu à l'ensemble de mes questions (qui ne doivent plus se compter en dizaines mais en centaines...) et encadré cette étude de manière pédagogique d'une part et rassurante d'autre part. Votre enthousiasme ainsi que votre motivation sont pour moi une source d'inspiration. Merci pour la confiance que vous m'avez accordée, pour vos connaissances apportées notamment dans ce qui est de la mise en place d'une étude. Ce fut pour moi un immense honneur de travailler avec vous. Vous vous êtes montrée rigoureuse et bienveillante à mon égard. Veuillez trouver dans ce travail, l'expression de mon profond respect et de ma sincère reconnaissance.*



**Monsieur le Docteur Corentin DENIS**

**Maître de Conférences des Universités (Associé) – Praticien Hospitalier**

*Section de Réhabilitation Orale*

*Département Prothèses*

Docteur en Chirurgie Dentaire

Master II « Sciences du médicaments » - Parcours « Dispositifs Médicaux –  
Biomatériaux » - Université Lille2

C.E.S Prothèses Fixées – Université d’Aix-Marseille

*Vous avez accepté sans hésiter de participer au jury de cette thèse. Vous avez aussi su  
montrer votre intérêt dès la mise en place de cette étude. Merci de vous être rendu  
disponible si facilement, pour votre bienveillance non seulement au cours de mes  
études mais aussi au cours de ce projet.*

*Vous avez fait partie pour moi des praticiens à l’écoute et respectueux de ses étudiants.*

*Vous vous êtes montré extrêmement impliqué et rassurant pour mes débuts en  
prothèse fixée, domaine à présent indispensable pour l’exercice de mon métier.*

*Je vous prie d’accepter l’expression de mes sincères remerciements.*

**Monsieur le Docteur Virgile MODAINE**

**Chef de Clinique des Universités – Assistant Hospitalier des CSERD**

*Section de Réhabilitation Orale*

*Département Prothèses*

Docteur en Chirurgie Dentaire

*Virgile, tu as su être présent dès mes débuts en dentisterie. Avant même de devenir un ami, tu as été pour moi un tuteur bienveillant au cours de mes études.*

*Dévoué et impliqué, je te remercie pour tous les services et les connaissances que tu m'as apportés.*

*Merci pour ton implication, pour le temps que tu as accepté d'accorder à ma thèse ainsi que pour les démarches que tu as su simplifier.*

# Table des matières

<b>I.</b>	<b>Introduction.....</b>	<b>14</b>
<b>II.</b>	<b>La représentation spatiale en odontologie.....</b>	<b>15</b>
	<b>2. 1 La capacité de représentation spatiale .....</b>	<b>15</b>
	<b>2. 1. 1 Définition et évaluation .....</b>	<b>15</b>
	2. 1. 1. 1 Visualisation spatiale.....	17
	2. 1. 1. 2 Orientation spatiale .....	19
	2. 1. 1. 3 Relation spatiale.....	19
	<b>2. 1. 2 Principes de la vision tridimensionnelle et de la représentation spatiale</b>	<b>22</b>
	<b>2. 1. 2. 1 La vision en trois dimensions .....</b>	<b>22</b>
	<b>2. 1. 2. 2 Anatomie liée à la vision en trois dimensions et à la représentation spatiale .....</b>	<b>24</b>
	<b>2. 1. 3 Perturbation des capacités de représentation spatiale .....</b>	<b>27</b>
	2. 1. 3. 1 Les caractères acquis.....	27
	2. 1. 3. 2 Les facteurs extérieurs .....	28
	2. 1. 3. 3 Les pathologies .....	29
	<b>2. 2 Les capacités de représentation spatiale en dentisterie.....</b>	<b>32</b>
<b>III.</b>	<b>Étude de l'impact des capacités de représentation spatiale sur les notes de travaux pratiques de prothèse .....</b>	<b>34</b>
	<b>3. 1 Problématique, objectif et hypothèse .....</b>	<b>34</b>
	<b>3. 2 Matériel et méthodes .....</b>	<b>34</b>
	<b>3. 2. 1 Evaluation de travaux pratiques de prothèse .....</b>	<b>35</b>
	<b>3. 2. 2 Evaluation des capacités de représentation spatiale .....</b>	<b>36</b>
	<b>3. 2. 3 Analyse statistique.....</b>	<b>38</b>
	<b>3. 3 Résultats .....</b>	<b>39</b>
	<b>3. 3. 1 Résultats chez les étudiants de 2<sup>e</sup> année .....</b>	<b>39</b>
	<b>3. 3. 2 Résultats chez les étudiants de 3<sup>e</sup> année .....</b>	<b>49</b>
<b>IV.</b>	<b>Discussion.....</b>	<b>54</b>
<b>V.</b>	<b>Conclusion .....</b>	<b>58</b>

<b>VI. Bibliographie .....</b>	<b>59</b>
<b>VII. Table des illustrations.....</b>	<b>66</b>
<b>VIII. Table des tableaux.....</b>	<b>67</b>
<b>IX. Annexes.....</b>	<b>69</b>
<b>9.1 Exemple de chacun des six tests proposés au cours du PAT.....</b>	<b>69</b>
<b>9.2 Récépissé déclaration de conformité.....</b>	<b>71</b>
<b>9.3 Exemple de questionnaire distribué au cours de l'étude afin d'évaluer les capacités de représentation spatiale des étudiants .....</b>	<b>72</b>

## Table des abréviations

3D : trois dimensions

VS : visualisation spatiale

OS : orientation spatiale

RS : relation spatiale

2D : deux dimensions

PIB : produit intérieur brut

GGI : gender gap index

OPcorr : overall performance corrected

AVC : accident vasculaire cérébral

CBCT : cone beam computerized tomography

DAT : dental admission test

PAT : perceptual ability test

CNIL : commission nationale de l'informatique et des libertés

CPP : comité de protection des personnes

P3 : étudiants de 3<sup>e</sup> année de chirurgie dentaire

P2 : étudiants de 2<sup>e</sup> année de chirurgie dentaire

PF : prothèse fixée

PA : prothèse amovible

## I. Introduction

Les capacités de représentation spatiale dans les trois dimensions (3D) en chirurgie dentaire permettent aux praticiens de visualiser par exemple les objectifs thérapeutiques et esthétiques [1–3]. Ces capacités peuvent être distinguées dans différents domaines étroitement liés dont la visualisation spatiale, l'orientation spatiale et la relation spatiale. Bien que de nombreuses méthodes d'évaluation soient disponibles, l'étude de ces capacités est complexe tant par leur diversité de classification que par les facteurs pouvant les perturber. Parmi eux les caractères acquis ne sont pas modifiables, tandis que les facteurs extérieurs ou les pathologies peuvent parfois être corrigés.

Aux États-Unis, des tests de représentation spatiale sont utilisés pour anticiper les capacités d'un futur étudiant en chirurgie dentaire. Une corrélation a été montrée entre les résultats à ce test et les résultats de travaux pratiques pré-cliniques en prothèse fixée pour la réalisation d'une préparation périphérique [4]. Ces capacités de représentation en trois dimensions aident à travailler en vision indirecte [5,6] ou à analyser correctement des radiographies [7,8]. En outre, l'utilisation d'exercices de réalité virtuelle a démontré une amélioration des résultats des travaux pratiques pré-cliniques pour la réalisation de préparations périphériques [9,10].

L'aptitude d'un individu à représenter l'espace est donc dynamique et sujette à évolution. Jusqu'à présent, l'impact immédiat de ces capacités sur les résultats des travaux pratiques en prothèse fixée et amovible n'a pas été étudié. De plus, les capacités de représentation spatiale peuvent être divisées en 3 domaines interconnectés. Bien que l'importance de la représentation spatiale dans les travaux pratiques en prothèse fixée ait déjà été démontrée, l'influence immédiate de chacun de ces trois domaines sur la qualité des exercices pratiques en prothèse n'a pas encore été examinée. Une étude visant à comprendre les liens entre ces trois domaines de représentation spatiale et les différents critères d'évaluation des exercices pratiques en prothèse permettrait ensuite de proposer des exercices ciblés aux étudiants afin d'améliorer leurs performances.

Ce mémoire a donc eu pour objectif d'étudier dans un premier temps la représentation spatiale et son rôle dans le domaine de la dentisterie. Dans un second temps, l'influence des capacités de représentation spatiale des étudiants en 2<sup>e</sup> et 3<sup>e</sup> année à la faculté de chirurgie dentaire de Lille a été évalué sur la qualité de leurs exercices réalisés lors des travaux pratiques de prothèse.

## **II. La représentation spatiale en odontologie**

### **2. 1 La capacité de représentation spatiale**

#### **2. 1. 1 Définition et évaluation**

La capacité de représentation spatiale est décrite comme étant la faculté de "manipulation mentale, rotation, torsion ou inversion d'un objet stimulus présenté sous forme d'image" [1]. Cette capacité peut être distinguée en différents domaines étroitement liés les uns aux autres [12–14] : visualisation spatiale (VS), orientation spatiale (OS) et relation spatiale (RS) (figure 1). Les tests sont très similaires et leur évaluation individuelle est donc complexe.

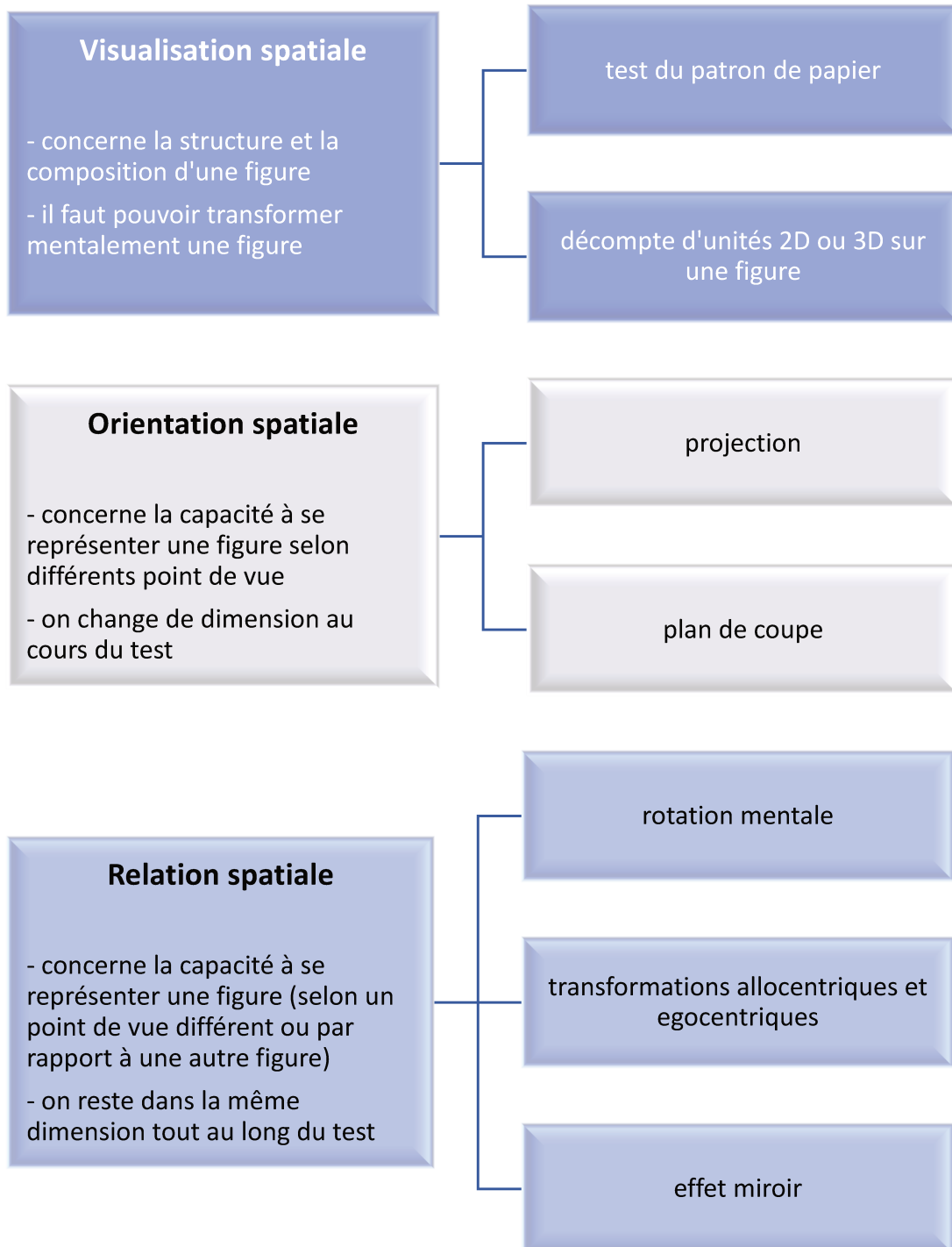


Figure 1 : classification des capacités de représentation spatiale (illustration personnelle d'après [12–22]).



## 2. 1. 1. 1 Visualisation spatiale

La visualisation spatiale représente « la capacité d'effectuer des transformations mentales complexes en plusieurs étapes, d'objets qui sont le plus souvent représentés en trois dimensions » [15] ou encore à « la capacité à manipuler des objets mentalement » [13]. Cette notion fait appel aux capacités à se représenter, analyser, décomposer et transformer un objet présenté en deux ou trois dimensions (2 ou 3D).

La visualisation spatiale peut être évaluée par le test du patron de papier, le décompte d'unités sur une image représentée en 2 ou 3D ou encore l'exercice du plan de coupe [13,15,16]. Le test du patron de papier repose sur la capacité à imaginer l'objet en 3D d'un patron en 2D (figure 2). Le test de décompte d'unité consiste à compter le nombre de carrés sur une figure en 2D (composée elle-même exclusivement de plusieurs carrés), ou de compter le nombre de cubes sur un objet 3D (figure 3). Enfin, l'exercice du plan de coupe évalue la capacité à se représenter une coupe en 2D dans un axe d'un objet en 3D (figure 4). Ce dernier test a déjà été adapté en odontologie sur l'anatomie d'une molaire [17].

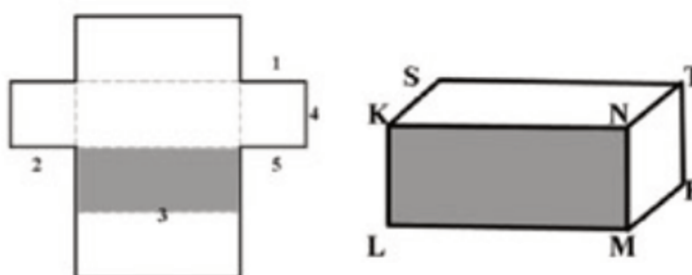


Figure 2 : test du patron de papier proposé par Pittalis et Christou [13].

Les lignes pointillées désignent les endroits où le papier doit être plié. Il est demandé au candidat d'indiquer les segments (sous forme de lettres sur le solide 3D) correspondants aux arêtes ou aux lignes pointillées numérotés sur le patron.

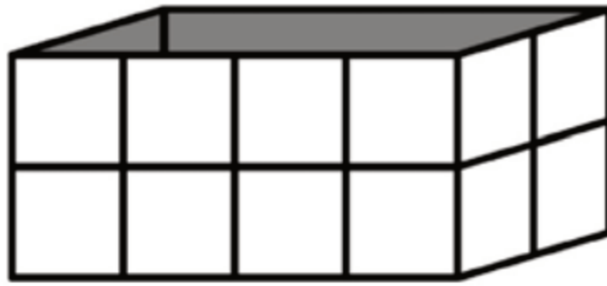


Figure 3 : test de décompte d'unités proposé par Pittalis et Christou [13].

Il est demandé au candidat d'indiquer le nombre de cube que l'on peut insérer dans la boîte afin de la remplir.

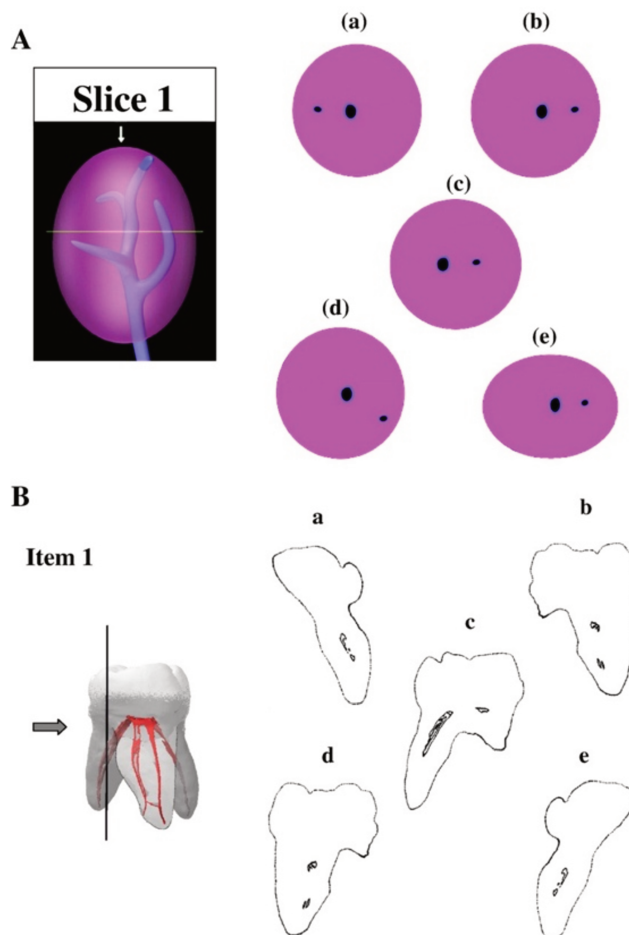


Figure 4 : Exercices proposés par Hegarty et al. afin d'évaluer les capacités à se représenter un plan de coupe à partir d'une figure en trois dimensions [22].

Il est demandé au candidat de sélectionner la coupe 2D correspondant à la section du modèle 3D.

### 2. 1. 1. 2 Orientation spatiale

L'orientation spatiale est définie comme étant « la capacité des étudiants à ne pas être perturbés face aux changements d'orientation d'une configuration spatiale » [13]. Cette notion fait appel aux capacités à se projeter dans l'espace afin de restituer une image 2D à partir des différents points de vue possibles d'un objet. Elle est évaluée par la capacité de projection (figure 5) [13,15,16].

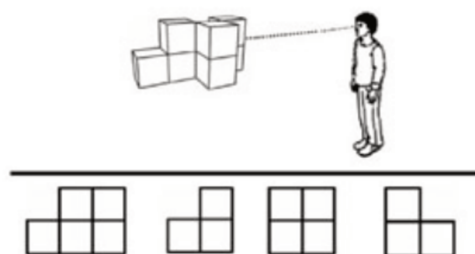


Figure 5 : exercice proposé par Pittalis et Christou [13] afin d'évaluer la notion d'orientation spatiale.

Le candidat doit indiquer quelle vue de face du solide correspond au point de vue de l'observateur.

### 2. 1. 1. 3 Relation spatiale

La relation spatiale est décrite comme étant « la capacité à manipuler rapidement un modèle visuel simple » [14]. La relation spatiale est étroitement liée à la navigation spatiale (la capacité à se représenter mentalement un trajet) [18], la perspective égocentrique (capacité à imaginer la rotation d'un objet sachant que l'observateur reste fixe) et allocentrique (capacités à se représenter un objet par rapport à un autre objet) ainsi que l'effet miroir (capacités à se représenter les images ou les objets tels qu'ils seraient vus au travers d'un miroir).

La relation spatiale peut être évaluée par des tests de rotation d'objet, de transformation égocentrique et allocentrique [13,15,17,19,20] ou encore de miroir [21] (figures 6 à 8). Dans ces tests plusieurs figures sont représentées sous différents points de vue, il faut alors appareiller les figures correspondant à celle

de référence. Le test de rotation d'objet le plus connu utilise plusieurs figures 3D composées de cubes se ressemblant étroitement [22].

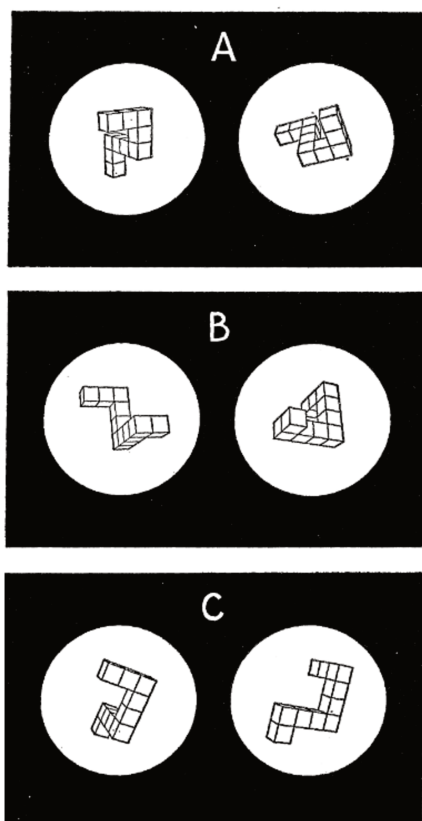


Figure 6 : test de Shepard et Metzler [17].

Il est demandé au candidat de repérer les couples de figures identiques entre elles (les figures sont alors représentées sous différents points de vue)

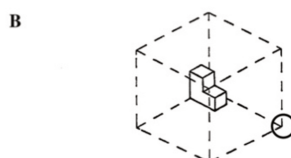
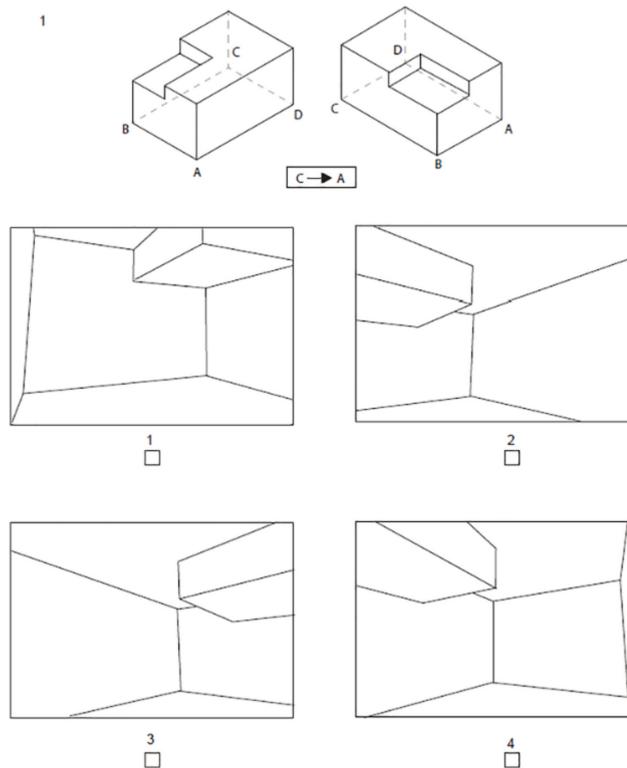


Figure 7 : Exercice proposé par Hegarty et al. [22] afin d'évaluer les capacités de transformation allocentrique.

Il est demandé au candidat de dessiner la figure si elle était observée depuis l'angle du cube entouré



**Figure 8** : exercice proposé par Berkowitz et al. [15], permettant d'évaluer les capacités de transformation allocentrique.

Il est demandé au candidat de s'imaginer comme étant placé au point C en regardant en direction du point A et de déterminer l'image correspondant à l'image pouvant être observée dans cette position.

Les notions d'orientation spatiale et de relation spatiale peuvent être différenciées par la nécessité ou non de transformer un objet 3D en image 2D. En effet, les tests concernant l'orientation spatiale demandent de restituer une image en 2D d'un objet en 3D. A l'inverse, les exercices proposés pour évaluer la notion de relation spatiale restent dans les mêmes dimensions (2D ou 3D) du début à la fin du test.

L'intégration de la rotation mentale à la relation spatiale est la plus fréquente mais reste controversée. En effet, certains auteurs préfèrent associer cette notion à la visualisation spatiale [15], tandis que d'autres la considèrent comme une notion à part entière au même titre que la visualisation spatiale, l'orientation spatiale ainsi que la relation spatiale [16,23]. Certains auteurs considèrent même que la rotation mentale englobe l'ensemble des capacités de représentation spatiale [24]. La rotation mentale est donc une notion complexe

pour laquelle les auteurs ne s'accordent pas toujours pour sa classification dans les capacités de représentation spatiale.

## 2. 1. 2 Principes de la vision tridimensionnelle et de la représentation spatiale

### 2. 1. 2. 1 La vision en trois dimensions

La perception d'un objet en 3D met en jeu le principe de vision stéréoscopique. Ce mécanisme permet de donner une impression de profondeur, d'estimer la distance avec un objet ou encore de déterminer la forme tridimensionnelle d'un objet [25]. Ce processus fait appel à la vision binoculaire et la capacité de triangulation des yeux avec l'objet fixé (figure 9).

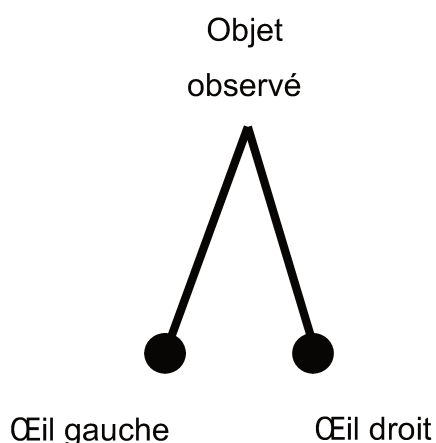
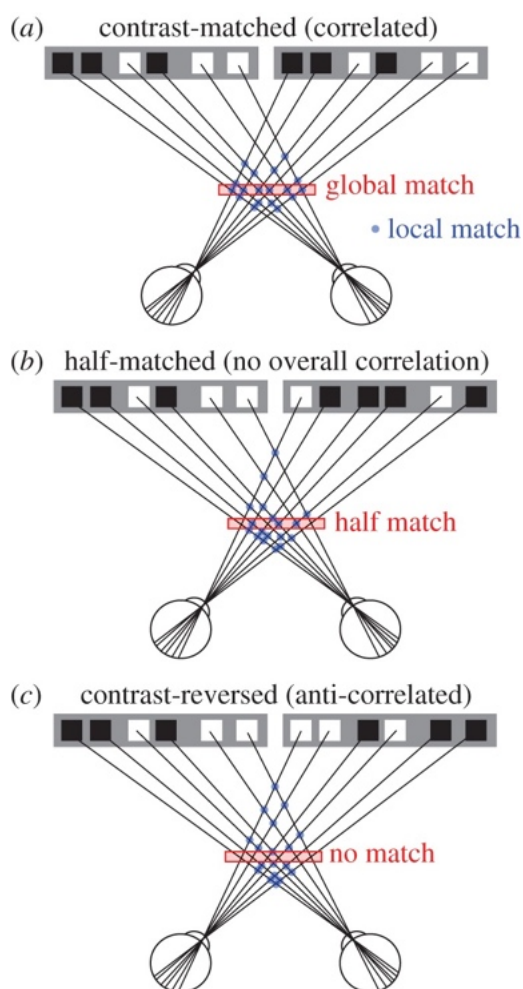


Figure 9 : principe de triangulation [26].

L'image perçue par l'œil gauche est donc en léger décalage par rapport à l'image perçue par l'œil droit. Ce phénomène est appelé disparité binoculaire. Une corrélation entre ces informations est alors créée au niveau du cortex, afin de former une représentation en 3D de l'image observée. Différents types de corrélation sont possibles, selon si l'œil droit et l'œil gauche perçoivent ou non les mêmes informations. Trois types de corrélation sont alors utilisés : la correspondance à contraste apparié ou corrélé, la semi-correspondance et enfin la correspondance à contraste inversé ou anti-corrélé. La correspondance à contraste apparié (ou corrélé) regroupe l'ensemble des images communes perçues par les deux yeux. La semi-correspondance désigne un modèle selon

lequel la moitié des informations est commune aux deux yeux (il n'existe pas de correspondance pour l'autre moitié des images perçues) ; la correspondance à contraste inversé ou anti-corrélé correspond à l'absence totale de corrélation entre les images perçues par l'œil droit et l'œil gauche (figure 10) [26]. Les informations ainsi récoltées au niveau de la rétine seront ensuite transmises et traitées au niveau du cerveau.



**Figure 10** : schéma des trois types de correspondance possibles entre l'image perçue par l'œil droit et celle perçue par l'œil gauche selon Fujita et Doi [27].

Selon la figure 10, plusieurs rayons en provenance des yeux sont matérialisés par des lignes et dirigés vers un carré noir ou blanc (l'image observée). Chaque paire de rayons sécants correspond au croisement d'un rayon provenant de l'œil droit avec celui de l'œil gauche. Plusieurs schémas sont possibles dans cette situation.

Le **schéma (a)** représente la correspondance à contraste apparié ou corrélé. Chacun des deux rayons sécants (appartenant à la même paire) observe

la même image (soit un carré blanc pour les deux rayons, soit un carré noir pour les deux rayons). Ce phénomène est représenté sous forme de points bleus sur la figure.

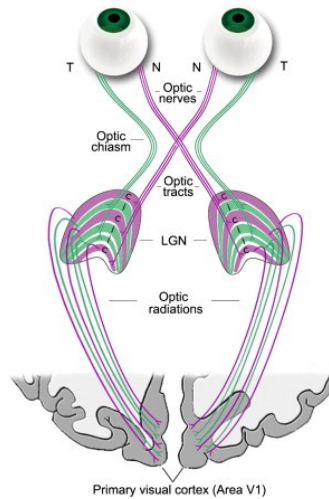
Le **schéma (b)** représente le phénomène de semi-correspondance. La correspondance concerne la moitié des paires de rayons sécants.

Pour le **schéma (c)**, la correspondance à contraste inversé ou anti-corrélé désigne l'absence totale de correspondance des paires de rayons sécants.

### **2. 1. 2. 2 Anatomie liée à la vision en trois dimensions et à la représentation spatiale**

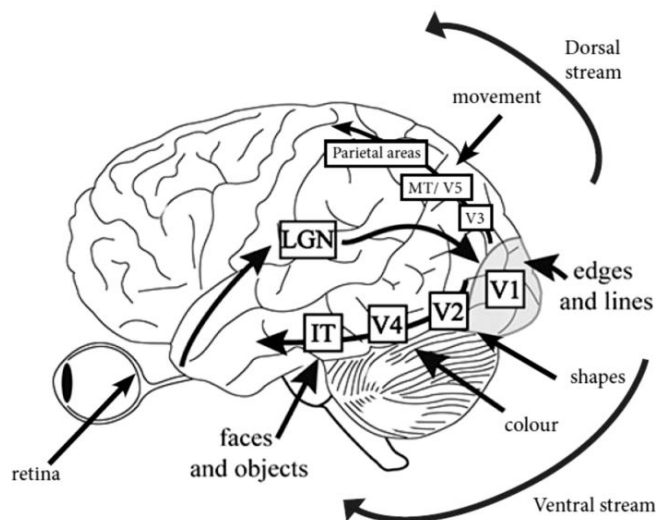
Les informations récoltées au niveau des fibres rétiniennes nasales et temporales pour chacun des deux yeux sont transmises au nerf optique gauche pour l'œil gauche et au nerf optique droit pour l'œil droit. L'ensemble est récolté au niveau des axones des cellules ganglionnaires rétiniennes et converge au niveau du chiasma optique. Pour chacun des deux yeux, la moitié des axones se projette vers le noyau géniculé latéral droit et l'autre moitié vers le noyau géniculé latéral gauche. Les radiations optiques permettent ensuite de faire le lien entre les noyaux géniculés latéraux droit et gauche et le cortex visuel primaire, lui-même situé au niveau de l'aire V1 [28] (figure 11).





**Figure 11** : schéma de la voie visuelle binoculaire (N : fibres rétiennes nasales ; T : fibres rétiennes temporelles ; LGN : noyau géniculé latéral) [28].

Deux flux distincts émergent de l'aire V1. Le premier flux ventral passe par les aires V2 et V4 jusqu'au cortex temporal inférieur (figure 12). Ce flux permet d'identifier les caractéristiques des objets observés (formes, couleurs). Le deuxième flux dorsal traverse les aires V3 et MT/V5 (région de traitement du mouvement) jusqu'au cortex temporal et pariétal supérieur. Les notions de relation spatiale et de profondeur sont intégrées grâce à ce flux. Des études chez le primate ont montrées que la perception de profondeur est aussi liée aux aires visuelles ventrales du cortex inférotemporal [29].



**Figure 12** : anatomie fonctionnelle de la vision humaine [30].

De nombreux autres indices sont aussi à prendre en compte pour permettre une vision tridimensionnelle tels que l'accommodation, la vergence ou encore les indices picturaux (perspective, ombrage, dégradés de texture, occlusion) [31]. En effet, le gyrus temporal inférieur caudal bilatéral, le sillon occipital latéral ainsi que d'autres sites bilatéraux le long du sillon intrapariétal sont liés à la perception tridimensionnelle à partir de la texture, tandis que la région du gyrus temporal inférieur caudal est liée à l'ombrage [32].

La capacité de rotation mentale quant à elle, serait liée au cortex pariétal postérieur droit. En effet, l'activation par un faible courant de cette zone corticale via des électrodes placées sur le cuir chevelu améliore les capacités de rotation mentale tridimensionnelle [33]. Par ailleurs, une étude menée chez les pilotes de ligne démontre que lors de la réalisation du test de Shepard et Metzler [22] (test de rotation mentale) active lui aussi le cortex pariétal, mais aussi la zone pré-motrice supplémentaire (pré-SMA) [34]. Le phénomène de rotation mentale activerait donc plusieurs zones distinctes du cerveau (figure 13). Les notions de stimuli corporels et non corporels semblent avoir également un rôle. En effet, les exercices de rotation mentale concernant les stimuli non corporels (incluant des éléments tels que des cubes ou divers objets) mettent en activation de nombreuses régions du cerveau latéralisées à droite [35].



Figure 13 : zones du cortex stimulées lors de la réalisation du test de rotation mentale de Shepard et Metzler [17] par les pilotes de ligne [34].

La capacité de représentation spatiale dépend donc de nombreux éléments anatomiques, tous liés plus ou moins étroitement les uns aux autres. Une perturbation sur un de ces processus pourrait donc facilement entraîner des difficultés de représentation spatiale globale.

## **2. 1. 3 Perturbation des capacités de représentation spatiale**

Les capacités de représentation spatiale peuvent être perturbées positivement ou négativement par différents facteurs : les caractères acquis, les facteurs extérieurs et les pathologies.

### **2. 1. 3. 1 Les caractères acquis**

L'individu naît et grandit avec certains critères acquis (l'âge, le genre et la génétique). Ces trois facteurs sont susceptibles d'impacter les capacités de représentation spatiale de l'individu.

L'âge agit sur les capacités de représentation spatiale. Chez les enfants, les capacités intrinsèques (ce qui correspond aux caractéristiques spatiales d'un objet) s'améliorent considérablement entre 6 et 8 ans tandis que les capacités extrinsèques (placement d'un objet par rapport à un autre) évoluent davantage entre 8 et 10 ans [36]. A l'inverse, les capacités de représentation spatiale diminueraient en vieillissant. Selon Tascon et collaborateurs, les personnes âgées de 70 à 79 ans présentent une altération des capacités spatiales par rapport aux personnes plus jeunes [37]. En effet, le contrôle des mouvements oculaires ainsi que la capacité de navigation spatiale diminuent avec l'âge. Elles sont par exemple à l'origine d'une diminution des capacités de conduite chez les personnes âgées [38].

Le genre influence également ces capacités même si le caractère acquis de cet impact reste aujourd'hui discuté. Les femmes présentent plus de difficultés que les hommes dans les tests de représentation spatiale, notamment pour les tâches de rotation mentale. Cela serait en partie dû à des facteurs biologiques. La précision aux exercices de représentation spatiale serait liée au taux salivaire de 17 beta-estradiol et le temps de réponse serait quant à lui lié aux taux de progestérone [39]. Par ailleurs, la plus forte présence d'androgènes chez les garçons que chez les filles orienterait leur préférence vers des activités mettant davantage en jeu les capacités de représentation spatiale. Par ailleurs, l'environnement des garçons, souvent plus riche en jeux de construction ou en

jeux vidéo que celui des filles, favoriserait également davantage le développement de leur capacités de représentation 3D [40].

Enfin, la génétique influence également les capacités de représentation spatiale. Le gène codant pour le récepteur 5-HT<sub>7</sub>R serait lié aux capacités de navigation spatiale allocentrique [41]. De même, l'expression du gène S100B est associée au schéma d'activation du cerveau pour la navigation spatiale [42].

### **2. 1. 3. 2 Les facteurs extérieurs**

Les facteurs extérieurs appartiennent à l'environnement de l'individu. Ceux-ci comme la fatigue, le stress, l'entraînement et la nationalité peuvent influencer les capacités de représentation spatiale mais restent modifiables. En effet, certains entraînements comme des exercices de réalité virtuelle [43], des jeux vidéo 3D [44,45] ou encore le sport [46] permettent d'améliorer les capacités de représentation spatiale.

La fatigue physique influence la perception d'une distance. Celle-ci serait perçue comme étant plus longue lorsque la fatigue physique est augmentée [47]. La fatigue mentale quant à elle réduirait le champ visuel ainsi que la précision dans certains gestes [48].

Le stress quant à lui semble impacter les performances d'apprentissage spatial (capacité à mémoriser un modèle tridimensionnel) mais ces résultats restent controversés. En effet, le stress de chacun est difficile à évaluer et de multiples autres facteurs extérieurs peuvent influencer les capacités de représentation spatiale [49].

La nationalité influencerait elle aussi les capacités de navigation spatiale. En effet, il existerait une différence significative dans les capacités de navigation spatiale selon la richesse économique d'un pays. Le PIB par habitant ainsi que le Gender Gap Index (GGI) des pays seraient des indices permettant de prédire les performances d'une population en termes de navigation spatiale. Plus le PIB par habitant augmente et plus les capacités de navigation spatiale de cette même population augmentent. Par ailleurs, plus le GGI d'un pays augmente et plus il est nécessaire de corriger les résultats à l'aide de l'indice OPcorr (instrument de

mesure permettant d'évaluer les capacités de navigation spatiale tout en neutralisant les compétences dans les jeux vidéo). En effet, plus il existe d'inégalités de genre en faveur des hommes dans un pays, et plus les hommes ont d'expérience dans les jeux vidéo. Ces prédictions sont cependant à nuancer. En effet, de nombreux éléments appartenant aux modes de vie propres à chaque pays sont aussi à prendre en compte (habitudes de conduite, activités culturelles, sports...) [50].

### **2. 1. 3. 3 Les pathologies**

Différentes pathologies peuvent impacter négativement les capacités de représentation spatiale : l'astigmatie, la présence de glaucome, la cataracte, le décollement de la rétine, les accidents vasculaires cérébraux, le diabète, l'épilepsie, les troubles développementaux, les maladies de Parkinson, d'Alzheimer, de Huntington ou encore la démence à corps de Lewy. Les capacités de représentation spatiale peuvent aussi être influencées de manière positive chez les personnes atteintes de séquence-synesthésie spatiale.

Les personnes astigmatiques (la cornée à la surface externe de l'œil ne présente pas de courbure parfaitement sphérique, les rayons arrivant au niveau de la rétine sont alors légèrement déviés et l'image observée est perçue comme étant floue) présentent une faible stéréo-acuité [51]. Or la stéréovision est le point de départ du processus de vision en 3D. Cette pathologie peut donc impacter négativement les capacités de représentation spatiale en agissant directement sur la vision.

Le glaucome est caractérisé par la destruction progressive des cellules ganglionnaires de la rétine. La stéréo-acuité proche et à distance du patient dépend du stade d'évolution (léger, modéré ou sévère). Plus le stade du glaucome est avancé et plus la vision est impactée [52–55].

La rétinopathie diabétique est une fragilisation des parois des capillaires sanguins présents sur la rétine. Les vaisseaux se rompent et la rétine est alors en partie privée de l'oxygénation apportée par le sang. La vision et la stéréo-acuité est ainsi impactée par l'endommagement de la rétine [56].

La cataracte est un trouble de la vision causé par l'opacification du cristallin. Cette pathologie entraîne une perte de stéréo-acuité et évolue avec l'âge du patient. Plus la personne est âgée et plus la stéréo-acuité baisse [57,58].

Le décollement de la rétine est une séparation de la partie neurosensorielle de la rétine à l'épithélium pigmentaire sous-jacent. La cause la plus fréquente est une rupture de la rétine suite à un traumatisme, mais peut également être liée à une fragilisation préalable de la rétine (myopie, cataracte, glaucome ou génétique). La prise en charge par chirurgie du décollement de la rétine permet de réparer celle-ci et de retrouver l'acuité visuelle alors perdue précédemment [59].

Un patient sur quatre présente des problèmes de navigation spatiale suite à un accident vasculaire cérébral (AVC) considéré léger [60]. La complexité et la diversité des processus cognitifs mis en place lors de la représentation spatiale rendent celles-ci très vulnérables aux lésions cérébrales engendrées par l'AVC. Des entraînements via la technique de réalité virtuelle permettraient à ces personnes de redévelopper de manière alternative les capacités de représentation spatiale [61].

L'épilepsie généralisée génétique ainsi que l'épilepsie de cause inconnue affectent elles aussi les capacités d'orientation spatiale. En effet, cette pathologie peut atteindre différentes zones du cerveau et ainsi impacter les capacités de représentation spatiale sans interférer sur la mémoire visuo-spatiale [62].

Les troubles développementaux peuvent eux aussi impacter les capacités de représentation spatiale.

- Le trouble du spectre autistique est à l'origine de troubles dans l'organisation visuo-spatiale. Les dessins de ces personnes sont plus fragmentés avec des lignes disjointes et les éléments représentés paraissent peu cohérents entre eux. En effet, elles se focalisent davantage sur des éléments précis du dessin, et moins sur le dessin dans son ensemble et l'harmonie potentielle entre les différents éléments. De plus, les tâches de traitement visuo-moteur (coordination entre les éléments perçus et les fonctions sensori-motrices) sont plus

compliquées pour les personnes atteintes d'un trouble du spectre de l'autistique [63].

- La dyslexie est associée à une diminution des capacités d'orientation spatiale [64]. Toutefois, ces déficits visuo-spatiaux varient selon l'âge et les différentes étapes de l'éducation. L'apprentissage des lettres et des mots dès les premières étapes d'éducation puis la compréhension du sens global d'une phrase plus tard peuvent être impactés par ces déficits visuo-spatiaux [65]. Par ailleurs, un entraînement de la voie magnocellulaire permet d'améliorer leur attention spatiale visuelle ainsi que leur capacité de lecture [66].

Des troubles de la représentation spatiale sont aussi rencontrés dans différentes pathologies affectant les capacités cognitives.

- La perception de la profondeur et la rotation mentale sont diminuées chez les personnes atteintes de la maladie de Parkinson. Ces aspects s'aggravent conjointement avec la progression de la maladie [30].
- Une altération du cortex pariétal droit associé à la maladie d'Alzheimer serait à l'origine d'une diminution des capacités de rotation mentale et de la précision ainsi qu'une augmentation du temps de réaction [67–69]. La connaissance sur ces symptômes a permis le développement d'un nouveau système de dépistage de la maladie.
- Les personnes atteintes de la démence à corps de Lewy présentent une diminution de leur capacité de représentation spatiale et de rotation mentale [70]. Ce déficit visuo-spatial serait lié à l'hypométabolisme du cortex occipital latéral [69].

Inversement, une amélioration des capacités de représentation spatiale a été observée chez les personnes atteintes de séquence-synesthésie spatiale. Ces personnes réalisent involontairement des associations entre des séquences (chiffres, mois, lettres) et des formes 2D ou 3D (par exemple des ronds, des ellipses ou des arcs). Celles-ci possèdent une navigation spatiale améliorée (notamment au niveau des capacités de transformation égocentrique et allocentrique) [71]. Il a aussi été démontré que ces personnes ont de meilleurs résultats aux tests de rotation mentale. Cependant ces résultats sont controversés entre les différentes études, ceci est lié aux différences individuelles entre les synesthètes [72,73].

## **2. 2 Les capacités de représentation spatiale en dentisterie**

Les capacités de représentation spatiale des étudiants influencent peu l'apprentissage théorique en odontologie [22]. Toutefois, l'utilisation d'outils numériques tridimensionnels dans l'enseignement intéresse les capacités de représentation spatiale des étudiants et permet de faciliter l'explication de notions complexes, comme la prothèse maxillo-faciale ou encore la visualisation des objectifs cliniques demandés (excavation de carie, coiffage pulpaire direct, reconstitution avec matériau plastique et préparation pour couronne) [74,75]. Cette méthode permet aux étudiants de s'intéresser à un cours dynamique, mêlant éléments visuels et cours théorique [76].

Les capacités de représentation spatiale des étudiants sont étroitement liées à leur réussite lors des travaux pratiques pré-cliniques. En effet, ces capacités aident les étudiants à travailler en vision indirecte dans un miroir en prothèse, dentisterie restauratrice et endodontie [5,6]. Elles sont également utiles pour l'analyse de radiographie panoramique, de CBCT ainsi que la chirurgie et la prothèse implantaire [7,8].

Par ailleurs, des exercices de réalité virtuelle permettent d'améliorer la réussite lors des travaux pratiques pré-cliniques. Une étude a comparé deux groupes d'étudiants en odontologie de 4<sup>e</sup> année lors de la réalisation d'une préparation pour couronne en céramique. Le premier groupe a été formé à l'aide d'une méthode de réalité virtuelle (l'étudiant regarde une vidéo de démonstration avec des vues extra-orale et intra-orale puis s'exerce ensuite sur un simulateur « fantôme »). Cet entraînement est filmé puis la vidéo est évaluée et un feedback est donné à l'étudiant. A l'inverse, le deuxième groupe s'est entraîné via la méthode conventionnelle (l'étudiant regarde la démonstration par l'enseignant puis s'entraîne ensuite sur un simulateur « fantôme »). Son modèle d'entraînement est ensuite évalué par l'enseignant. L'évaluation finale a montré que les notes sur les critères de réduction, conicité et délabrement des dents adjacentes étaient meilleures pour les étudiants formés avec la réalité virtuelle. Par ailleurs, les étudiants se sont accordés à dire que la méthode de formation numérique pourrait les aider à améliorer leur pratique [9,10].



Des exercices de réalité virtuelle via un simulateur nommé DENTIFY ont aussi été proposés à des étudiants dentaires, leur permettant de s'entraîner à réaliser différents types de soins sur des dents virtuelles. Les étudiants avaient la possibilité de réaliser des soins en vision indirecte ou non, sur une dent isolée ou intégrée à une arcade dentaire, avec une manipulation bimanuelle. Après plusieurs entraînements, il a été remarqué une diminution du temps nécessaire à la réalisation de l'exercice demandé [77].

La mise en place d'entraînements pratiques pour des étudiants dentaires via la réalité virtuelle a permis d'améliorer les compétences manuelles, la confiance en soi mais aussi la convergence des parois des cavités, la qualité du plancher pulpaire, les extensions de classe I, les contours de cavité et de diminuer les risques d'exposition pulpaire et le temps de préparation. Ce type d'exercice a aussi permis d'améliorer la qualité de préparation des couronnes et la pose d'implant [78].

Parallèlement, des tests de représentation spatiale sont utilisés pour anticiper les capacités d'un futur étudiant en chirurgie dentaire. Aux États-Unis, le Dental Admission Test (DAT) est un test de sélection (annexe 1) composé de quatre sous-parties, dont le Perceptual Ability Test (*PAT*). Il permet d'évaluer les capacités de représentation spatiale des candidats en se basant sur six exercices : les serrures, les projections, la classification des angles, les perforations, le comptage des cubes et les patrons en papier. Le *PAT* est composé de 90 questions au total, à réaliser en 60 minutes. Selon Watrous, les résultats au *PAT* sont corrélés avec les résultats de travaux pratiques de prothèse fixée des étudiants dentaire pour la réalisation d'une préparation périphérique [4]. Un lien a aussi été établi avec les résultats aux travaux pratiques de dentisterie restauratrice pour la réalisation de cavités de classe II et III [79].

### **III. Étude de l'impact des capacités de représentation spatiale sur les notes de travaux pratiques de prothèse**

#### **3. 1 Problématique, objectif et hypothèse**

Selon certains auteurs, les capacités de représentation spatiale permettent de prédire les résultats des étudiants aux exercices réalisés en travaux pratiques pré-cliniques de prothèse fixée [4]. Cependant, leur impact immédiat sur les résultats de travaux pratiques en prothèse fixée et amovible n'a jamais été étudié. Par ailleurs, les capacités de représentation spatiale peuvent être différenciées en trois notions (relation spatiale, orientation spatiale et visualisation spatiale) étroitement liées les unes aux autres. L'influence de chacune de ces trois notions n'a pas encore été étudiée sur la qualité des exercices réalisés en travaux pratiques de prothèse. L'étude des liens entre chacune de ces trois notions de représentation spatiale et des différents critères de notation des exercices réalisés en travaux pratiques de prothèse permettrait ainsi de proposer par la suite des exercices ciblés pour les étudiants afin d'améliorer leur performance.

L'objectif de cette étude a donc été d'évaluer l'influence des capacités de représentation spatiale des étudiants en 2<sup>e</sup> et 3<sup>e</sup> année à la faculté de chirurgie dentaire de Lille sur la qualité de leurs exercices réalisés lors des travaux pratiques de prothèse. L'hypothèse nulle testée est que les capacités de représentation spatiale des étudiants en 2<sup>e</sup> et 3<sup>e</sup> année à la faculté de chirurgie dentaire de Lille n'influencent pas les notes des exercices réalisés en travaux pratique de prothèse.

#### **3. 2 Matériel et méthodes**

Cette étude mono centrique non randomisée a été réalisée avec l'accord 2021-303 de la CNIL (annexe 2). Pour cette étude, l'accord de la CPP n'était pas obligatoire. En effet, selon l'article R1121-1 du Code de Santé Publique, le protocole à visée pédagogique avec des étudiant ne fait pas partie de la recherche non-interventionnelle impliquant la personne humaine. Cette étude

n'entrait donc pas dans la catégorie des recherches cliniques couvertes par la loi Jardé.

Dans cette étude, 155 étudiants de 2<sup>e</sup> et 99 de 3<sup>e</sup> année à la faculté de chirurgie dentaire de Lille ont été sollicités. Parmi eux, 94 étudiants de 2<sup>e</sup> année (69 femmes, 25 hommes) et 93 étudiants de 3<sup>e</sup> année (57 femmes, 36 hommes) ont été volontaires en donnant leur consentement éclairé. L'évaluation des travaux pratiques de prothèse fixée chez les P3 ne concernait que les étudiants évalués en PF entre le 1<sup>er</sup> et le 15 avril 2022 (61 étudiants sur les 99 au total ; 29 femmes, 32 hommes). Les étudiants de 3<sup>e</sup> année n'ayant pas participé à l'évaluation de prothèse fixée ont donc dû être exclus des statistiques concernant la prothèse fixée. L'ensemble des évaluations a été réalisé entre le 1<sup>er</sup> et le 15 avril 2022 (le questionnaire portant sur la capacité de représentation spatiale et les évaluations des travaux pratiques de prothèse). Un étudiant porteur d'une pathologie pouvant influencer les capacités de représentation spatiale a été exclu de l'étude. Les personnes atteintes de problèmes de vue ont tout de même été inclus, ceci pouvant être corrigé par des lunettes ou lentilles.

### **3. 2. 1 Evaluation de travaux pratiques de prothèse**

L'évaluation de prothèse amovible en 2<sup>e</sup> année a porté sur le montage de dents prothétiques sur base en cire en vue de compenser un édentement partiel maxillaire et mandibulaire. En 3<sup>e</sup> année, l'exercice était un tracé d'une prothèse amovible partielle métallique maxillaire. Les deux évaluations ont été élaborées autour de 5 critères notés sous forme binaire : 0 (non validé) ou 1 (validé) (tableau 1). La note finale était comprise entre 0 et 5.

En prothèse fixée, les étudiants de 2<sup>e</sup> année ont été évalués sur la réalisation d'une préparation périphérique totale avec une couronne provisoire. Quant aux 3<sup>e</sup> année, l'exercice était la réalisation d'une préparation pour inlay-core avec une couronne provisoire. Chaque promotion a donc été évaluée sur 2 exercices de prothèse fixée. Ces exercices ont été notés à l'aide 5 à 8 critères, notés sous forme binaire : 0 (non validé), 1 (validé) (tableau 1). La note de chacun des exercices a ensuite été ramenée sur 20 points. La note finale de prothèse

fixée était constituée de la moyenne sur 20 points des notes obtenues aux 2 exercices réalisés.

Tableau 1 : critères d'évaluation de prothèse retenus pour les 2<sup>e</sup> et 3<sup>e</sup> année

	2 <sup>e</sup> année	3 <sup>e</sup> année
<b>Critères retenus pour l'évaluation de PA</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• L'alignement des sillons</li> <li>• Respect de la forme des collets</li> <li>• Occlusion</li> <li>• Limites de la fausse gencive</li> <li>• Qualité de la cire</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tracé des potences et des connexions</li> <li>• Tracé des décolletages</li> <li>• Limites de la partie métallique de la prothèse</li> <li>• Limites de la résine</li> <li>• Tracé des crochets</li> </ul>
<b>Critères retenus pour l'évaluation de PF</b>	<p><b>Réalisation de la préparation :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Préparation type</li> <li>• Axe de préparation</li> <li>• Dépouille et conicité</li> <li>• Réduction occlusale</li> <li>• Intégration intra-arcade</li> <li>• Préparation cervicale</li> <li>• Respect des éléments adjacents</li> <li>• Finitions</li> </ul> <p><b>Réalisation de la couronne provisoire :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Anatomie type et contours axiaux</li> <li>• Points de contact fonctionnels</li> <li>• Respect des embrasures</li> <li>• Ajustage cervical</li> <li>• Occlusion</li> <li>• Finitions</li> </ul>	<p><b>Réalisation de l'inlay-core :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mise en forme de la cavité</li> <li>• Mise en forme et manipulation de la résine</li> <li>• Intrados et tenon</li> <li>• Ajustage cervical</li> <li>• Préparation (dépouille, intégration, occlusion)</li> </ul> <p><b>Réalisation de la couronne transitoire :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Qualité de la résine</li> <li>• Anatomie type et contours axiaux</li> <li>• Points de contact fonctionnels</li> <li>• Respect des embrasures</li> <li>• Ajustage cervical</li> <li>• Occlusion</li> <li>• Finitions</li> </ul>

### 3. 2. 2 Evaluation des capacités de représentation spatiale

Un questionnaire a permis d'évaluer les capacités de représentation spatiale des étudiants en 2<sup>e</sup> et 3<sup>e</sup> année (annexe 3). Le test proposé aux étudiants était composé de 6 exercices et d'une durée 21 minutes. Les notions

de relation spatiale, orientation spatiale et visualisation spatiale ont été évaluées à l'aide de 10 à 13 exercices. Chaque notion a été notée sur 6,5 à 7 points (note totale sur 20). Cette répartition a permis d'assurer une équité du temps d'évaluation selon les 3 notions (tableau 2). Les questions ont été réparties dans un ordre aléatoire pour chaque questionnaire distribué aux étudiants. Les résultats des tests ont été anonymisés et un chiffre aléatoire a été attribué à chacun des étudiants à l'aide d'un logiciel de randomisation.

Tableau 2 : répartition du temps et des paramètres évalués lors du test de représentation spatiale

Exercice	Notion évaluée		Points par question	Nombre de questions	Total	
Exercice 1	Visualisation spatiale		0,7 point/question	10	7 points	
Exercice 2	Orientation spatiale		0,5 point/question	13	6,5 points	
Exercice 3	Relation spatiale	Transformation égocentrique	0,5 point/question	2 + 1	1,5 point	6,5 points
Exercice 4		Transformation égocentrique	1 point/question	1	1 point	
Exercice 5		Transformation allocentrique	1 point/question	2	2 points	
Exercice 6		Effet miroir	0,5 point/question	4	2 points	

### 3. 2. 3 Analyse statistique

Les variables qualitatives ont été décrites par les effectifs et pourcentages. Les variables quantitatives ont été décrites par la moyenne et l'écart type en cas de distribution gaussienne, ou par la médiane et l'interquartile (i.e. 25<sup>e</sup> et 75<sup>e</sup> percentiles) dans le cas contraire. La normalité des distributions a été testée par un test de Shapiro-Wilk et vérifiée graphiquement par des histogrammes.

L'ensemble des analyses statistiques a été réalisé en séparant les étudiants de deuxième et de troisième année.

Les associations entre les notes totales de prothèse (amovible et fixée) et la note globale et par item du test de représentation spatiale ont été testées par des corrélations de Spearman, le coefficient de corrélation ( $\rho$ ) et son intervalle de confiance à 95% (IC95) étaient présentés.

Les associations entre les items des notes totales de prothèses (amovible et fixée) et les notes individuelles et totales du test de représentation spatiale ont été testées par des tests des rangs signés de Wilcoxon. Les comparaisons au sein de chaque exercice des notes de prothèses étaient ajustées par la méthode de Holm.

La comparaison des notes totales au test de représentation spatiale entre les étudiants de 2<sup>e</sup> et 3<sup>e</sup> année a été réalisée par un test de Student.

Le seuil de significativité des tests était fixé à 0.05. Les analyses statistiques ont été réalisées avec le logiciel R v4.1.

### 3. 3 Résultats

#### 3. 3. 1 Résultats chez les étudiants de 2<sup>e</sup> année

- **Prothèse amovible**

Concernant les étudiants en 2<sup>e</sup> année, il n'existe aucune corrélation entre la note du test de représentation spatiale et les notes de prothèse amovible (tableau 3-5).

Tableau 3 : corrélation entre la note totale obtenue au test de représentation spatiale et la note totale de prothèse amovible pour les étudiants en 2<sup>e</sup> année.

	<b>Rho [IC95]</b>	<b>P</b>
<b>Note totale de PA - note totale de représentation spatiale</b>	0,08 [-0,14 à 0,29]	0,460

Tableau 4 : corrélation entre les exercices de représentation spatiale et la note globale de prothèse amovible pour les étudiants en 2<sup>e</sup> année.

	<b>Rho [IC95]</b>	<b>P</b>
<b>Ex1 représentation spatiale - note totale de PA</b>	0,06 [-0,15 à 0,27]	0,556
<b>Ex2 représentation spatiale - note totale de PA</b>	0,03 [-0,18 à 0,23]	0,796
<b>Ex3 représentation spatiale - note totale de PA</b>	0,09 [-0,12 à 0,30]	0,404

Tableau 5 : corrélation entre les exercices de représentation spatiale et les exercices de prothèse amovible pour les étudiants en 2<sup>e</sup> année.

<b>Test de représentation spatiale</b>	<b>de</b>	<b>Ex1 non validé (n= 40)</b>	<b>Ex1 validé (n= 54)</b>	<b>P ajusté<sup>1</sup></b>
<b>Exercice 1</b>		4,90 [4,20 ; 6,30]	5,60 [4,20 ; 5,60]	0,999
<b>Exercice 2</b>		5,50 [3,00 ; 6,00]	5,50 [3,00 ; 6,00]	0,999
<b>Exercice 3</b>		5,50 [4,50 ; 6,50]	5,50 [4,50 ; 6,00]	0,999
<b>Note totale</b>		15,60 [12,22 ; 17,88]	15,40 [12,05 ; 17,30]	0,999

<b>Test de représentation spatiale</b>	<b>de</b>	<b>Ex2 non validé (n= 54)</b>	<b>Ex2 validé (n= 40)</b>	<b>P ajusté<sup>1</sup></b>
<b>Exercice 1</b>		4,90 [4,20 ; 6,30]	5,60 [4,20 ; 6,30]	0,999
<b>Exercice 2</b>		5,50 [3,00 ; 6,00]	5,50 [3,38 ; 6,00]	0,999
<b>Exercice 3</b>		5,25 [4,13 ; 6,00]	6,00 [4,88 ; 6,50]	0,488
<b>Note totale</b>		15,20 [11,78 ; 17,30]	16,35 [12,90 ; 17,60]	0,916

<b>Test de représentation spatiale</b>	<b>de</b>	<b>Ex3 non validé (n= 38)</b>	<b>Ex3 validé (n= 56)</b>	<b>P ajusté<sup>1</sup></b>
<b>Exercice 1</b>		4,90 [4,20 ; 5,60]	5,25 [4,20 ; 6,30]	0,999
<b>Exercice 2</b>		5,25 [2,63 ; 5,50]	5,50 [3,50 ; 6,00]	0,940
<b>Exercice 3</b>		5,50 [4,13 ; 6,50]	5,50 [4,50 ; 6,00]	0,999
<b>Note totale</b>		15,65 [11,10 ; 17,30]	15,25 [12,68 ; 17,60]	0,999

<b>Test de représentation spatiale</b>	<b>de</b>	<b>Ex4 non validé (n= 46)</b>	<b>Ex4 validé (n= 48)</b>	<b>P ajusté<sup>1</sup></b>
<b>Exercice 1</b>		4,90 [3,38 ; 6,30]	5,60 [4,20 ; 6,30]	0,999



<b>Exercice 2</b>	5,50 [2,50 ; 6,00]	5,00 [3,50 ; 5,63]	0,999
<b>Exercice 3</b>	5,50 [4,50 ; 6,00]	5,50 [4,50 ; 6,50]	0,999
<b>Note totale</b>	15,25 [11,78 ; 17,52]	15,65 [12,30 ; 17,30]	0,999

<b>Test de représentation spatiale</b>	<b>Ex5 non validé (n= 73)</b>	<b>Ex5 validé (n= 21)</b>	<b>P ajusté<sup>1</sup></b>
<b>Exercice 1</b>	5,60 [4,20 ; 6,30]	4,90 [4,20 ; 5,60]	0,999
<b>Exercice 2</b>	5,50 [3,00 ; 6,00]	5,50 [3,50 ; 6,00]	0,999
<b>Exercice 3</b>	5,50 [4,50 ; 6,00]	5,50 [4,50 ; 6,50]	0,999
<b>Note totale</b>	15,60 [12,00 ; 17,30]	15,20 [14,30 ; 17,30]	0,999

1 : ajustements réalisés par la méthode de Holm pour chaque item de PF (4 corrections à la fois).

- **Prothèse fixée**

Une faible corrélation positive ( $p=0,048$ ) entre la note totale au test de représentation spatiale et la note totale de prothèse fixée a pu être mise en évidence (tableau 6). Plus précisément, une corrélation significative a été mise en évidence entre l'exercice de relation spatiale (exercice 1 du test de représentation spatiale) et la note totale de prothèse fixée ( $p<0,001$ ) (tableau 7).

Tableau 6 : corrélation entre la note totale obtenue au test de représentation spatiale et la note totale de prothèse fixée pour les étudiants en 2<sup>e</sup> année.

	<b>Rho [IC95]</b>	<b>P</b>
<b>Note totale de PF- note totale de représentation spatiale</b>	0,20 [0,01 à 0,39]	0,048

Tableau 7 : corrélation entre les exercices de représentation spatiale et la note totale de prothèse fixée pour les étudiants en 2<sup>e</sup> année.

	<b>Rho [IC95]</b>	<b>P</b>
<b>Ex1 représentation spatiale - note totale de PF</b>	0,13 [-0,07 à 0,33]	0,206
<b>Ex2 représentation spatiale - note totale de PF</b>	0,09 [-0,13 à 0,29]	0,385
<b>Ex3 représentation spatiale - note totale de PF</b>	0,34 [0,16 à 0,50]	<0,001

De manière plus spécifique, la note de l'exercice de **visualisation spatiale** (exercice 1 du test de représentation spatiale) était significativement meilleure pour les étudiants ayant validé le critère concernant l'axe de la préparation (exercice 8 de PF) ( $p=0,028$ ) par rapport à ceux les ayant non validés (tableau 8).

De plus, la note obtenue aux exercices d'**orientation spatiale** (exercice 2 du test de représentation spatiale) ainsi que la **note totale du test de représentation spatiale** étaient significativement meilleures pour les étudiants ayant validé les critères d'ajustage cervical de la couronne provisoire (exercice 4 de PF) ( $p=0,015$  pour les deux) par rapport à ceux les ayant non validés.

Enfin, la note obtenue à l'exercice de **relation spatiale** (exercice 3 du test de représentation spatiale) était significativement meilleure pour les étudiants ayant validé les critères concernant la réalisation des points de contact (exercice 2 de PF) ( $p=0,022$ ), d'ajustage cervical (exercice 4 de PF) ( $p=0,010$ ) et d'intégration intra-arcade (exercice 11 de PF) ( $p=0,035$ ), ainsi que les finitions de la préparation (exercice 14 de PF) ( $p=0,029$ ) par rapport à ceux les ayant non validés.

**Tableau 8** : corrélation entre les exercices de représentation spatiale et les exercices de prothèse fixée pour les étudiants en 2<sup>e</sup> année.

<b>Test de représentation spatiale</b>	<b>Ex1 non validé (n= 10)</b>	<b>Ex1 validé (n= 84)</b>	<b>P ajusté<sup>1</sup></b>
<b>Exercice 1</b>	4,90 [4,38 ; 6,13]	5,25 [4,20 ; 6,30]	0,989
<b>Exercice 2</b>	4,25 [1,38 ; 5,50]	5,50 [3,38 ; 6,00]	0,879
<b>Exercice 3</b>	5,25 [4,50 ; 5,88]	5,50 [4,50 ; 6,50]	0,989
<b>Note totale</b>	14,50 [10,47 ; 16,50]	15,80 [12,22 ; 17,60]	0,989

<b>Test de représentation spatiale</b>	<b>Ex2 non validé (n= 13)</b>	<b>Ex2 validé (n= 81)</b>	<b>P ajusté<sup>1</sup></b>
<b>Exercice 1</b>	3,50 [2,80 ; 6,30]	5,60 [4,20 ; 6,30]	0,189
<b>Exercice 2</b>	3,00 [1,50 ; 5,50]	5,50 [3,50 ; 6,00]	0,189
<b>Exercice 3</b>	3,50 [3,00 ; 5,00]	5,50 [4,50 ; 6,50]	0,022
<b>Note totale</b>	12,00 [8,50 ; 15,30]	15,90 [13,10 ; 17,60]	0,075

<b>Test de représentation spatiale</b>	<b>Ex3 non validé (n= 15)</b>	<b>Ex3 validé (n= 79)</b>	<b>P ajusté<sup>1</sup></b>
<b>Exercice 1</b>	4,90 [3,85 ; 5,95]	4,90 [4,20 ; 6,30]	0,526
<b>Exercice 2</b>	3,00 [0,75 ; 5,75]	5,50 [3,50 ; 6,00]	0,159
<b>Exercice 3</b>	5,00 [3,75 ; 5,50]	5,50 [4,50 ; 6,50]	0,079
<b>Note totale</b>	12,00 [9,25 ; 17,10]	15,70 [12,95 ; 17,60]	0,159

<b>Test de représentation spatiale</b>	<b>Ex4 non validé (n= 24)</b>	<b>Ex4 validé (n= 70)</b>	<b>P ajusté<sup>1</sup></b>
<b>Exercice 1</b>	4,90 [3,50 ; 6,30]	5,60 [4,20 ; 6,30]	0,369
<b>Exercice 2</b>	3,00 [1,38 ; 5,50]	5,50 [4,50 ; 6,00]	0,015

<b>Exercice 3</b>	4,50 [3,38 ; 5,50]	5,50 [4,63 ; 6,50]	0,010
<b>Note totale</b>	12,70 [9,18 ; 16,15]	16,15 [13,47 ; 17,60]	0,015

<b>Test de représentation spatiale</b>	<b>Ex5 non validé (n= 4)</b>	<b>Ex5 validé (n= 90)</b>	<b>P ajusté<sup>1</sup></b>
<b>Exercice 1</b>	4,90 [4,03 ; 5,25]	5,25 [4,20 ; 6,30]	*
<b>Exercice 2</b>	4,00 [2,13 ; 5,63]	5,50 [3,00 ; 6,00]	*
<b>Exercice 3</b>	3,75 [2,75 ; 4,88]	5,50 [4,50 ; 6,50]	*
<b>Note totale</b>	14,15 [11,15 ; 15,00]	15,80 [12,07 ; 17,52]	*

<b>Test de représentation spatiale</b>	<b>Ex6 non validé (n= 9)</b>	<b>Ex6 validé (n= 85)</b>	<b>P ajusté<sup>1</sup></b>
<b>Exercice 1</b>	4,90 [4,20 ; 5,60]	5,60 [4,20 ; 6,30]	0,506
<b>Exercice 2</b>	3,50 [2,50 ; 5,50]	5,50 [3,00 ; 6,00]	0,506
<b>Exercice 3</b>	4,50 [3,50 ; 5,50]	5,50 [4,50 ; 6,50]	0,408
<b>Note totale</b>	14,10 [9,20 ; 15,30]	15,90 [12,30 ; 17,60]	0,408

<b>Test de représentation spatiale</b>	<b>Ex7 non validé (n= 12)</b>	<b>Ex7 validé (n= 82)</b>	<b>P ajusté<sup>1</sup></b>
<b>Exercice 1</b>	4,9 [4,03 ; 5,78]	5,03 [4,20 ; 6,30]	0,999
<b>Exercice 2</b>	5,5 [3,75 ; 5,50]	5,50 [3,00 ; 6,00]	0,999
<b>Exercice 3</b>	5,50 [3,38 ; 5,63]	5,50 [4,50 ; 6,50]	0,824
<b>Note totale</b>	15,40 [11,97 ; 17,38]	15,5 [12,30 ; 17,30]	0,999

<b>Test de représentation spatiale</b>	<b>Ex8 non validé (n= 15)</b>	<b>Ex8 validé (n= 79)</b>	<b>P ajusté<sup>1</sup></b>
<b>Exercice 1</b>	4,20 [3,50 ; 4,90]	5,60 [4,20 ; 6,30]	0,028

<b>Exercice 2</b>	5,50 [2,75 ; 6,00]	5,50 [3,00 ; 6,00]	0,921
<b>Exercice 3</b>	5,50 [3,00 ; 6,00]	5,50 [4,50 ; 6,50]	0,420
<b>Note totale</b>	13,90 [11,25 ; 16,20]	15,90 [12,30 ; 17,45]	0,420

<b>Test de représentation spatiale</b>	<b>Ex9 non validé (n= 25)</b>	<b>Ex9 validé (n= 69)</b>	<b>P ajusté<sup>1</sup></b>
<b>Exercice 1</b>	4,90 [4,20 ; 6,30]	5,60 [4,20 ; 6,30]	0,985
<b>Exercice 2</b>	5,50 [3,00 ; 6,00]	5,50 [3,00 ; 6,00]	0,999
<b>Exercice 3</b>	5,50 [4,50 ; 6,00]	5,50 [4,50 ; 6,50]	0,999
<b>Note totale</b>	15,20 [11,90 ; 17,30]	15,60 [12,80 ; 17,30]	0,999

<b>Test de représentation spatiale</b>	<b>Ex10 non validé (n= 15)</b>	<b>Ex10 validé (n= 79)</b>	<b>P ajusté<sup>1</sup></b>
<b>Exercice 1</b>	4,90 [4,20 ; 5,60]	5,60 [4,20 ; 6,30]	0,556
<b>Exercice 2</b>	4,50 [2,25 ; 5,50]	5,50 [3,00 ; 6,00]	0,556
<b>Exercice 3</b>	4,50 [3,75 ; 5,50]	5,50 [4,50 ; 6,50]	0,100
<b>Note totale</b>	14,30 [11,60 ; 15,75]	15,90 [12,55 ; 17,60]	0,240

<b>Test de représentation spatiale</b>	<b>Ex11 non validé (n= 20)</b>	<b>Ex11 validé (n= 74)</b>	<b>P ajusté<sup>1</sup></b>
<b>Exercice 1</b>	4,90 [4,03 ; 5,78]	5,60 [4,20 ; 6,30]	0,545
<b>Exercice 2</b>	5,25 [1,38 ; 6,00]	5,50 [3,13 ; 6,00]	0,786
<b>Exercice 3</b>	4,50 [3,00 ; 5,63]	5,50 [4,50 ; 6,50]	0,035
<b>Note totale</b>	13,90 [9,58 ; 16,85]	15,90 [12,80 ; 17,50]	0,468

<b>Test de représentation spatiale</b>	<b>Ex12 non validé (n= 22)</b>	<b>Ex12 validé (n= 71)</b>	<b>P ajusté<sup>1</sup></b>
--	------------------------------------	--------------------------------	---------------------------------

<b>Exercice 1</b>	4,55 [3,68 ; 5,60]	5,60 [4,20 ; 6,30]	0,466
<b>Exercice 2</b>	5,50 [3,75 ; 6,00]	5,50 [3,00 ; 6,00]	0,999
<b>Exercice 3</b>	5,50 [4,63 ; 6,00]	5,50 [4,50 ; 6,50]	0,999
<b>Note totale</b>	15,60 [12,65 ; 17,43]	15,60 [12,10 ; 17,30]	0,999

<b>Test de représentation spatiale</b>	<b>Ex13 non validé (n= 17)</b>	<b>Ex13 validé (n= 77)</b>	<b>P ajusté<sup>1</sup></b>
<b>Exercice 1</b>	4,90 [4,20 ; 5,60]	5,60 [4,20 ; 6,30]	0,999
<b>Exercice 2</b>	5,50 [1,50 ; 6,00]	5,50 [3,00 ; 6,00]	0,999
<b>Exercice 3</b>	5,00 [4,00 ; 6,00]	5,50 [4,50 ; 6,50]	0,999
<b>Note totale</b>	14,30 [9,60 ; 16,90]	15,90 [12,30 ; 17,60]	0,999

<b>Test de représentation spatiale</b>	<b>Ex14 non validé (n= 9)</b>	<b>Ex14 validé (n= 85)</b>	<b>P ajusté<sup>1</sup></b>
<b>Exercice 1</b>	4,20 [3,50 ; 4,90]	5,60 [4,20 ; 6,30]	0,223
<b>Exercice 2</b>	4,50 [3,00 ; 5,50]	5,50 [3,00 ; 6,00]	0,572
<b>Exercice 3</b>	4,50 [3,00 ; 5,00]	5,50 [4,50 ; 6,50]	0,029
<b>Note totale</b>	13,40 [10,50 ; 15,20]	15,90 [12,30 ; 17,60]	0,187

1 : ajustements réalisés par la méthode de Holm pour chaque item de PF (4 corrections à la fois)

\* pas de résultat possible étant donné le nombre insuffisant d'étudiants ayant non validé cet exercice.

L'ensemble des résultats pour les étudiants en 2<sup>e</sup> année ont été synthétisés dans le tableau 9.

Tableau 9 : corrélations mises en évidence au cours des test réalisés pour les étudiants de 2<sup>e</sup> année. Une croix correspond à la présence de corrélation.

		Visualisation spatiale (ex 1)	Orientation spatiale (ex 2)	Relation spatiale (ex 3)	Note totale au test de représentation spatiale
<b>Note totale au test de PA</b>					
1. Sillons alignés					
2. Collets respectés					
3. Occlusion					
4. Limites de la fausse gencive					
5. Cire					
<b>Note totale au test de PF</b>				<b>X</b>	<b>X</b>
Couronne provisoire	1. Anatomie type, contours axiaux				
	2. Points de contact			<b>X</b>	
	3. Embrasures				
	4. Ajustage cervical		<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>
	5. Occlusion				
	6. Finitions				
Préparation	7. Préparation type				
	8. Axe	<b>X</b>			
	9. Dépouille - conicité				
	10. Préparation occlusale				

	11. Intégration intra-arcade			<b>X</b>	
	12. Limites cervicales				
	13. Eléments adjacents				
	14. Finitions			<b>X</b>	



### 3. 3. 2 Résultats chez les étudiants de 3<sup>e</sup> année

- **Prothèse amovible**

Concernant les étudiants en 3<sup>e</sup> année, il a été mis en évidence une faible corrélation positive ( $\rho = 0,23$ ) entre la note totale au test de représentation spatiale et les notes totales de prothèse amovible ( $p=0,024$ ) (tableau 10). Plus précisément, une faible corrélation ( $\rho = 0,21$ ) a été établie entre la note de l'exercice de relation spatiale (exercice 3 du test de représentation spatiale) et la note totale de prothèse amovible ( $p=0,041$ ) (tableau 11).

Tableau 10 : corrélation entre la note totale obtenue au test de représentation spatiale et la note totale de prothèse amovible pour les étudiants en 3<sup>e</sup> année.

	<b>Rho [IC95]</b>	<b>P</b>
<b>Note totale de PA – note totale de représentation spatiale</b>	0,23 [0,03 à 0,41]	0,024

Tableau 11 : corrélation entre les exercices de représentation spatiale et la note totale de prothèse amovible pour les étudiants en 3<sup>e</sup> année.

	<b>Rho [IC95]</b>	<b>P</b>
<b>Ex1 représentation spatiale - note totale de PA</b>	0,12 [-0,09 à 0,31]	0,271
<b>Ex2 représentation spatiale - note totale de PA</b>	0,14 [-0,07 à 0,35]	0,176
<b>Ex3 représentation spatiale - note totale de PA</b>	0,21 [-0,01 à 0,42]	0,041

Cependant lorsqu'on étudie chacun des exercices de manière séparée, aucune corrélation n'a pu être mise en évidence entre les notes de prothèse amovible et celles du test de représentation spatiale (tableau 12).

Tableau 12 : corrélation entre les exercices de représentation spatiale et les exercices de prothèse amovible pour les étudiants en 3<sup>e</sup> année.

<b>Test de représentation spatiale</b>	<b>Ex1 non validé (n= 58)</b>	<b>Ex1 validé (n= 35)</b>	<b>P ajusté<sup>1</sup></b>
<b>Exercice 1</b>	5,60 [4,38 ; 6,30]	5,60 [4,90 ; 6,30]	0,634
<b>Exercice 2</b>	5,25 [3,50 ; 6,00]	5,50 [5,25 ; 6,00]	0,108
<b>Exercice 3</b>	4,50 [3,63 ; 5,50]	5,00 [4,50 ; 6,00]	0,108
<b>Note totale</b>	15,00 [12,62 ; 16,90]	16,30 [14,55 ; 17,60]	0,108

<b>Test de représentation spatiale</b>	<b>Ex2 non validé (n= 33)</b>	<b>Ex2 validé (n= 60)</b>	<b>P ajusté<sup>1</sup></b>
<b>Exercice 1</b>	4,90 [4,20 ; 6,30]	5,60 [4,90 ; 6,30]	0,640
<b>Exercice 2</b>	5,50 [4,00; 6,00]	5,50 [4,50 ; 6,00]	0,687
<b>Exercice 3</b>	4,50 [3,50 ; 5,50]	5,00 [4,50 ; 6,00]	0,618
<b>Note totale</b>	14,90 [12,80 ; 16,30]	15,85 [13,83 ; 17,60]	0,268

<b>Test de représentation spatiale</b>	<b>Ex3 non validé (n= 65)</b>	<b>Ex3 validé (n= 28)</b>	<b>P ajusté<sup>1</sup></b>
<b>Exercice 1</b>	5,60 [4,90 ; 6,3]	5,60 [4,73; 5,77]	0,999
<b>Exercice 2</b>	5,50 [4,50 ; 6]	5,50 [4,00 ; 6,00]	0,999
<b>Exercice 3</b>	5,00 [4,00 ; 6]	4,50 [3,50 ; 6,00]	0,999
<b>Note totale</b>	15,60 [13,50 ; 17,30]	15,05 [13,33; 16,62]	0,999

<b>Test de représentation spatiale</b>	<b>Ex4 non validé (n= 83)</b>	<b>Ex4 validé (n= 10)</b>	<b>P ajusté<sup>1</sup></b>
<b>Exercice 1</b>	5,60 [4,55 ; 6,30]	5,60 [5,08 ; 5,60]	0,999
<b>Exercice 2</b>	5,50 [4,50 ; 6,00]	6,00 [4,38 ; 6,00]	0,999
<b>Exercice 3</b>	5,00 [4,00 ; 6,00]	5,00 [3,75; 5,75]	0,999

<b>Note totale</b>	15,60 [13,25; 17,20]	15,05 [13,60 ; 16,98]	0,999
<b>Test de représentation spatiale</b>	<b>Ex5 non validé (n= 46)</b>	<b>Ex5 validé (n= 47)</b>	<b>P ajusté<sup>1</sup></b>
<b>Exercice 1</b>	5,60 [4,20 ; 6,30]	5,60 [4,90 ; 6,30]	0,332
<b>Exercice 2</b>	5,50 [4,12; 6,00]	5,50 [4,50 ; 6,00]	0,882
<b>Exercice 3</b>	4,50 [3,50 ; 5,50]	5,00 [4,50; 6,00]	0,300
<b>Note totale</b>	15,05 [12,72; 16,67]	15,90 [14,25; 17,45]	0,332

1 : ajustements réalisés par la méthode de Holm pour chaque item de PF (4 corrections à la fois)

- **Prothèse fixée**

Aucune corrélation n'a été mise en évidence entre la note totale au test de représentation spatiale et la note totale de prothèse fixée (tableau 13), bien qu'une corrélation faible ( $\rho=0,26$ ) entre la note à l'exercice de visualisation spatiale (exercice 1 du test de représentation spatiale) et la note totale de prothèse fixée a été montrée ( $p=0,049$ ) (tableau 14 et 15).

Tableau 13 : corrélation entre la note totale obtenue au test de représentation spatiale et la note totale de prothèse fixée pour les étudiants en 3<sup>e</sup> année.

	<b>Rho [IC95]</b>	<b>P</b>
<b>Note totale de PF – note totale de représentation spatiale</b>	0,03 [-0,17 à 0,22]	0,777

Tableau 14 : corrélation entre les exercices de représentation spatiale et la note totale de prothèse fixée pour les étudiants en 3<sup>e</sup> année.

	<b>Rho [IC95]</b>	<b>P</b>
<b>Ex1 représentation spatiale - note totale de PF</b>	0,26 [0,00 à 0,49]	0,049
<b>Ex2 représentation spatiale - note totale de PF</b>	0,23 [-0,01 à 0,46]	0,080
<b>Ex3 représentation spatiale - note totale de PF</b>	-0,01 [-0,25 à 0,28]	0,979

L'ensemble des résultats pour les étudiants en 3<sup>e</sup> année ont été synthétisés dans le tableau 15.

**Tableau 15** : corrélations mises en évidence au cours des tests réalisés pour les étudiants de 3<sup>e</sup> année. Une croix correspond à la présence de corrélation.

	<b>Visualisation spatiale (ex 1)</b>	<b>Orientation spatiale (ex 2)</b>	<b>Relation spatiale (ex 3)</b>	<b>Note totale au test de représentation spatiale</b>
<b>Note totale au test de PA</b>			X	X
1. Potences, connexions				
2. Décolletages				
3. Limites métal				
4. Crochets				
5. Limites de résine				
<b>Note totale au test de PF</b>	X			

Enfin il n'a pas été mis en évidence de différence significative entre les P2 et les P3 pour les notes au test de représentation spatiale (tableau 16).

**Tableau 16** : comparaison des notes de représentations spatiales entre les étudiants en 2<sup>e</sup> année et en 3<sup>e</sup> année.

<b>Moyenne (<math>\pm</math> écart-type) du score total chez les P2</b>	<b>Moyenne (<math>\pm</math> écart-type) du score total chez les P3</b>	<b>P</b>
<b>14.58 (3.71)</b>	<b>15.02 (2.91)</b>	<b>0.360</b>

#### **IV. Discussion**

Les capacités de représentation spatiale sont primordiales en chirurgie dentaire. Elles sont utilisées en prothèse pour la visualisation en 3D des projets prothétiques et facilitent la mise en œuvre du plan de traitement [1–3]. Aujourd'hui, le lien entre les capacités de représentation spatiales et la réussite aux travaux pratiques pré-cliniques de prothèses n'est pas directement évalué chez les étudiants en chirurgie dentaire. L'objectif de notre étude a donc été d'évaluer l'influence des capacités de représentation spatiale des étudiants en 2<sup>e</sup> et 3<sup>e</sup> année à la faculté de chirurgie dentaire de Lille sur la qualité de leurs exercices réalisés lors des travaux pratiques de prothèse. L'hypothèse nulle testée selon laquelle les capacités de représentation spatiale des étudiants en 2<sup>e</sup> et 3<sup>e</sup> année à la faculté de chirurgie dentaire de Lille n'influencent pas les notes des exercices réalisés en travaux pratiques de prothèse a été rejetée.

La réalisation des exercices en travaux pratiques de prothèse peut améliorer les compétences prothétiques ainsi que la représentation spatiale des étudiants. Ainsi, l'ensemble des tests de cette étude a été réalisé à quelques jours d'intervalle lors des épreuves finales de travaux pratiques de prothèse afin de limiter ce biais. Malheureusement, l'évaluation des travaux pratiques de prothèse fixée chez les étudiants de 3<sup>e</sup> année ne concernait que les étudiants n'ayant pas validé leur préparation périphérique au début du semestre (61 étudiants sur les 99 au total). Les étudiants de 3<sup>e</sup> année n'ayant pas participé aux travaux pratiques de prothèse fixée en avril ont donc dû être exclus

Les participants astigmates et hypermétropes n'ont pas été exclus de l'étude. En effet, ces problèmes sont pour la plupart du temps diagnostiqués et traités avec le port de lentilles ou lunettes de correction. De plus, l'exclusion de ces étudiants réduisait considérablement la représentativité de l'étude (68 des 94 étudiants en 2<sup>e</sup> année et 51 des 93 étudiants en 3<sup>e</sup> année, soit 119 des 187 étudiants au total). Par ailleurs, les paramètres tels que la fatigue et le stress (comme vus précédemment) sont difficiles à évaluer et n'ont donc pas été pris en compte lors de la réalisation des tests. D'autres études sont nécessaires pour étudier l'influence de ces paramètres.

Concernant l'évaluation, certains critères de notation des évaluations de prothèse fixée ont été exclus, jugés comme n'étant pas en lien avec les capacités de représentation spatiale (l'ergonomie, les préparatifs). L'ensemble des modèles de prothèse amovible ont été réévalués. En effet, l'évaluation initiale comprenait des critères éliminatoires et ne permettait pas d'évaluer les critères en lien avec les capacités de représentation spatiale. Les modèles de prothèse fixée en 3<sup>e</sup> année n'ont malheureusement pas pu être réévalués. Ces derniers avaient été redonnés aux étudiants et n'étaient plus accessibles. Par ailleurs, le détail du barème des notes de prothèse fixée n'ayant pas pu être récupéré, les résultats aux différents exercices proposés lors de cette évaluation de prothèse fixée n'ont donc pas pu être étudiés séparément avec le reste des résultats (comme réalisé chez les 2<sup>e</sup> année). Ainsi, la note totale à l'évaluation de prothèse fixée chez les étudiants de 3<sup>e</sup> année a donc uniquement été prise en compte.

De nombreux paramètres ont été testés dans cette étude. Afin de limiter le risque de 5% de se tromper dans la significativité, nous avons appliqué une correction. Par ailleurs, les absences de corrélation entre les différents paramètres étudiés dans cette étude peuvent s'expliquer par un trop faible nombre de participants.

Les capacités de représentations spatiales sont impactées par le genre [37,38]. Pour cette étude, trois fois plus de femmes que d'hommes étaient présents chez les étudiants de 2<sup>e</sup> année, et deux fois plus de femmes que d'hommes en 3<sup>e</sup> année. Il serait intéressant dans le futur que le nombre d'hommes et de femmes inclus dans l'étude soit identique.

Par ailleurs, l'absence de différence significative pour les résultats au test de représentation spatiale entre les 2<sup>e</sup> et 3<sup>e</sup> années peut être expliquée par la présence de redoublants dans chacune des promotions (43 redoublants en P2 et 25 redoublants en P3). Le temps et les séances d'entraînement pour les épreuves de prothèse ne sont donc pas les mêmes pour tous les étudiants. Il serait intéressant dans le futur d'exclure les étudiants concernés par un redoublement.

- **Chez les étudiants de 2<sup>e</sup> année :**

Une corrélation positive a pu être établie entre la note totale au test de représentation spatiale et les notes totales de prothèse fixée. Plus précisément, les résultats obtenus à l'exercice de relation spatiale sont corrélés à la note totale de prothèse fixée. Il semble donc que la capacité de visualiser dans les trois sens de l'espace les objectifs attendus au cours de l'épreuve est indispensable à sa réussite.

La corrélation entre le test de visualisation spatiale et l'axe de préparation pourrait être expliquée par la capacité à respecter les dimensions de congés demandées ainsi qu'une réduction homothétique de la dent pour une couronne définitive. L'étudiant doit alors être en mesure de visualiser la réduction nécessaire. Les notions de volume mais aussi de coupe (car il faut pouvoir s'imaginer la préparation réalisée sous différents plans de coupe, afin de s'assurer que la réduction de la dent est homogène et suffisante) sont utilisées.

Pour ce qui est de la corrélation entre le test d'orientation spatiale et l'ajustage cervical de la couronne provisoire, ceci pourrait se justifier par la nécessité à pouvoir visualiser la continuité entre la dent préparée et la couronne provisoire sous différents points de vue. La corrélation entre la note totale du test de représentation spatiale et l'ajustage cervical permet de confirmer l'importance des capacités de représentation dans la réalisation de ce critère prothétique.

Pour l'exercice de relation spatiale, une corrélation a été établie avec l'intégration intra-arcade, la réalisation de points de contact et l'ajustage cervical de la couronne provisoire. En effet, la position de cette couronne avec les dents adjacentes et l'ajustage font référence à la notion de représentation allocentrique (appartenant elle-même au domaine de relation spatiale). Cette corrélation pourrait se justifier par la capacité à visualiser l'alignement de la réduction avec les pointes cuspidiennes des dents adjacentes.

Enfin le lien entre la relation spatiale et les finitions de la préparation pourraient s'expliquer par la capacité de s'imaginer la dent sous différents points de vue afin de contrôler l'ensemble des rectifications.



- **Chez les étudiants de 3<sup>e</sup> année :**

Une corrélation a pu être mise en évidence entre l'exercice de visualisation spatiale et la note totale de prothèse fixée. Il était demandé aux étudiants de réaliser sur une même dent une préparation pour inlay core, monter un inlay core en résine calcinable et enfin de réaliser la couronne provisoire. L'étudiant doit être capable de visualiser l'espace prévu pour la couronne provisoire, le volume attribué à l'embrasure afin de permettre au patient un brossage interdentaire correct, ou encore visualiser l'engrènement des différents volumes cuspidiens lors de la mise en occlusion des modèles.

La réalisation d'exercices de représentation spatiale tels que ceux réalisés au cours du test de représentation spatiale dans notre étude pourrait être une solution proposée aux étudiants dentaires afin d'améliorer leurs résultats aux travaux pratiques de prothèse (annexe 3). L'entraînement ciblé sur l'une des trois notions de représentation 3D pourrait aider à améliorer spécifiquement la réalisation du critère de prothèse corrélé à l'une de ces 3 notions tridimensionnelles. Des exercices de dextérité manuelle ainsi que de l'ergothérapie peuvent aussi être proposés aux étudiants afin d'améliorer leur capacité à travailler en vision indirecte [6].

Le manque de littérature concernant l'influence des capacités de représentation spatiale sur la qualité des exercices réalisés lors des travaux pratiques de prothèse en dentisterie limite la discussion de notre étude. En effet, aucun point de comparaison avec une autre étude ne peut être réalisé.

Enfin les capacités de représentation spatiale n'est pas l'unique critère de réussite aux évaluations de travaux pratiques de prothèse. En effet, il serait aussi intéressant d'étudier l'assiduité des étudiants aux travaux pratiques de prothèse tout au long de l'année ou encore le temps de révision et d'entraînement accordé pour ces épreuves.

## V. Conclusion

Le développement de nouvelles technologies (caméras optiques et logiciels informatiques permettant la visualisation de projets esthétiques et prothétiques) permet de souligner l'importance de la visualisation tridimensionnelle en chirurgie dentaire. Ces capacités de représentation dans les trois dimensions de l'espace sont essentielles aux réalisations prothétiques.

Cette étude a montré que les capacités de représentation spatiale des étudiants en 2<sup>e</sup> et 3<sup>e</sup> année à la faculté de chirurgie dentaire de Lille influencent la qualité de leurs exercices réalisés lors des travaux pratiques de prothèse. En effet, une corrélation positive entre la relation spatiale et les notes totales de prothèse amovible a pu être établie chez les étudiants de 3<sup>e</sup> année. Concernant la prothèse fixée, les résultats obtenus au test de représentation spatiale sont corrélés à la note totale de prothèse fixée. De plus, en 2<sup>e</sup> année, les résultats à certains critères ont pu être corrélés à ceux du test de représentation spatiale. Ceci s'applique à la réalisation de la préparation de la dent (axe, intégration intra-arcade et finitions) ainsi qu'à la réalisation de la couronne provisoire (points de contact et ajustage cervical).

La réalisation d'exercices de représentation spatiale pourrait être une solution proposée aux étudiants dentaires afin d'améliorer leurs résultats aux travaux pratiques de prothèse. Des exercices tels que ceux réalisés au cours du test de représentation spatiale dans notre étude pourraient être alors utilisés (annexe 3). L'entraînement ciblé sur l'une des trois notions de représentation 3D pourrait aider à améliorer spécifiquement la réalisation du critère de prothèse corrélé à l'une de ces 3 notions tridimensionnelles.

Cette étude suggère l'importance des capacités de représentation spatiale dans la réalisation des travaux pratiques chez les étudiants dentaires. Cependant, ces capacités ne représentent pas l'unique paramètre pouvant influencer les résultats obtenus lors des travaux pratiques des étudiants dentaires.

## VI. Bibliographie

- [1] Fung L, Brisebois P. Implementing digital dentistry into your esthetic dental practice. *Dent Clin North Am.* 2020;64(4):645-57.
- [2] McLaren EA, Goldstein RE. The photoshop smile design technique. *Compend Contin Educ Dent Jamesburg NJ* 1995. 2018;39(5):17-20.
- [3] Da Cunha LF, Fernandes ABF, Baechtold MS, Correr GM, Gonzaga CC. Cara smile: Use of planning software to facilitate esthetic dental treatment in a case. *Indian J Dent Res Off Publ Indian Soc Dent Res.* 2019;30(6):964-9.
- [4] Watrous O, Grieco P, Aldosari M, Park S. Admissions data as predictors for student performance in restorative dentistry. *J Dent Educ.* 2022;86(6):700-5.
- [5] Rau GM, Rau AK. Training device for dental students to practice mirror-inverted movements. *J Dent Educ.* 2011;75(9):1280-4.
- [6] Lugassy D, Levanon Y, Pilo R, Shelly A, Rosen G, Meirowitz A, et al. Predicting the clinical performance of dental students with a manual dexterity test. *Plos one.* 2018;13(3):e0193980.
- [7] Zorzal ER, Paulo SF, Rodrigues P, Mendes JJ, Lopes DS. An immersive educational tool for dental implant placement: A study on user acceptance. *Int J Med Inf.* 2021;146:104-7.
- [8] Yao CJ, Chow J, Choi WWS, Mattheos N. Measuring the impact of simulation practice on the spatial representation ability of dentists by means of Impacted Mandibular Third Molar (IMTM) Surgery on 3D printed models. *Eur J Dent Educ.* 2019;23(3):332-43.
- [9] Liu L, Li J, Yuan S, Wang T, Chu F, Lu X, et al. Evaluating the effectiveness of a preclinical practice of tooth preparation using digital training system: A randomised controlled trial. *Eur J Dent Educ.* 2018;22(4):679-86.
- [10] Liu L, Zhou R, Yuan S, Sun Z, Lu X, Li J, et al. Simulation training for ceramic crown preparation in the dental setting using a virtual educational system. *Eur J Dent Educ.* 2020;24(2):199-206.
- [11] McGee MG. Human spatial abilities: psychometric studies and environmental, genetic, hormonal, and neurological influences. *Psychol Bull.* sept 1979;86(5):889-918.

- [12] Lohman DF. Spatial abilities as traits, processes, and knowledge. ed. R. J. Sternberg (Mahwah, NJ). 1988. p 181–248
- [13] Pittalis M, Christou C. Types of reasoning in 3D geometry thinking and their relation with spatial ability. *Educ Stud Math*. 2010;75(2):191-212.
- [14] Colom R, Contreras MJ, Botella J, Santacreu J. Vehicles of spatial ability. *Personal Individ Differ*. 2002;32(5):903-12.
- [15] Berkowitz M, Gerber A, Thurn CM, Emo B, Hoelscher C, Stern E. Spatial Abilities for Architecture: Cross Sectional and Longitudinal Assessment With Novel and Existing Spatial Ability Tests. *Front Psychol*. 2020;11:609363.
- [16] Friedman A, Kohler B, Gunalp P, Boone AP, Hegarty M. A computerized spatial orientation test. *Behav Res Methods*. 2020;52(2):799-812.
- [17] Shepard RN, Metzler J. Mental rotation of three-dimensional objects. *Science*. 1971;171(3972):701-3.
- [18] Lowrie T, Logan T, Ramful A. Visuospatial training improves elementary students' mathematics performance. *Br J Educ Psychol*. 2017;87(2):170-86.
- [19] Hawes Z, Moss J, Caswell B, Naqvi S, MacKinnon S. Enhancing Children's Spatial and Numerical Skills through a Dynamic Spatial Approach to Early Geometry Instruction: Effects of a 32-Week Intervention. *Cogn Instr*. 2017;35(3):236-64.
- [20] Chun J, Kim Y, Choi JW, Kim D, Jo S. Egocentrically-stable discriminative stimulus-based spatial navigation in mice: implementation and comparison with allocentric cues. *Sci Rep*. 2019;9(1):6451.
- [21] Kozhevnikov M, Hegarty M. A dissociation between object manipulation spatial ability and spatial orientation ability. *Mem Cognit*. 2001;29(5):745-56.
- [22] Hegarty M, Keehner M, Khooshabeh P, Montello DR. How spatial abilities enhance, and are enhanced by, dental education. *Learn Individ Differ*. 2009;19(1):61-70.
- [23] Newcombe NS, Booth JL, Gunderson EA. *Spatial Skills, Reasoning, and Mathematics*. 1re éd. Ed:Cambridge University Press (Cambridge). 2019. p 100-23.
- [24] Aszl L, Aszal Os, Aria Bak M. How can we improve the spatial intelligence [consulté le 26 nov 2022]. Disponible sur:

<https://www.scribd.com/document/252776718/How>

- [25] Verhoef BE, Vogels R, Janssen P. Binocular depth processing in the ventral visual pathway. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci.* 2016;371(1697):783-94.
- [26] Parker AJ, Smith JET, Krug K. Neural architectures for stereo vision. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci.* 2016;371(1697):261-75.
- [27] Fujita I, Doi T. Weighted parallel contributions of binocular correlation and match signals to conscious perception of depth. *Philos Trans R Soc B Biol Sci.* 2016;371(1697):157-69.
- [28] Kelly KR, McKetton L, Schneider KA, Gallie BL, Steeves JKE. Altered anterior visual system development following early monocular enucleation. *NeuroImage Clin.* 2014;4:72-81.
- [29] Janssen P, Vogels R, Liu Y, Orban GA. At least at the level of inferior temporal cortex, the stereo correspondence problem is solved. *Neuron.* 2003;37(4):693-701.
- [30] Weil RS, Schrag AE, Warren JD, Crutch SJ, Lees AJ, Morris HR. Visual dysfunction in Parkinson's disease. *Brain J Neurol.* 2016;139(11):2827-43.
- [31] Bridge H. Effects of cortical damage on binocular depth perception. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci.* 2016;371(1697):554-63.
- [32] Georgieva SS, Todd JT, Peeters R, Orban GA. The extraction of 3D shape from texture and shading in the human brain. *Cereb Cortex.* 2008;18(10):2416-38.
- [33] Zhu R, Wang Z, You X. Anodal transcranial direct current stimulation over the posterior parietal cortex enhances three-dimensional mental rotation ability. *Neurosci Res.* 2021;170:208-16.
- [34] Sladky R, Stepniczka I, Boland E, Tik M, Lamm C, Hoffmann A, et al. Neurobiological differences in mental rotation and instrument interpretation in airline pilots. *Sci Rep.* 2016;6:281-7.
- [35] Tomasino B, Gremese M. Effects of stimulus type and strategy on mental rotation network: an activation likelihood estimation meta-analysis. *front hum neurosci.* 2016 [consulté le 10 oct 2021]. Disponible sur: <http://journal.frontiersin.org/Article/10.3389/fnhum.2015.00693/abstract>

- [36] Hodgkiss A, Gilligan-Lee KA, Thomas MSC, Tolmie AK, Farran EK. The developmental trajectories of spatial skills in middle childhood. *Br J Dev Psychol.* 2021;39(4):566-83.
- [37] Tascón L, Castillo J, León I, Cimadevilla JM. Walking and non-walking space in an equivalent virtual reality task: Sexual dimorphism and aging decline of spatial abilities. *Behav Brain Res.* 2018;347:201-8.
- [38] Kunishige M, Fukuda H, Iida T, Kawabata N, Ishizuki C, Mlyaguchi H. Spatial navigation ability and gaze switching in older drivers: A driving simulator study. *HKJOT.* 2019;32(1):22-31.
- [39] Griksiene R, Arnatkeviciute A, Monciunskaitė R, Koenig T, Ruksenas O. Mental rotation of sequentially presented 3D figures: sex and sex hormones related differences in behavioural and ERP measures. *Sci Rep.* 2019;9(1):18843.
- [40] Levine SC, Foley A, Lourenco S, Ehrlich S, Ratliff K. Sex differences in spatial cognition: advancing the conversation. *Wiley Interdiscip Rev Cogn Sci.* 2016;7(2):127-55.
- [41] Beaudet G, Jozet-Alves C, Asselot R, Schumann-Bard P, Freret T, Boulouard M, et al. Deletion of the serotonin receptor type 7 disrupts the acquisition of allocentric but not egocentric navigation strategies in mice. *Behav Brain Res.* 2017;320:179-85.
- [42] Kong XZ, Song Y, Zhen Z, Liu J. Genetic variation in s100b modulates neural processing of visual scenes in han chinese. *Cereb Cortex.* 2017;27(2):1326-36.
- [43] Ferguson C, van den Broek EL, van Oostendorp H, de Redelijkheid S, Giezeman GJ. Virtual reality aids game navigation: evidence from the hypertext lostness measure. *Cyberpsychology Behav Soc Netw.* 2020;23(9):635-41.
- [44] de Castell S, Larios H, Jenson J. Gender, videogames and navigation in virtual space. *Acta Psychol.* 2019;199:102895.
- [45] Kühn S, Gleich T, Lorenz RC, Lindenberger U, Gallinat J. Playing Super Mario induces structural brain plasticity: gray matter changes resulting from training with a commercial video game. *Mol Psychiatry.* 2014;19(2):265-71.
- [46] Weigelt M, Memmert D. The mental rotation ability of expert basketball players: identifying on-court plays. *Res Q Exerc Sport.* 2021;92(1):137-45.

- [47] Hunt DF, Hunt HBN, Park JH. Bioenergetic costs and state influence distance perception. *Physiol Behav.* 2017;180:103-6.
- [48] Kunrath CA, Nakamura FY, Roca A, Tessitore A, Teoldo Da Costa I. How does mental fatigue affect soccer performance during small-sided games? A cognitive, tactical and physical approach. *J Sports Sci.* 2020;38(15):1818-28.
- [49] Maxim P, Brown TI. Toward an understanding of cognitive mapping ability through manipulations and measurement of schemas and stress. *Top Cogn Sci.* 2021;15(1):75-101.
- [50] Coutrot A, Silva R, Manley E, de Cothi W, Sami S, Bohbot VD, et al. Global Determinants of Navigation Ability. *Curr Biol CB.* 2018;28(17):2861-6.
- [51] Li S, Zou H, Wei C. Stereoscopic visual acuity in types of ametropic amblyopia in children. *J Pediatr Ophthalmol Strabismus.* 2014;51(2):105-10.
- [52] Park CK, Kim DW, Lee CK. Near and distance stereoacuity in patients with primary open-angle glaucoma. *J Glaucoma.* 2018;27(6):537-42.
- [53] Yoshikawa T, Nakao Y, Kiuchi Y. Stereoacuity in glaucoma patients. *Nippon Ganka Gakkai Zasshi.* 2016;120(4):303-9.
- [54] Reche-Sainz JA, Gómez de Liaño R, Toledano-Fernández N, García-Sánchez J. Binocular vision in glaucoma. *Arch Soc Espanola Oftalmol.* 2013;88(5):174-8.
- [55] Lakshmanan Y, George RJ. Stereoacuity in mild, moderate and severe glaucoma. *Ophthalmic Physiol Opt J Br Coll Ophthalmic Opt Optom.* 2013;33(2):172-8.
- [56] Faraji M, Kangari H, Majidi A, Tabatabaee SM. Stereopsis in Early Diabetic Retinopathy. *Clin Optom.* 2020;12:1-7.
- [57] Manoranjan A, Shrestha S, Shrestha S. Effect of bilateral age-related cataract on stereoacuity. *Strabismus.* 2013;21(2):116-22.
- [58] Undrakonda V, Sahiti TK, Vennesh PS, Kamath YS. A comparative study of stereoacuity in patients with various grades of cataract and bilateral pseudophakia. *Indian J Ophthalmol.* 2019;67(11):1834-7.
- [59] Lina G, Xuemin Q, Qinmei W, Lijun S. Vision-related quality of life, metamorphopsia, and stereopsis after successful surgery for rhegmatogenous retinal detachment. *Eye Lond Engl.* 2016;30(1):40-5.

- [60] Hamre C, Fure B, Helbostad JL, Wyller TB, Ihle-Hansen H, Vlachos G, et al. Impairments in spatial navigation during walking in patients 70 years or younger with mild stroke. *Top Stroke Rehabil.* 2020;27(8):601-9.
- [61] Claessen MHG, Visser-Meily JMA, de Rooij NK, Postma A, van der Ham IJM. A direct comparison of real-world and virtual navigation performance in chronic stroke patients. *JINS.* 2016;22(4):467-77.
- [62] Cimadevilla JM, Lizana JR, Roldán MD, Cánovas R, Rodríguez E. Spatial memory alterations in children with epilepsy of genetic origin or unknown cause. *Epileptic Disord Int Epilepsy J Videotape.* 2014;16(2):203-7.
- [63] Cardillo R, Lievore R, Mammarella IC. Do children with and without autism spectrum disorder use different visuospatial processing skills to perform the Rey-Osterrieth complex figure test? *Autism Res.* 2022;15(7):1311-23.
- [64] Caldani S, Baghdadi M, Peyre H, Khoury E, Delorme R, Bucci MP. Poor visuo-spatial orientation and path memorization in children with dyslexia. *Nord J Psychiatry.* 2021;1-7.
- [65] Giovagnoli G, Vicari S, Tomassetti S, Menghini D. The role of visual-spatial abilities in dyslexia: age differences in children's reading? *Front Psychol.* 2016;15(7):197-206.
- [66] Ebrahimi L, Pouretamad H, Stein J, Alizadeh E, Khatibi A. Enhanced reading abilities is modulated by faster visual spatial attention. *Ann Dyslexia.* 2021;125-146.
- [67] Corveleyn X, Justine B, Ott L, Lavenu I, Delayen C, Di Pastena A, et al. Body-centred and object-centred motor imagery in alzheimer's Disease. *Curr Alzheimer Res.* 2018;15(3):247-58.
- [68] Suzuki A, Shinozaki J, Yazawa S, Ueki Y, Matsukawa N, Shimohama S, et al. Establishing a new screening system for mild cognitive impairment and alzheimer's disease with mental rotation tasks that evaluate visuospatial function. *JAD.* 2018;61(4):1653-65.
- [69] Beretta L, Caminiti SP, Santangelo R, Magnani G, Ferrari-Pellegrini F, Caffarra P, et al. Two distinct pathological substrates associated with MMSE-pentagons item deficit in DLB and AD. *Neuropsychologia.* 2019;133:1071-4.
- [70] Phillips JR, Matar E, Ehgoetz Martens KA, Moustafa AA, Halliday GM, Lewis SJG. An adaptive measure of visuospatial impairment in dementia with



lewy bodies. *Mov Disord Clin Pract.* 2022;9(5):619-27.

[71] van Petersen E, Altgassen M, van Lier R, van Leeuwen TM. Enhanced spatial navigation skills in sequence-space synesthetes. *Cortex.* 2020;130:49-63.

[72] Rizza A, Price MC. Do sequence-space synaesthetes have better spatial imagery skills? Maybe not. *Cogn Process.* 2012;13:299-303.

[73] Havlik AM, Carmichael DA, Simner J. Do sequence-space synaesthetes have better spatial imagery skills? Yes, but there are individual differences. *Cogn Process.* 2015;16(3):245-53.

[74] Elbashti M, Aswehlee A, Nguyen CT, Ella B, Naveau A. Technical Protocol for Presenting Maxillofacial Prosthetics Concepts to Dental Students using Interactive 3D Virtual Models within a Portable Document Format. *J Prosthodont.* 2020;29(6):546-9.

[75] Höhne C, Schmitter M. 3D printed teeth for the preclinical education of dental students. *J Dent Educ.* 2019;83(9):1100-6.

[76] Goodacre CJ. Digital learning resources for prosthodontic education: the perspectives of a long-term dental educator regarding 4 key factors. *J Prosthodont.* 2018;27(9):791-7.

[77] Rodrigues P, Nicolau F, Norte M, Zorzal E, Botelho J, Machado V, et al. Preclinical dental students self-assessment of an improved operative dentistry virtual reality simulator with haptic feedback. *Sci Rep.* 17 févr 2023;13(1):2823.

[78] Huang Y, Hu Y, Chan U, Lai P, Sun Y, Dai J, et al. Student perceptions toward virtual reality training in dental implant education. *PeerJ.* 5 mai 2023;11:e14857.

[79] Kornmehl DL, Aldosari M, Tabassian LJ, Park SE, Ohyama H. Association of admissions factors with student performance in preclinical operative dentistry. *J Dent Educ.* 2022;86(10):1390-8.

## VII. Table des illustrations

Figure 1 : classification des capacités de représentation spatiale (illustration personnelle d'après [12–22]).	16
Figure 2 : test du patron de papier proposé par Pittalis et Christou [13].	17
Figure 3 : test de décompte d'unités proposé par Pittalis et Christou [13].	18
Figure 4 : Exercices proposés par Hegarty et al. afin d'évaluer les capacités à se représenter un plan de coupe à partir d'une figure en trois dimensions [22].	18
Figure 5 : exercice proposé par Pittalis et Christou [13] afin d'évaluer la notion d'orientation spatiale.	19
Figure 6 : test de Shepard et Metzler [17].	20
Figure 7 : Exercice proposé par Hegarty et al. [22] afin d'évaluer les capacités de transformation allocentrique.	20
Figure 8 : exercice proposé par Berkowitz et al. [15], permettant d'évaluer les capacités de transformation allocentrique.	21
Figure 9 : principe de triangulation [26].	22
Figure 10 : schéma des trois types de correspondance possibles entre l'image perçue par l'œil droit et celle perçue par l'œil gauche selon Fujita et Doi [27].	23
Figure 11 : schéma de la voie visuelle binoculaire (N : fibres rétiennes nasales ; T : fibres rétiennes temporales ; LGN : noyau géniculé latéral) [28].	25
Figure 12 : anatomie fonctionnelle de la vision humaine [30].	25
Figure 13 : zones du cortex stimulées lors de la réalisation du test de rotation mentale de Shepard et Metzler [17] par les pilotes de ligne [34].	26

## VIII. Table des tableaux

Tableau 1 : critères d'évaluation de prothèse retenus pour les 2 <sup>e</sup> et 3 <sup>e</sup> année.	36
Tableau 2 : répartition du temps et des paramètres évalués lors du test de représentation spatiale .....	37
Tableau 3 : corrélation entre la note totale obtenue au test de représentation spatiale et la note totale de prothèse amovible pour les étudiants en 2 <sup>e</sup> année. ....	39
Tableau 4 : corrélation entre les exercices de représentation spatiale et la note globale de prothèse amovible pour les étudiants en 2 <sup>e</sup> année. ....	39
Tableau 5 : corrélation entre les exercices de représentation spatiale et les exercices de prothèse amovible pour les étudiants en 2 <sup>e</sup> année.....	40
Tableau 6 : corrélation entre la note totale obtenue au test de représentation spatiale et la note totale de prothèse fixée pour les étudiants en 2 <sup>e</sup> année.....	41
Tableau 7 : corrélation entre les exercices de représentation spatiale et la note totale de prothèse fixée pour les étudiants en 2 <sup>e</sup> année.....	42
Tableau 8 : corrélation entre les exercices de représentation spatiale et les exercices de prothèse fixée pour les étudiants en 2 <sup>e</sup> année. ....	43
Tableau 9 : corrélations mises en évidence au cours des test réalisés pour les étudiants de 2 <sup>e</sup> année. Une croix correspond à la présence de corrélation.....	47
Tableau 10 : corrélation entre la note totale obtenue au test de représentation spatiale et la note totale de prothèse amovible pour les étudiants en 3 <sup>e</sup> année. ....	49
Tableau 11 : corrélation entre les exercices de représentation spatiale et la note totale de prothèse amovible pour les étudiants en 3 <sup>e</sup> année. ....	49

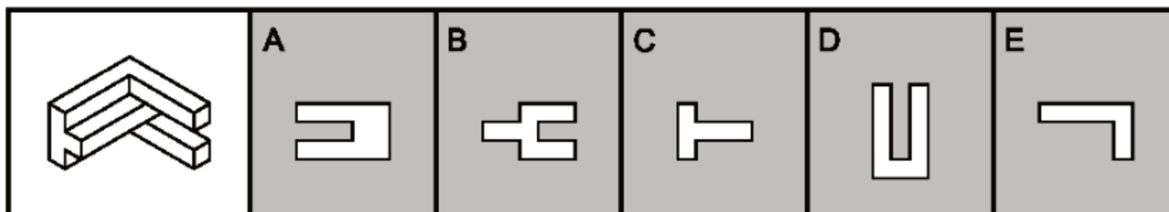
Tableau 12 : corrélation entre les exercices de représentation spatiale et les exercices de prothèse amovible pour les étudiants en 3 <sup>e</sup> année.....	50
Tableau 13 : corrélation entre la note totale obtenue au test de représentation spatiale et la note totale de prothèse fixée pour les étudiants en 3 <sup>e</sup> année.....	51
Tableau 14 : corrélation entre les exercices de représentation spatiale et la note totale de prothèse fixée pour les étudiants en 3 <sup>e</sup> année.....	52
Tableau 15 : corrélations mises en évidence au cours des tests réalisés pour les étudiants de 3 <sup>e</sup> année. Une croix correspond à la présence de corrélation.....	53
Tableau 16 : comparaison des notes de représentations spatiales entre les étudiants en 2 <sup>e</sup> année et en 3 <sup>e</sup> année. ....	53

## IX. Annexes

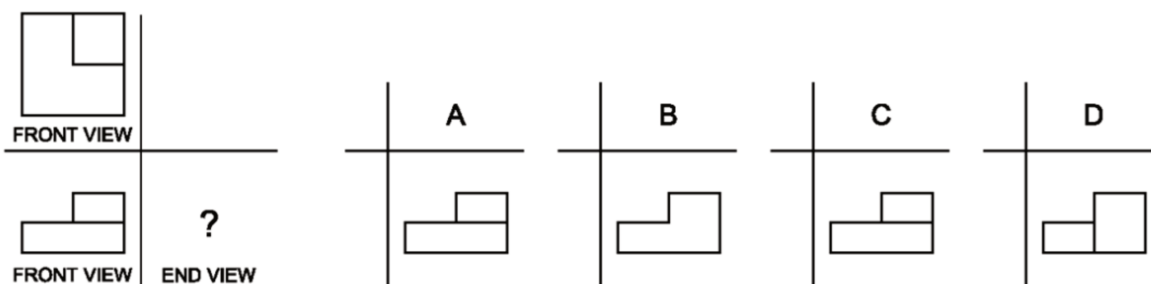
### 9. 1 Exemple de chacun des six tests proposés au cours du PAT

Références du site internet : [www.dat-prep.com](http://www.dat-prep.com)

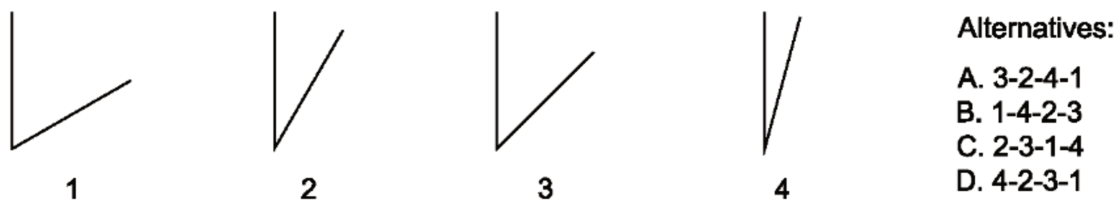
**Exercice 1** : les serrures. Il faut trouver dans quel trou (A, B, C ou D) peut passer complètement la figure représentée à gauche.



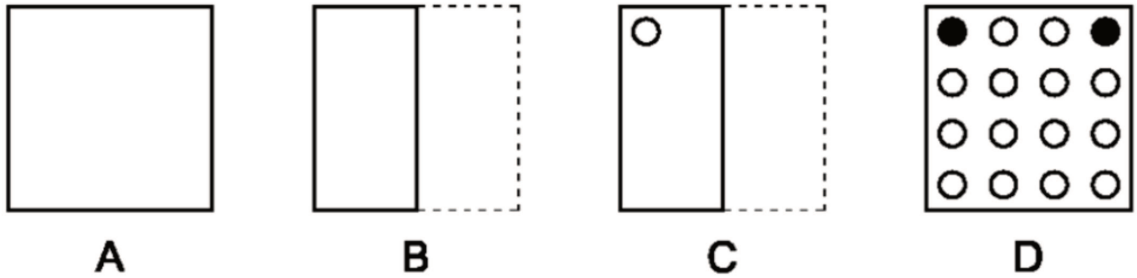
**Exercice 2** : les projections. Il faut choisir quelle figure (A, B, C ou D) correspond à la vue latérale de l'objet représenté à droite.



**Exercice 3** : classification des angles. Il faut classer les angles (intérieurs) du plus petit au plus grand,



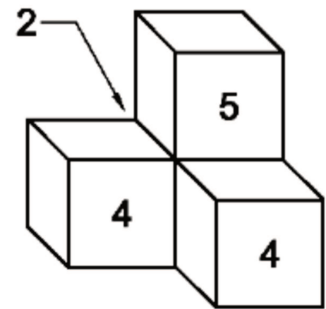
**Exercice 4** : les perforations. Une feuille de papier est pliée puis perforée à un endroit, il faut alors pouvoir se représenter l'emplacement des perforations sur le papier une fois celui-ci déplié.



**Exercice 5 :** le comptage des cubes. Une figure est représentée, elle-même composée de plusieurs cubes. Il faut s'imaginer que l'ensemble des faces visibles des cubes est peint, à l'exception des faces inférieures (qui seraient en contact avec le sol). Il faut alors déterminer combien de cubes ont 1, 2, 3, 4 ou 5 de leurs côtés peints.

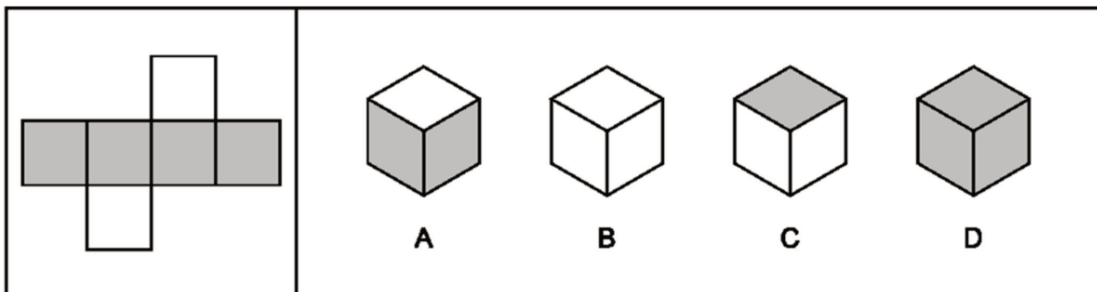
**In figure 1, how many cubes have two of their exposed sides painted?**

- A. 1 cube
- B. 2 cubes
- C. 3 cubes
- D. 4 cubes
- E. 5 cubes



**FIGURE 1**

**Exercice 6 :** les patrons en papier, Il faut imaginer quel est le cube correspondant au patron si celui-ci était assemblé.



## 9. 2 Récépissé déclaration de conformité

### RÉCÉPISSÉ DÉCLARATION DE CONFORMITÉ

Délégué à la protection des données (DPO) Jean-Luc TESSIER

Responsable administrative Clémentine Dehay

La délivrance de ce récépissé atteste que votre traitement est conforme à la réglementation applicable à la protection des données personnelles. Vous pouvez désormais mettre en œuvre votre traitement dans le strict respect des mesures qui ont été élaborées avec le DPO et qui figurent sur votre déclaration.

Toute modification doit être signalée dans les plus brefs délais: [dpo@univ-lille.fr](mailto:dpo@univ-lille.fr)

#### Responsable du traitement

Nom : Université de Lille	1	SIREN: 13 00 23583 00011
Adresse : 42 Rue Paul Duez 59000 - LILLE		Code NAF: 85422 Tél. : +33 (0) 3 62 26 90 00

#### Traitement déclaré

Intitulé : La capacité de représentation spatiale a-t-elle un impact sur la réussite en prothèse pour les étudiants de 2e et 3e année de chirurgie dentaire ?
Référence Registre DPO : 2021-303
Responsable du traitement / Chargé (e) de la mise en œuvre : M. Dominique LACROIX Interlocuteur (s) : Mme. Sixtine RIOM

Fait à Lille,  
Le 30 Novembre 2021

Jean-Luc TESSIER  
Délégué à la Protection des Données



## 9.3 Exemple de questionnaire distribué au cours de l'étude afin d'évaluer les capacités de représentation spatiale des étudiants



### Lettre d'information pour les participants à la recherche intitulée :

La capacité de représentation spatiale des étudiants en 2<sup>ème</sup> et 3<sup>ème</sup> année à la faculté de chirurgie dentaire de Lille est-elle un paramètre influençant les notes de travaux pratiques en prothèses ?

Organisme responsable de la recherche : Université de Lille

Responsable scientifique de la recherche et coordinateur scientifique : Dr Dehurtevent

Adresse mail : marion.dehurtevent@univ-lille.fr

**Après avoir lu la note d'information ci-jointe, si vous décidez de prendre part à cette étude, veuillez, svp, signer le formulaire de consentement ci-après et le remettre au coordinateur scientifique.**

Madame, Monsieur,

Le présent document décrit l'étude à laquelle il vous est proposé de participer. Il résume les informations actuellement disponibles en répondant à plusieurs questions que vous pouvez vous poser dans le cadre de votre participation à cette recherche.

Avant de choisir d'y participer ou non, il est important que vous preniez connaissance de son but et de ce qu'elle implique.

#### 1) Pourquoi me propose-t-on de participer à cette étude ?

Cette étude vous est proposée car vous êtes étudiant en 2<sup>e</sup> ou 3<sup>e</sup> année à la faculté de chirurgie dentaire de Lille.

#### 2) Quels sont les objectifs de la recherche ?

L'objectif principal de cette étude est de savoir si la capacité de représentation spatiale des étudiants en 2<sup>ème</sup> et 3<sup>ème</sup> année à la faculté de chirurgie dentaire de Lille est un paramètre influençant les notes de travaux pratiques en prothèses

#### 3) Comment va se dérouler la recherche ?

Après avoir reçu une lettre d'information et donné leur consentement, chaque étudiant devra répondre à un questionnaire contenant des QCM afin d'évaluer sa capacité de représentation spatiale. L'étudiant aura 21min sur moodle afin d'y répondre. Les questionnaires seront récupérés par Mlle Sixtine RIOM qui s'occupera de les corriger.

A l'issue de ce questionnaire (2 semaines maximum après avoir rendu le questionnaire), les étudiants

effectueront leur évaluation pratique de prothèse qui sera ensuite évaluée par leurs professeurs. Cette évaluation pratique de prothèse aura lieu en avril 2022. Les notes de prothèse seront collectées par les professeurs de prothèse et transmises à Mlle Sixtine RIOM. Les données seront anonymisées et le nom des étudiants ne sera pas publié.

#### 4) Que se passera-t-il à la fin de ma participation à cette recherche ?

A la fin de la recherche, vous aurez la possibilité d'être informé des résultats globaux de l'étude ou des résultats vous concernant.

#### 5) Quels sont les bénéfices attendus de ma participation à l'étude ?

- \* Pour le participant : il pourra évaluer sa capacité de représentation spatiale.
- \* Pour la collectivité : en cas de mise en évidence d'un lien entre la capacité de représentation 3D et la note finale de prothèse, des solutions pourront être proposées pour les étudiants qui se trouvent en difficulté.

#### 6) Ma participation à l'étude comporte-t-elle des risques et/ou des contraintes particulières ?

Votre participation à cette étude n'entraînera pas de participation financière de votre part.

Les contraintes qui impliquent la participation à cette étude sont les contraintes de temps liées au remplissage du questionnaire.

#### 7) Quels sont mes droits en tant que participant à la recherche ?

Vous êtes totalement libre d'accepter ou de refuser de participer à cette étude sans avoir à vous justifier et sans conséquence pour vous.

Vous n'êtes pas obligé(e) de nous donner votre décision tout de suite ou Vous disposez du temps que vous estimez nécessaire pour prendre votre décision.

En cas d'acceptation, vous pourrez à tout moment revenir sur votre décision, sans nous en préciser la raison par simple mail au Responsable scientifique de la Recherche.

Dans le cadre de cette étude, un traitement de vos données personnelles sera mis en œuvre.

Conformément aux articles 15 et suivants du règlement général sur la protection des données, vous disposez des droits suivants :

- \* **Accès** : droit d'obtenir communication de vos données personnelles en notre possession
- \* **Information** : droit d'obtenir des informations sur le traitement en particulier, ses finalités, les catégories de données traitées, leur source, le nom du responsable du traitement et du délégué à la protection des données, les destinataires ou catégories de destinataires des données, le transfert hors union européenne, vos droits d'accès, de rectification, d'effacement, de limitation du traitement, ainsi que du droit de s'opposer au traitement et du droit à la portabilité des données, droit de retirer votre consentement à tout moment, droit d'introduire une réclamation auprès d'une autorité de contrôle
- \* **Rectification** : droit de demander la rectification des données personnelles inexacts ou incomplètes



## QUESTIONNAIRE – Capacités de représentation spatiale

**EXERCICE 1** - Chaque figure est représentée chacune sous 2 perspectives différentes. Combien d'unités de volume sont présentes dans chacune de ces figures ?

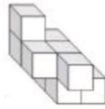


1



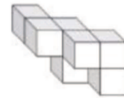
Réponse :

2



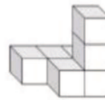
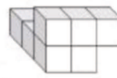
Réponse :

3



Réponse :

4



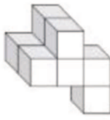
Réponse :

5



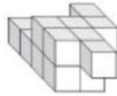
Réponse :

6



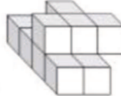
Réponse :

7



Réponse :

8



Réponse :

9



Réponse :

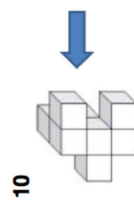
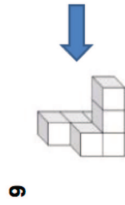
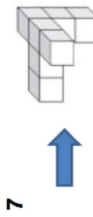
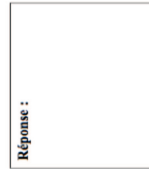
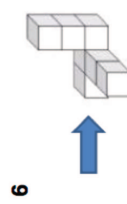
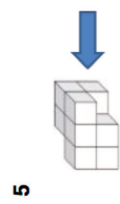
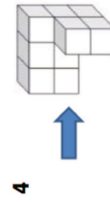
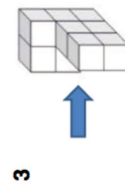
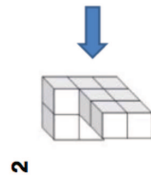
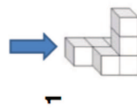
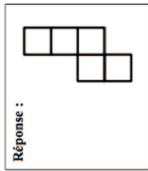
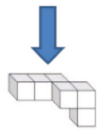
10



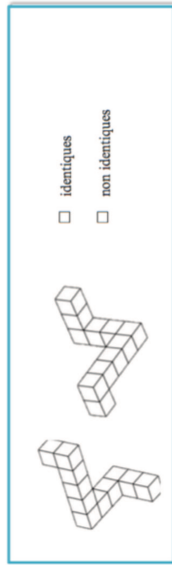
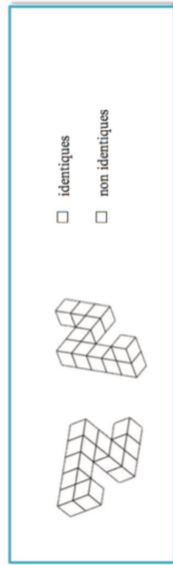
Réponse :

**EXERCICE 2** – Dessinez les modèles 3D selon la vue indiquée par la flèche.

Exemple :

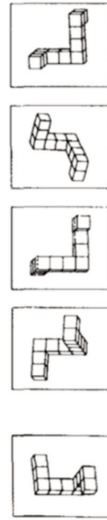


**EXERCICE 3.** - Test de Shepard et Metzler (aussi repris par Peters et al.)  
 Deux figures sont représentées l'une à côté de l'autre. Indiquez si elles sont identiques ou non.



Le modèle 3D à gauche est le modèle référent. Parmi les 4 modèles représentés à sa droite, entourez les 2 modèles 3D identiques au modèle référent, représentés sous une perspective différente.

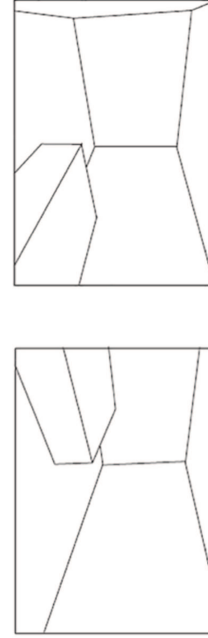
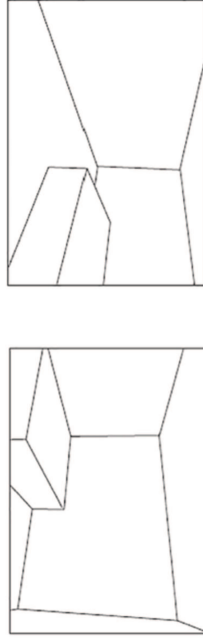
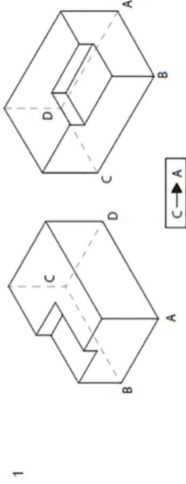
PETERS ET AL.



A

12.

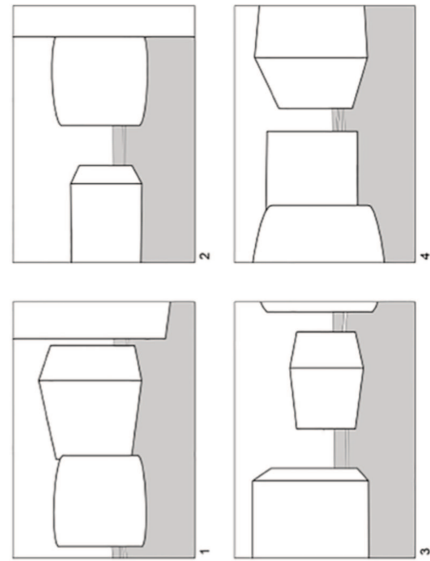
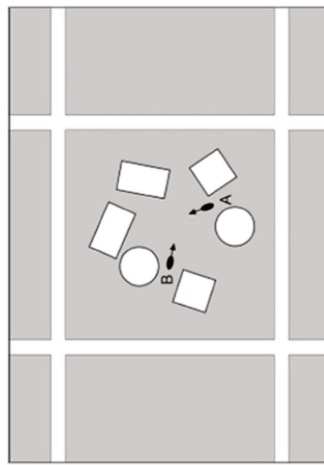
**EXERCICE 4.** - Pour cet exercice, vous devez vous imaginer à l'intérieur d'une pièce, placé au niveau du point C. Vous regardez en direction du point A. Quelle serait l'image que vous pourriez observer à ce moment-là ? Cochez la bonne réponse.



2

4

**EXERCICE 5** - Imaginez-vous placé au niveau du point A, regardant en direction de la flèche associée à ce point. Quelle serait l'image que vous pourriez observer à ce moment-là ?  
Même consigne pour le point B.



A  B

**EXERCICE 6** - Test inspiré de Shepard et Metzler (aussi repris par Peters et al.)  
Deux figures sont représentées l'une à côté de l'autre. Indiquez si elles sont symétriques ou non selon l'axe représenté en rouge.

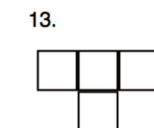
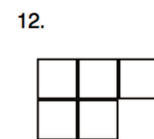
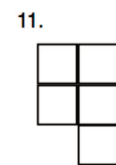
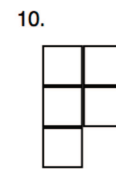
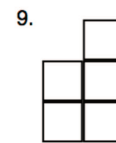
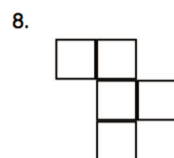
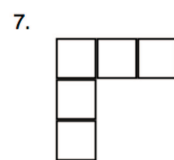
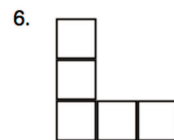
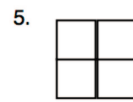
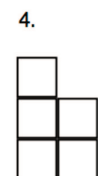
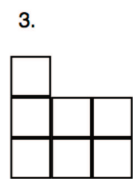
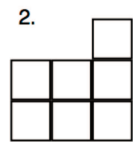
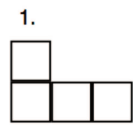
	<input type="checkbox"/> symétriques <input type="checkbox"/> non symétriques
	<input type="checkbox"/> symétriques <input type="checkbox"/> non symétriques
	<input type="checkbox"/> symétriques <input type="checkbox"/> non symétriques
	<input type="checkbox"/> symétriques <input type="checkbox"/> non symétriques

## REPONSES POUR LE QUESTIONNAIRE PROPOSE EN EXEMPLE

### EXERCICE 1

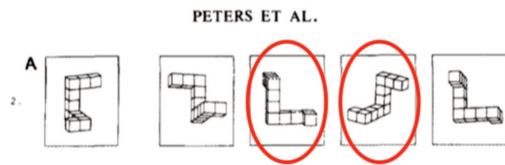
1. 7
2. 10
3. 7
4. 7
5. 8
6. 8
7. 13
8. 11
9. 11
10. 10

### EXERCICE 2



**EXERCICE 3**

- identiques
- identiques



**EXERCICE 4**

Réponse : 3

**EXERCICE 5**

A1 et B3

**EXERCICE 6**

- non symétriques
- non symétriques
- non symétriques
- non symétriques

## **Thèse d'exercice : Chir. Dent. : Lille : Année 2023**

Étude de l'influence des capacités de représentation spatiale des étudiants en 2<sup>e</sup> et 3<sup>e</sup> année à la faculté de chirurgie dentaire de Lille sur la qualité de leurs exercices réalisés lors des travaux pratiques de prothèse / **Sixtine RIOM**. – p.(79) ; ill.(13) ; réf.(79)

**Domaines** : Odontologie prothétique

**Mots clés Libres** : Odontologie prothétique ; Capacités de représentation spatiale ; Vision tridimensionnelle

### **Résumé de la thèse :**

Les capacités de représentation spatiale dans les trois dimensions en chirurgie dentaire permettent au praticien de visualiser les objectifs thérapeutiques (esthétiques et fonctionnels). Ces capacités peuvent être distinguées dans différents domaines étroitement liés dont la visualisation spatiale, l'orientation spatiale et la relation spatiale.

Bien que l'importance de la représentation spatiale dans les travaux pratiques en prothèse fixée ait déjà été démontrée, l'influence immédiate de chacun de ces trois domaines sur la qualité des exercices pratiques en prothèse n'a pas encore été examinée.

Ce mémoire a donc eu pour objectif d'étudier dans un premier temps la représentation spatiale et son rôle dans le domaine de la dentisterie. Dans un second temps, l'influence des capacités de représentation spatiale des étudiants en 2<sup>e</sup> et 3<sup>e</sup> année à la faculté de chirurgie dentaire de Lille sur la qualité de leurs exercices réalisés lors des travaux pratiques de prothèse a été évaluée.

Une corrélation positive entre la relation spatiale et les notes totales de prothèse amovible a pu être établie chez les étudiants de 3<sup>e</sup> année. Concernant la prothèse fixée, les résultats obtenus au test de représentation spatiale sont corrélés à la note totale de prothèse fixée. De plus, en 2<sup>e</sup> année, les résultats à certains critères ont pu être corrélés à ceux du test de représentation spatiale.

Cette étude suggère l'importance des capacités de représentation spatiale dans la réalisation des travaux pratiques chez les étudiants dentaires.

### **JURY :**

**Président :** Monsieur le Professeur Philippe BOITELLE

**Assesseurs :** Madame le Docteur Marion DEHURTEVENT

Monsieur le Docteur Corentin DENIS

Monsieur le Docteur Virgile MODAINE