

L'orthodontiste : un expert si commun, si complexe

Masrour MAKAREMI

Département d'Orthopédie dento-faciale, UFR des sciences odontologiques, 146 rue Léo Saignat, 33076 Bordeaux cedex, France
Bordeaux Population Health, Université de Bordeaux, 146 rue Léo-Saignat, 33076 Bordeaux cedex, France

MOTS CLÉS :

Expertise /
Neuroscience cognitive /
Transition numérique /
Expérience clinique /
Théorie des chunks /
Mémoire à long terme

RÉSUMÉ – Introduction : Considérés sous l'angle de la finesse et de l'habileté qu'ils exigent de ceux qui les pratiquent, les différents métiers ont chacun leur spécificité. Cependant, en se référant à la bibliographie existant sur le talent et sur l'expertise⁷, on se rend compte à quel point les schémas de l'acquisition de l'expertise et de sa mise en œuvre peuvent avoir des invariants dans les différents corps de métiers. **Méthodes :** L'expertise humaine est un sujet étudié en profondeur, entre autres, par les sciences cognitives, la psychologie et les neurosciences. Après avoir exposé les domaines d'expertise (expertise perceptuelle, expertise cognitive et expertise sensori-motrice), les mécanismes neurobiologiques et cognitifs de l'expertise démontrant l'importance de la mémoire à long terme (MLT) dans l'acquisition de l'expertise, par exemple, à travers le concept de *chunking* seront abordés. **Résultats :** Nous avons déterminé les caractéristiques de l'expert qu'est l'orthodontiste, ce que sa qualité d'expert implique dans sa formation, la portée de son expérience clinique, la mesure dans laquelle il peut faire confiance à son intuition (le fameux « sens clinique ») dans sa pratique quotidienne et le changement de paradigme que représente la transition numérique, laquelle entraîne de nouveaux types d'expertise dans le développement des modèles mentaux spatiaux de la structure en 3D. Ce changement de paradigme affecte également la matrice de prise de décision clinique du praticien.

KEYWORDS:

Expertise /
Cognitive neuroscience /
Digital transition /
Clinical experience /
Chunk theory /
Long-term memory

ABSTRACT – *The orthodontist: an expert so common, so complex.* **Introduction:** *Considered from the perspective of the finesse and skill they require of those who practice them, each of the existing trades has its own specificity. However, by referring to literature on expertise and talent⁷, we realize to what extent the patterns of the acquisition of expertise and its implementation can have invariants among the different trades.* **Methods:** *Human expertise has been studied in depth, among others, by cognitive sciences, psychology and neurosciences. After exposing the notions of domain of expertise, perceptual-cognitive and sensory-motor competence, the neurobiological and cognitive mechanisms of expertise demonstrating the importance of long-term memory in the acquisition of expertise, for example, by reference to the concept of chunking.* **Results:** *We will seek to determine the characteristics of the orthodontist as an expert, the implications of this quality for the expert's training process, the importance of clinical experience, the extent to which the expert can trust his/her intuition (clinical sense) in his/her daily practice and the paradigm shift constituted by the digital transition, which requires new expertise in the field of developing spatial mental models of 3D structures.*

1. « Expert » et « expertise »

1.1. Définition du terme « expert »

Le dictionnaire Webster's New World Dictionary¹⁶ définit l'expert comme une personne qui possède compétence et habileté dans un domaine particulier, ou une personne largement reconnue comme une source fiable de connaissances, de techniques ou de compétences, ou dont le jugement se voit accorder une autorité et un statut élevés par le public ou par ses pairs.

Comme le soulignent Ericsson, *et al.*⁶, la compétence de l'expert n'est pas quelque chose qui va et qui vient. Si vous réveilliez des joueurs d'échecs qualifiés au milieu de la nuit et que vous leur montriez une situation de jeu difficile, ils trouveraient la solution sans grande difficulté. Tout comme les radiologues expérimentés sont à même de détecter les lésions à partir des images radiologiques quel que soit le contexte de leur intervention.

Dans son ouvrage *The Neuroscience of Expertise*³, Merim Bilalić souligne que les domaines d'expertise classiques sont des environnements stables et que les changements qui s'y produisent (par exemple, de nouvelles maladies, de nouvelles marques de balles de tennis ou de nouveaux cordages de raquette) sont, en règle générale, suffisamment mineurs pour ne pas modifier radicalement l'environnement concerné en rendant non pertinentes les connaissances antérieures. Chaque domaine d'expertise fournit une mine d'informations cohérentes à ses praticiens. Selon le même auteur, les experts parviennent à trouver des moyens ingénieux pour contourner les limitations cognitives qui pèsent sur eux. Néanmoins, comme peut en témoigner quiconque s'est essayé aux jeux de sport (ou à toute autre activité), les domaines d'expertise sont extrêmement complexes : leur maîtrise exige de nombreuses années de pratique assidue. Il y a beaucoup à apprendre dans n'importe quel domaine d'expertise, et c'est précisément cette connaissance des caractéristiques particulières qui se répète sans cesse dans un domaine spécifique qui permet à l'expert d'appréhender les problèmes avec des yeux différents de ceux d'un novice.

1.2. Domaines d'expertise

Bilalić³ identifie trois domaines d'expertise distincts :

- L'expertise perceptuelle (*perceptual expertise*) : elle est relative à des domaines qui reposent principalement sur des informations provenant de nos

sens. Par exemple, la recherche purement visuelle, comme celle que doit effectuer le radiologue, vise à repérer une lésion, même si, évidemment, les radiologues expérimentés doivent également solliciter leur mémoire, sans laquelle ils seraient incapables de repérer et de catégoriser les lésions.

- L'expertise cognitive (*cognitive expertise*) : le jeu d'échecs est un exemple phare de ce type d'expertise. Dans cette discipline, l'information perçue par nos sens est déterminée par nos connaissances préalables. Les situations de jeu d'échecs précédemment stockées en mémoire influencent directement les mécanismes perceptifs et aident à comprendre le problème à résoudre, puis à imaginer le déroulement du jeu (processus dits « *top-down* » ou descendants).
- L'expertise sensorimotrice (*motor expertise*) : la performance des sportifs de haut niveau dans de nombreux sports, comme le tennis ou le football, est une bonne illustration de ce type d'expertise. L'acquisition d'habiletés sensori-motrices se traduit par une amélioration des performances reflétant une optimisation du contrôle sensori-moteur, en particulier en termes de processus de préparation et d'exécution, ainsi qu'au niveau de la capacité de réaction et d'anticipation.
- Le concept d'habileté renvoie directement à la notion de différences inter-individuelles dans le contrôle du mouvement et, de ce fait, au principe d'expertise sensori-motrice. Cette expertise est ainsi associée à la capacité d'effectuer un mouvement rapide et précis ou, plus généralement, mieux adapté aux exigences de la tâche concernée.

2. Expertise et mécanismes neurobiologiques et cognitifs

L'expertise est un excellent exemple de la façon dont divers processus cognitifs, tels que la mémoire, l'attention ou la perception, se combinent pour permettre d'incroyables performances. Les mécanismes cognitifs sous-jacents à l'acquisition de cette expertise ont été au centre de nombreuses études.

Au fil de longues années d'expériences, les experts ont acquis des connaissances cohérentes dans leurs domaines respectifs^{4,8}.

Tous les domaines comportent des « règles » qui sont stables et des situations qui se reproduisent sans cesse sous une forme ou sous une autre. Les connaissances relatives à chacun d'eux sont stockées

dans une « mémoire à long terme » (LTM), le processus de rétention mnésique auquel nous nous référons habituellement lorsque nous parlons de mémoire dans la vie de tous les jours. Son nom vient de l'idée que les informations stockées dans ce contexte resteront disponibles à des fins de récupération pendant des semaines, des mois, voire des décennies, au contraire de ce qui se produit avec la « mémoire à court terme » (TM), où le contenu est retenu pendant une durée très limitée.

Lorsqu'un expert rencontre une situation apparemment nouvelle dans son domaine d'expertise, il active automatiquement les connaissances spécifiques au domaine en question, stockées dans sa mémoire à long terme¹⁵. La nouvelle situation est ensuite comparée à une situation précédemment rencontrée et stockée dans la mémoire à long terme. La conséquence de cette correspondance automatique des modèles du monde extérieur et des modèles stockés dans la mémoire est que les experts saisissent rapidement l'essence de la nouvelle situation. Les experts n'ont donc pas besoin de capacités extraordinaires pour comprendre la situation complexe à laquelle ils sont confrontés. Leurs connaissances leur permettent de chercher la solution en se référant à une situation similaire, sauvegardée dans la mémoire à long terme.

Un autre aspect des mécanismes cognitifs propres aux joueurs d'échecs a été exposé par les travaux de De Groot⁹, qui ont démontré que les stratégies des experts sont très différentes de celles de leurs pairs moins qualifiés (amateurs). Alors que les novices ont besoin d'examiner chaque recoin de la position pour identifier les pièces d'intérêt, les experts n'ont besoin que de quelques regards pour effectuer la même tâche. L'auteur a également démontré que les joueurs d'échecs experts ne regardent pas nécessairement plus loin que les amateurs, mais examinent immédiatement des solutions de haute qualité : leurs connaissances leur permettent de s'orienter instantanément et de se concentrer sur des solutions prometteuses quant au problème posé.

Ainsi, comme le soulignent Bilalić, *et al.*², les stratégies des experts peuvent être très rapides et même donner l'impression de ne pas exiger d'effort, mais leur efficacité est basée sur une interaction complexe entre de nombreux processus cognitifs, ce qui a un effet important sur la façon dont le cerveau met en œuvre les performances des experts, vu sa remarquable capacité d'adaptation à la demande environnementale.

Grâce aux progrès de la neuro-imagerie, il est possible de mieux comprendre les mécanismes cérébraux en jeu dans l'expertise. La technique de neuro-imagerie la plus couramment utilisée est sans doute l'imagerie par résonance magnétique fonctionnelle (IRMf). Les changements structurels du cerveau sont généralement étudiés à l'aide de la morphométrie à base de voxel (VBM) pour ce qui est de la matière grise et à l'aide de l'imagerie du tenseur de diffusion (DTI) pour ce qui est de la substance blanche⁶.

3. Le concept de *chunking*

Une des théories expliquant les performances d'un expert est la théorie des *chunks*, qui détaille le mode de résolution de problèmes et les processus de mémoire utilisés par les experts. Dans ce modèle, l'importance de la perception est soulignée. Le modèle en question met en avant la vitesse à laquelle les experts « perçoivent » les éléments clés d'une situation problématique et peuvent, instantanément, reconnaître les configurations déjà rencontrées et stockées dans leur mémoire à long terme sous forme de *chunks*. Ce concept repose sur les travaux de Miller¹⁴ qui avait montré l'efficacité d'un regroupement des informations à l'aide du code binaire. Il postule que ce mécanisme d'association représente le fonctionnement de la mémoire dans son ensemble et, donc, que les nouvelles connaissances se créent en regroupant des unités de bas niveau en de nouvelles unités significatives. Comme nous l'avons mentionné précédemment, la mémoire à court terme, dont la capacité est limitée, aurait un empan mnésique d'environ sept éléments. Ainsi, en procédant par *chunking*, il est possible de retenir plus d'informations, puisque les unités ne sont plus mémorisées individuellement mais par regroupement au sein d'unités significatives plus vastes. La taille du *chunk*, qu'il soit composé de trois unités ou bien de six, ne représentera qu'une seule information à mémoriser. Cela a été démontré notamment par Ehrlich⁵ au moyen d'un matériau langagier.

Dans le principe, le *chunking* est donc proche de la théorie des géons formulée par Biederman¹. Selon lui, la construction des objets qui nous entourent repose sur des formes de base qui s'associent entre elles pour former de nouveaux objets ayant une signification propre. Les individus seraient alors composés d'un répertoire, estimé à environ 30 000 objets qui se construisent à partir de quelques éléments de base. Nous pouvons également citer le modèle du

pandémonium de Selfridge, *et al.*¹⁷, qui repose sur la reconnaissance de traits particuliers en provenance du système sensoriel pour expliquer le processus de reconnaissance des lettres.

4. Les implications pour le travail de l'expert orthodontiste

Ces connaissances fondamentales ayant trait aux neurosciences et à la psychologie expérimentale permettent de mieux connaître le cadre de l'expertise chez l'orthodontiste, contribuant à l'amélioration de ses performances et à une meilleure compréhension du changement de paradigme généré par la transition numérique.

4.1. Les trois domaines d'expertise mobilisés par la pratique de l'orthopédie dento-faciale

On peut affirmer que la pratique de cette branche de l'orthodontie qu'est l'orthopédie dento-faciale fait appel aux trois domaines d'expertise décrits par Bilalić² :

- L'expertise visuelle à travers non seulement les données cliniques endo- et exo-buccales que nous devons recueillir, mais aussi les données paracliniques : modèles d'études ou données radiographiques, par exemple. L'analyse que nous faisons d'une radiographie panoramique des arcades dentaires d'un patient en denture mixte, notre capacité à y identifier la formule dentaire ou le risque d'inclusion est une belle illustration de cette expertise.
- L'expertise cognitive est bien sûr présente à travers les nombreuses considérations d'ordre thérapeutique qui jalonnent notre pratique. En particulier, pendant la planification thérapeutique, il semble évident que, lorsque nous analysons une arcade dentaire imaginant les déplacements dentaires à y inclure, on procède via un *chunk* avec un processus « top-down » (Fig. 1).
- L'expertise sensori-motrice est bien sûr nécessaire à la maîtrise de l'acte thérapeutique, par exemple, pendant le positionnement des boîtiers

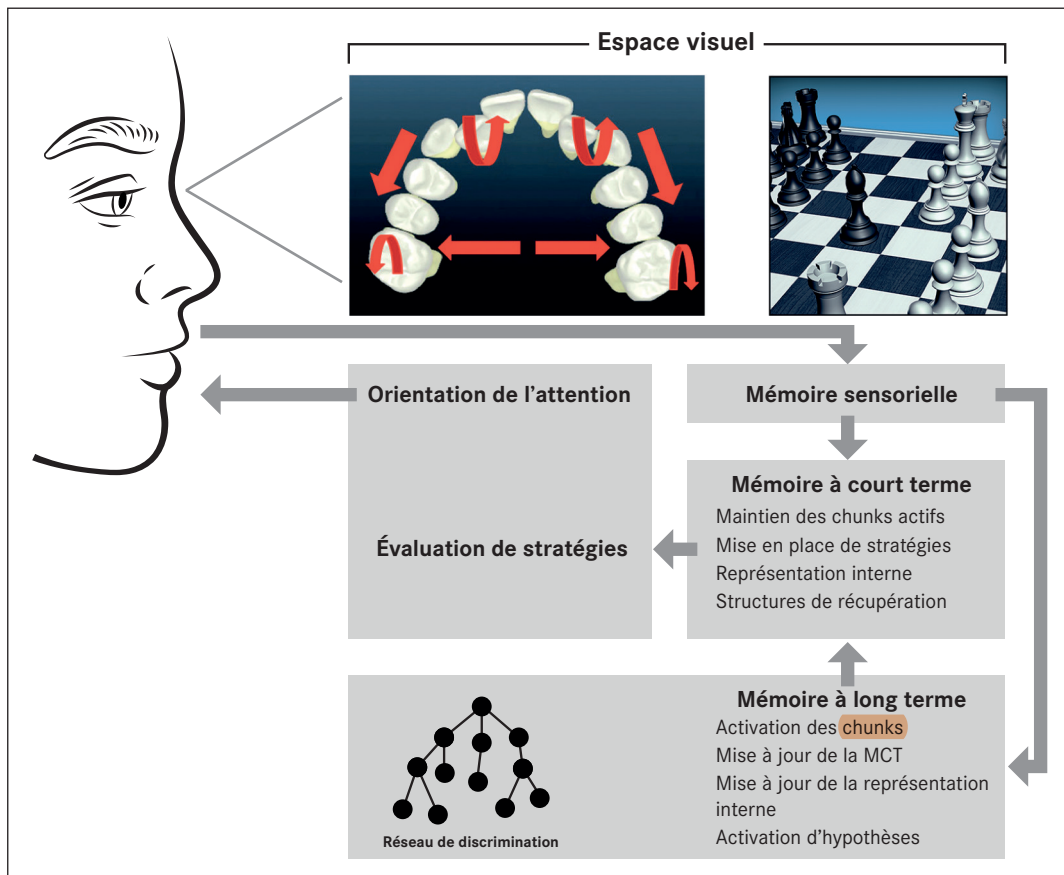


Figure 1

Fonctionnement du modèle d'architecture cognitive d'après Gobet⁹. Ce modèle explicité par la théorie des *chunks* théorisée sur des joueurs d'échecs est transposable à l'orthodontiste.

orthodontiques lors du collage ou pendant le pliage des fils orthodontiques afin d'y apporter des informations.

4.2. L'expérience clinique comme principal moyen d'acquisition de l'expertise

Nous avons vu que la performance des experts est basée en grande partie sur leur capacité à aller chercher la solution en se référant à une situation similaire, sauvegardée dans la mémoire à long terme. La théorie des *chunks* détaille ce processus. C'est la qualité et la quantité des informations inhérentes à la spécialité et stockées dans la mémoire à long terme qui définit le niveau d'expertise. Cela souligne évidemment l'importance que revêt l'expérience clinique lorsqu'il s'agit d'accéder aux connaissances emmagasinées de cette façon. Il faut donc du temps et de la pratique clinique pour devenir un expert en orthodontie, ce qui tend à valoriser l'internat (DES d'orthodontie) comme modèle de formation. On mesure combien il est important de réévaluer périodiquement sa pratique clinique, particulièrement les cas cliniques atypiques et les échecs survenant au cours de cette pratique, afin d'augmenter le stock d'exemples accumulés dans sa mémoire à long terme. En particulier, la création d'un flux de travail numérique ergonomique¹² contribue à une bonne visibilité des traitements mis en place et optimise leur stockage mnésique.

4.3. L'importance de la stabilisation de l'environnement thérapeutique pour l'expression du sens clinique

La plupart des décisions thérapeutiques que nous prenons s'appuient sur une intuition clinique : c'est le fameux « sens clinique du praticien ». Parmi les questions abordées par les travaux sur l'expertise se trouve celle qui consiste à savoir dans quelle mesure on peut faire confiance à son intuition d'expert.

Kaheman et Klein¹¹ soulignent que, pour déterminer la fiabilité d'un jugement intuitif, il est nécessaire d'examiner à la fois les caractéristiques de l'environnement dans lequel ce jugement intuitif est rendu, ainsi que le degré auquel l'auteur de ce jugement a pu appréhender les régularités de l'environnement en question.

Ainsi, un environnement de haute validité est une condition nécessaire au développement d'intuitions valides. D'autres conditions, également nécessaires, reposent sur le degré auquel l'expert a la possibilité de connaître les traits de cet environnement

(pratique prolongée et retour d'information à la fois rapide et sans équivoque).

Si un environnement fournit des indices valables et une bonne rétroaction, des compétences et une intuition d'expert finiront par se développer. S'il veut faire confiance à son intuition clinique, il est donc très important que le praticien cherche à stabiliser son environnement et à standardiser au maximum ses outils de diagnostic et de thérapeutique orthodontique. En revanche, lorsqu'une situation clinique atypique se présente à lui, il doit accorder moins de confiance à son intuition.

Un autre trait de l'expertise en orthopédie dento-faciale est de devoir manipuler des données complexes en 3D, ce qui exige une bonne connaissance de caractéristiques spécifiques importantes. La perception de haut niveau dans les tâches complexes et la notion d'opération visuelle suggèrent que la reconnaissance de situations et de structures complexes repose sur un ensemble acquis d'opérations visuelles qui alignent les modèles mentaux sur les représentations physiques.

4.4. Expertise et transition numérique

La transition numérique impacte les paradigmes de l'expertise de l'orthodontiste. Par exemple, l'expertise de diagnostic en orthodontie repose en partie sur des modèles orthodontiques. Ces dernières années ont vu se produire une transition des modèles réels vers des modèles numériques digitaux, qui deviennent le nouvel objet à partir duquel doit s'effectuer l'expertise perceptive. La transition d'un environnement réel vers un environnement virtuel constitue un changement de paradigme majeur, dont il faut évaluer l'impact sur la perception de l'expert¹³.

Pour que l'orthodontiste mette en œuvre son expertise perceptive et cognitive, il est fondamental qu'il soit à même d'avoir une perception des modèles virtuels aussi proche que possible de la réalité clinique. Ce changement d'interface pose la question de l'interprétation opérée par l'orthodontiste à travers un écran des relations intra- et inter-arcades.

Un autre paramètre important du fait de l'apparition des set-up virtuels dynamiques est le fait que nous devons manipuler des données complexes en 3D, ce qui exige la connaissance de caractéristiques spécifiques d'expertise. En effet, la perception de haut niveau dans les tâches complexes et la notion d'opération visuelle suggèrent que la reconnaissance

de situations et de structures complexes repose sur un ensemble acquis d'opérations visuelles qui alignent les modèles mentaux sur les représentations physiques.

Une expérience particulièrement intéressante est celle menée par Hegarty, *et al.*¹⁰ qui ont étudié comment les capacités spatiales sont améliorées et renforcées par l'éducation dentaire. Ces études concluent, à travers la comparaison des performances des étudiants au début et à la fin de leur formation dentaire, que les étudiants en médecine dentaire développent des modèles mentaux spatiaux de la structure des dents en 3D, ce qui améliore leur capacité à maintenir et à manipuler mentalement les représentations de ces structures spécifiques. En revanche, il n'y a aucune preuve que l'éducation dentaire améliore les capacités de transformation spatiale de manière plus générale.

Les progrès des CAD/CAM nous permettent de plus en plus d'avoir des appareils orthodontiques sur mesure, dont la mise en place fait moins appel à une dextérité et donc à une expertise sensori-motrice dont le rôle va diminuer dans notre spécialité, alors que l'analyse des set-up virtuels dynamiques et des planifications en 3D en début de traitement sollicitera davantage l'expertise cognitive : il s'agit d'une transition d'un vecteur manuel vers un vecteur cérébral au sein de notre spécialité.

Enfin, nous avons vu qu'une des caractéristiques de l'expertise est le fait que les domaines comportent des « règles » qui sont stables et des situations qui se reproduisent sans cesse sous une forme ou sous une autre. Les connaissances relatives à chacun d'eux sont stockées dans une « mémoire à long terme ». Le changement de paradigme que constitue la transition numérique bouleverse la perception qu'a le praticien de son environnement clinique : perte du sens haptique, apparition de l'imagerie radiologique 3D, etc. Il est donc fondamental d'avoir conscience que nos prises de décisions seront affectées et qu'une adaptation et un apprentissage sont nécessaires.

5. Conclusion

- L'expert peut être défini comme une personne très habile et bien informée dans un domaine particulier, où il obtient des résultats supérieurs à ceux obtenus par la majorité de la population. Une des caractéristiques des mécanismes cognitifs de l'expert est sa capacité à chercher la solution en se

référant à une situation similaire sauvegardée dans la mémoire à long terme. La théorie des *chunks* en détaille le processus. Ces études permettent de mieux appréhender notre métier d'orthodontiste et son évolution future.

- L'expertise doit être étendue dans les trois domaines qui ont été définis : expertise perceptive, expertise cognitive et expertise sensori-motrice.
- L'acquisition de l'expertise est surtout la résultante des souvenirs des cas cliniques que nous accumulons dans notre mémoire à long terme.
- Pour que l'expert fasse confiance à son intuition clinique, il est important d'avoir acquis un niveau élevé d'expertise et une expérience de travail dans un environnement stable.
- La transition numérique entraîne un changement de paradigme en matière d'expertise, amenant l'expert à s'appuyer plus sur son expertise cognitive, particulièrement dans la représentation en 3D, et moins sur son expertise sensori-motrice, suppléée par le CAD/CAM.



Références

1. Biederman I. Recognition-by-components: A theory of human image understanding. *Psychological Review* 1987;94(2):115-147.
2. Bilalić M, Grottenhaler T, Nägele T, Lindig T. The faces in radiological images: Fusiform face area supports radiological expertise. *Cerebral Cortex* 2016;26(3):1004-1014.
3. Bilalić M. The neuroscience of expertise. Cambridge : Cambridge University press. 2017.
4. Chase WG, Simon HA. Perception in chess. *Cognitive Psychology* 1973;4(1):55-81.
5. Ehrlich S. La capacité d'appréhension verbale. Presses Universitaires De France. Réédition Numérique Fenixx. 1972.
6. Ericsson KA, Charness N, Feltovich PJ, Hoffman RR. The Cambridge Handbook of Expertise and Expert Performance. Cambridge : Cambridge University Press. 2006.
7. Gobet F. Psychologie du talent et de l'expertise. Louvain-La-Neuve : De Boeck Supérieur. 2011. 256p.
8. Gobet F, Lane P, Croker S, Cheng P, Jones G, Oliver I, Pine J. Chunking mechanisms in human learning. *Trends in Cognitive Sciences* 2001;5(6):236-243.
9. Groot AD. Thought and Choice in Chess. The Hague, Netherlands: Mouton Publishers. 1978. 241p.
10. Hegarty M, Keehner M, Khooshabeh P, Montello DR. How spatial abilities enhance, and are enhanced by, dental education. *Learning and Individual Differences* 2009;19(1):61-70.
11. Klein E, Swan JE, Schmidt GS, Livingston MA, Staats OG. Measurement Protocols for Medium-Field Distance Perception in Large-Screen Immersive Displays. *IEEE Xplore. Virtual Reality Conference* 2009:107-113.

12. Makaremi M, de Brondeau F, Lacaule C, N’Kaoua B. Le workflow numérique au service de l’apprentissage clinique du praticien. *Orthod Fr* 2020;91:93-99.
13. Makaremi M. Interface praticien - nouvelles technologies en orthopédie dento-faciale : apport des sciences cognitives. Université de Bordeaux : Thèse de Doctorat en Neurosciences cognitive, 2022.
14. Miller GA. The magical number seven plus or minus two: Some limits on our capacity for processing information. *Psychological review* 1956;63(2):81-87.
15. Richman HB, Staszewski JJ, Simon HA. Simulation of expert memory using EPAM IV. *Psychological Review* 1995;102(2):305-330.
16. Schell BH, Martin C. Webster’s new world hacker dictionary. Indianapolis : Wiley Publishing. 2006. 387p.
17. Selfridge O; Pandemonium: A Paradigm for Learning. Proceedings of Symposium on the Mechanization of Thought Processes. National Physics Laboratory. 1959.