



**UNIVERSITÉ  
DE GENÈVE**

**FACULTÉ DE PSYCHOLOGIE  
ET DES SCIENCES DE L'ÉDUCATION**

**Influence de signaux visuels incrustés dans une vidéo sur l'apprentissage  
de l'analyse du mouvement humain**

**MÉMOIRE REALISE EN VUE DE L'OBTENTION DE LA MAITRISE  
UNIVERSITAIRE EN SCIENCES ET TECHNOLOGIES DE L'APPRENTISSAGE ET  
DE LA FORMATION**

**PAR**

**Anne-Sophie Desarzens**

**DIRECTEUR DE MEMOIRE**

Mireille Bétrancourt

**JURY**

Sandra Berney

Lara Allet

GENEVE, septembre 2017

**UNIVERSITE DE GENEVE  
FACULTE DE PSYCHOLOGIE ET DES SCIENCES DE L'EDUCATION**

## **RESUME**

*(maximum 150 mots)*

En physiothérapie, l'analyse du mouvement humain par observation est enseignée en incluant des ressources pédagogiques multimédias, comme la vidéo.

L'objectif de cette étude est d'examiner si l'utilisation d'une vidéo agrémentée de signaux visuels permet à l'apprenant d'améliorer ses performances, d'établir un lien entre celles-ci et les capacités visuo-spatiales(CVS) ainsi que le ressenti de l'utilisateur et d'évaluer l'effet du cursus de formation antérieur.

Pour répondre à ces questions, une expérience a été menée avec 26 participants.

Les résultats montrent que la vidéo améliore significativement les performances, contrairement aux signaux. Le cursus antérieur a montré un effet significatif sur les performances. Aucun lien n'a été établi entre les CVS et les performances, ni avec le signalement. L'effet du signalement et des CVS sur l'appréciation du matériel est également non-significatif.

Ces résultats permettent d'intégrer des visualisations dynamiques semblables dans des dispositifs proposés aux étudiants, mais de futures recherches avec un collectif plus important et homogène doivent être menées.

*Ce mémoire est dédié à Mme Elisabeth Burge, décédée en juin 2015, collègue et amie qui m'a aidé, soutenue et encouragée tout le long de mon parcours professionnel.*

## Remerciements

---

Tout d'abord, je remercie chaleureusement ma directrice de Mémoire, Mireille Bétrancourt, qui m'a guidée dans l'élaboration de ce mémoire. Ses conseils judicieux et son aide ainsi que sa patience m'ont été très précieux.

Je remercie également Sandra Berney et Lara Allet d'avoir accepté de faire partie de mon jury.

Merci à tous les participants de ce mémoire qui ont accepté de prendre du temps pour passer les tests et sans lesquels rien n'aurait été possible.

Je remercie spécialement la direction de la Haute Ecole de Santé de Genève qui m'a soutenue dans ce projet et cette démarche.

Merci à mes collègues de la Filière Physiothérapie qui m'ont supportée (dans les deux sens du terme) pendant ces trois années, spécialement à Ruth Schmid et Claire-Lise Meyenberg.

Merci à tous mes collègues et ex-collègues du MALTT pour leur gentillesse, leur dynamisme et leur soutien.

Et finalement merci à mes proches qui m'ont écoutée et encouragée patiemment au cours des trois années de formation et pendant l'élaboration de ce mémoire.

## Table des matières

---

Remerciements.....	i
Table des matières.....	ii
Table des figures.....	v
Table des tableaux.....	vi
1. Introduction et contexte.....	1
1.1. Le terrain.....	1
1.2. Problématique.....	2
2. Cadre théorique.....	4
2.1. L’observation et l’analyse du mouvement humain.....	4
2.1.1. Perception et mouvement humain.....	4
2.1.2. Analyse du mouvement.....	5
2.1.3. Théorie des neurones miroir.....	7
2.2. L’apprentissage multimédia.....	8
2.2.1. Théorie cognitive de l’apprentissage multimédia.....	8
2.2.2. Théorie de la charge cognitive.....	9
2.2.3. Conséquences des théories de l’apprentissage multimédia et de la charge cognitive.....	9
2.3. Motivation et expérience de l’utilisateur.....	10
2.4. Les animations.....	11
2.4.1. Effet des animations.....	12
2.4.2. Conséquences sur le design.....	14
2.5. Les cues ou signaux.....	15
2.5.1. The Signaling Principle.....	15
2.5.2. Différentes sortes de signaux.....	16
2.5.3. Résultats concernant les tâches de Rétention.....	16
2.5.4. Résultats concernant les tâches de Transfert.....	16
2.5.5. Résultats concernant la recherche visuelle.....	17
2.5.6. Les signaux dans les animations.....	18

2.5.7.	Les signaux à contraste dynamique .....	19
2.6.	Les capacités visuo-spatiales (CVS) .....	21
2.7.	L'approche retenue.....	25
3.	Résumé de la problématique, objectifs et hypothèses.....	27
3.1.	Objectifs .....	27
3.2.	Hypothèses générales.....	27
4.	Méthodologie .....	28
4.1.	Participants .....	28
4.2.	Matériel.....	29
4.2.1.	Vidéos.....	29
4.2.2.	Matériel de test .....	34
4.3.	Appareil .....	37
4.4.	Prétest .....	37
4.5.	Procédure.....	38
4.6.	Correction des tests .....	38
4.6.1.	Questionnaire Pré- et Post-test.....	38
4.6.2.	Attrakdiff2.....	39
4.6.3.	PFT .....	39
4.7.	Design expérimental.....	40
4.8.	Variables et hypothèses opérationnelles.....	40
4.8.1.	Variables .....	40
4.8.2.	Hypothèses opérationnelles.....	41
5.	Résultats.....	43
5.1.	Evaluation des performances des participants.....	43
5.1.1.	Analyse descriptive .....	43
5.1.2.	Effet du Signalement sur les scores de performances .....	47
5.1.3.	Effet du Cours Antérieur sur Moment du Test.....	52
5.2.	Evaluation des Capacités Visuo-Spatiales des participants .....	55
5.2.1.	Analyse descriptive .....	55

5.2.2.	Corrélation entre CVS et Performances.....	55
5.3.	Evaluation de l'attractivité du dispositif.....	56
5.3.1.	Analyse descriptive.....	56
5.3.2.	Effet du facteur Signalement sur l'attractivité.....	57
5.3.3.	Effet du facteur Capacités Visuo-Spatiales (CVS) sur l'attractivité.....	58
5.3.4.	Interaction des Facteurs CVS et Modalité sur l'attractivité.....	59
5.4.	Résultats complémentaires.....	59
5.4.1.	Score dynamique/statique des performances et effet du Signalement.....	59
6.	Discussion.....	60
6.1.	Effet du Signalement sur les performances.....	60
6.2.	Effet de l'usage d'une vidéo sur les performances.....	62
6.3.	Relation entre Capacités Visuo-Spatiales(CVS) et Performances.....	63
6.4.	Relations entre l'attractivité et le Signalement.....	64
6.5.	Le matériel de test et la méthodologie.....	65
6.6.	Selon la population étudiée.....	66
6.7.	Limites et perspectives.....	66
7.	Conclusion.....	69
	Références bibliographiques.....	71
	Annexes.....	76
1.	Formulaire de consentement.....	76
2.	Questionnaire Performances prétest(q0) et posttest(q1).....	79
3.	Questionnaire Attrakdiff2.....	86
4.	Paper Folding Test.....	88
5.	Tableaux des analyses de variance ANOVA et corrélations.....	93
5.	Consignes aux participants.....	99

## Table des figures

---

Figure 1. Exemple de repères corporels. Tiré de Suppé, 2007.....	6
Figure 2. Théorie cognitive de l'apprentissage multimédia. Tiré de Mayer, 2015 .....	9
Figure 3. Animation Processing Model de Lowe et Boucheix (2008) repris de Lowe et Boucheix (2016), p.74.....	12
Figure 4. Exemple de signaux contrastants. Tiré de De Koning et al. (2010) .....	17
Figure 5. « Progressive Path Cues ».....	20
Figure 6. « Local Coordinated Cues ».....	20
Figure 7. Exemple de signal dynamique pour l'amplitude articulaire du genou.....	26
Figure 8. Exemple d'écran de départ des vidéos 1 et 2.....	30
Figure 9. Exemples d'images de la Vidéo « Méthodologie 1 » .....	30
Figure 10. Extraits d'images des premières sections de la vidéo 2.....	32
Figure 11. Points de repère pour les mouvements de la cheville dans le plan sagittal .....	32
Figure 12. Mouvements de la cheville dans le plan frontal : flexion dorsale.....	33
Figure 13. Mouvements de la cheville dans le plan frontal : flexion neutre ou plantaire relative	33
Figure 14. Mouvements de la hanche dans le plan frontal : flexion.....	34
Figure 15. Mouvements de la hanche dans le plan frontal : extension relative .....	34
Figure 16. Exemple d'item de l'échelle Attrakdiff2.....	36
Figure 17. Exemple d'un item. Item 4 de la seconde partie du PFT (Ekstrom et al., 1976) .....	37
Figure 18. Moyennes du score total pré-test.....	43
Figure 19. Moyennes du score total post-test.....	44
Figure 20. Moyennes du score de Rétention pré-test.....	44
Figure 21. Moyennes du score de Rétention post-test.....	45
Figure 22. Moyennes du score de Transfert pré-test.....	45
Figure 23. Moyennes du score de Transfert post-test.....	46
Figure 24. Moyennes du score de Dessin.....	46
Figure 25. Moyenne du Score Total en fonction du Signalement.....	47
Figure 26. Moyennes marginales estimées du Score Total.....	47
Figure 27. Moyennes du score Rétention en fonction du Signalement .....	48
Figure 28. Moyennes marginales estimées du Score Rétention .....	49
Figure 29. Moyennes des scores Transfert.....	49
Figure 30. Moyennes marginales estimées du Score Transfert.....	50
Figure 31. Moyennes du score Epreuves de dessin .....	51
Figure 32. Moyennes du score total en fonction du Coursus antérieur .....	52
Figure 33. Moyennes marginales estimées du score total .....	53
Figure 35. Moyenne du Moment de Test en fonction du Coursus Antérieur MC et du Signalement	



.....	54
Figure 36. Moyenne du Moment de Test en fonction du Coursus Antérieur Autre et du Signalement	54
.....	54
Figure 37. Moyennes du score du test PFT.....	55
Figure 38. Moyenne des scores de Attrakdiff2 .....	56
Figure 39. Effet du facteur Signalement sur Score total Attrakdiff 2.....	57
Figure 40. Effet du facteur CVS sur la Score Total Attrakdiff2 .....	58
Figure 41. Moyennes du score Attrakdiff2 en fonction de CVS et Signalement.....	59

## Table des tableaux

---

Tableau 1. Activités réalisées par l'apprenant en fonction du niveau taxonomique .....	6
Tableau 2. Nombre de participants de chaque cursus dans chacune des conditions.....	29
Tableau 3. Récapitulatifs des points donnés aux questionnaires de Dessins, Rétention et Transfert	
.....	38
Tableau 4. Moyenne et écart-type du score Attrakdiff2 et ses sous-scores.....	56
Tableau 5. Moyennes et écart-types des sous-scores de l'Attrakdiff2 en fonction du Signalement	
.....	57
Tableau 6. Moyennes et écart-type des sous-scores de l'Attrakdiff2 .....	58

## 1. Introduction et contexte

---

Au cours de cette dernière décennie, les visualisations dynamiques, en particulier les animations ou les vidéos, sont devenues très populaires en termes de ressources pédagogiques pour améliorer l'apprentissage, en particulier, lorsque des mécanismes qui se déroulent dans le temps sont en jeu. Ce matériel multimédia permet d'appréhender plus aisément des phénomènes dynamiques comme des mouvements humains. Néanmoins, sa supériorité en termes d'efficacité de l'apprentissage par rapport aux images statiques n'a pas été clairement démontrée.

Lorsqu'on regarde une vidéo, les écrans se succèdent en un changement continu, donc les informations ne restent pas de manière permanente à l'écran. Pour contrer cette difficulté, il est apparu déterminant de cibler l'attention de l'apprenant vers les parties pertinentes de l'image pour son apprentissage. Les signaux ou « cues » répondent, entre autres, à cette question. On parle de « Signaling Principle ». Ces signaux peuvent concerner le texte écrit ou l'image (Van Gog, 2015). Dans le cas de signaux visuels, il s'agit de modifier l'image avec des incrustations visuelles comme, par exemple, des flèches ou des encadrés de couleur mais cela peut aussi se réaliser en ombrant les parties de l'image qui ne sont pas en lien avec le commentaire oral ou le texte écrit créant ainsi une zone de contraste.

L'influence des signaux sur l'apprentissage a d'abord été étudiée dans des dispositifs comportant une succession d'images statiques puis dans des dispositifs incluant des représentations dynamiques. Les résultats des recherches sont contrastés et la diversité des différents matériaux d'expérimentation semble être à l'origine de ces différences.

Il s'agit donc d'étudier si l'ajout de signaux dans des conditions statiques et, surtout, dynamiques peut améliorer l'efficacité d'une vidéo dans le contexte qui nous intéresse.

### 1.1. Le terrain

L'étude se déroule à la Haute Ecole de Santé de Genève, HES-SO. Cette école compte 5 filières professionnelles :

- Nutrition et diététique
- Physiothérapie
- Sage-femme
- Soins infirmiers
- Technique en radiologie médicale

Une année préparatoire de Modules complémentaires(MCS) précède la formation Bachelor, c'est « ...une année préparatoire (ou passerelle) destinée aux candidat-e-s qui ne sont pas au bénéfice d'un accès direct en formation Bachelor dans le domaine santé » (Site Haute Ecole de Santé, Genève).

Le matériel pédagogique testé a été créé pour les étudiants de première année Bachelor de la Filière Physiothérapie. Cette Filière accueille chaque année une volée de 38 à 40 étudiants pour la formation Bachelor en 3 ans. Les étudiants sont régulés à l'entrée de leur formation Bachelor par un examen d'admission.

Depuis 2012, la formation est passée de 4 à 3 ans de formation pour les contenus spécifiques à la physiothérapie réduisant drastiquement le temps d'enseignement. D'autre part, l'effectif des étudiants est passé en 15 ans de 25 à 40 étudiants par classe. Cette augmentation du nombre d'étudiants a pour conséquence une réduction du temps consacré à la correction de la gestuelle de chaque étudiant en classe, le nombre d'enseignants n'ayant pas évolué.

Pour favoriser l'intégration des contenus dans ce contexte, des dispositifs hybrides comportant des cours en présence et à distance sont proposés aux étudiants. Les cours à distance comprennent différentes ressources médiatisées, en particulier des vidéos et des animations. Les étudiants doivent, notamment, travailler individuellement et en collaboration sur l'analyse du mouvement (en 1<sup>ère</sup> année Bachelor) et sur le raisonnement clinique dans le domaine cardio-respiratoire (en 2<sup>ème</sup> année Bachelor) par l'intermédiaire de dispositifs sur la plate-forme Moodle. Ils visionnent des vidéographies puis répondent aux questionnaires à choix multiples (QCM) et remettent des travaux écrits évalués de manière formative puis sommative. Il est prévu de développer le raisonnement clinique dans le domaine neuro-musculaire de façon identique l'an prochain. Les dispositifs médiatiques sont destinés, d'une part, à renforcer les cours donnés en présentiel, mais aussi à développer de nouveaux contenus.

## 1.2. Problématique

La vidéo testée fait partie d'un des dispositifs médiatiques de la Filière Physiothérapie. Elle a pour but d'expliciter la méthodologie d'observation et d'analyse du mouvement normal dans des activités de la vie quotidienne. En effet, l'analyse du mouvement par observation est la base du travail du physiothérapeute dans le domaine de la rééducation et de la réhabilitation (Suppé, 2017). Elle passe par différents canaux : visuel, kinesthésique (ressenti du mouvement), tactile, auditif et fait appel à des connaissances anatomiques et biomécaniques.

Cette analyse est difficile pour l'étudiant débutant, car il doit avoir appris et intégré l'anatomie descriptive pour la contextualiser dans une analyse tridimensionnelle du mouvement. Afin de faciliter l'apprentissage, des ressources pédagogiques intégrant, d'une part, l'image et, d'autre part, le son sont proposées à l'étudiant. Ce dispositif devant démontrer les aspects dynamiques du mouvement à analyser, c'est-à-dire se dérouler dans le temps, le choix d'une visualisation dynamique paraît approprié. Les vidéos et les animations en font partie. La vidéo qui présente des caractéristiques proches de l'animation est définie comme une suite de changements continus dans le temps. Elle présente donc une structure et un contenu qui correspond à celle de l'analyse de mouvement selon le principe de congruence (Tversky, Morrison, et Bétrancourt, 2002).

L'efficacité de la vidéo sera renforcée par des signaux visuels incrustés sur les différents écrans. Ceux-ci (points, flèches, zones colorées montrant l'angulation) permettront de cibler l'attention du participant et d'améliorer la visibilité des éléments pertinents de l'image atténuant l'aspect transitoire des images (Tversky et al., 2002) qui est un des problèmes identifiés lorsque l'apprenant visionne une animation. En effet, le défilement continu des images oblige l'apprenant à stocker les images dans la mémoire de travail (Baddeley, 1989) ce qui va occasionner un trop-plein dans cette mémoire qui a une capacité limitée. D'autre part, ce flux perturbe les stratégies d'exploration et de ré-inspection que l'on peut développer avec des images statiques.

Des facteurs propres aux apprenants peuvent affecter leur façon d'apprendre avec des vidéos, en particulier leurs capacités visuo-spatiales (CVS). Des recherches ont été menées, pour déterminer si l'apprentissage à partir de visualisations dynamiques était influencé par les CVS des apprenants (Höffler et Leutner, 2011). Il semblerait que ce soit le cas, mais sous certaines conditions. Nous allons donc examiner la possibilité d'un lien entre l'apprentissage de l'analyse du mouvement et les CVS mesurées par un test de visualisation spatiale.

Enfin, la motivation, définie comme les « ...raisons, intérêts, éléments qui poussent quelqu'un dans son action... » est un élément central dans l'engagement dans le processus d'apprentissage (Bourgeois, 1998). Mayer (2015) la décrit comme un moteur, un activateur de l'apprentissage. Nous aimerions évaluer si le matériel d'apprentissage est apprécié de l'utilisateur. En effet, un apprenant percevant le dispositif comme agréable et utile devrait être plus motivé et s'engager plus facilement dans le processus d'apprentissage. L'outil de mesure de l'expérience utilisateur Attrakdiff2 va nous permettre de mesurer cette expérience (Hassenzahl, Burmester, et Koller, 2003 cité par Lallemand, Koenig, Gronier, et Martin, 2015). Nous allons donc étudier si l'appréciation de l'utilisateur est liée aux performances mesurées après avoir visionné la vidéo.

Afin de vérifier si une vidéo est efficace pour apprendre l'observation et l'analyse du mouvement humain et si cet apprentissage est amélioré lorsque le matériel est signalé, une expérimentation est mise en place. Il s'agit de mesurer les performances d'apprentissage, les CVS et l'expérience de l'utilisateur après avoir visualisé une vidéo dans l'une ou l'autre des deux modalités : avec ou sans signalement.

Dans la suite de cet exposé, nous présentons le cadre théorique dans lequel notre recherche s'est déroulée et nos hypothèses de recherche. Puis, notre expérience est décrite, ceci inclut les tests et questionnaires utilisés et la procédure suivie. Finalement, les résultats avec leurs analyses suivis d'une discussion sont présentés avant la conclusion de notre travail.

## 2. Cadre théorique

---

Ce chapitre débutera par une section sur l'observation et l'analyse du mouvement humain, puis se poursuivra avec l'apprentissage multimédia, en incluant les visualisations dynamiques comme les animations. Leur définition, leur fonctionnement et leurs effets seront décrits. Nous définirons ensuite le « Signaling Principle » ou principe de signalement, suivi des différents types de signaux et leurs effets, en particulier dans le cadre d'une visualisation dynamique. Finalement, les CVS seront abordées ainsi que leur lien avec l'acquisition de compétences d'analyse du mouvement.

### 2.1. L'observation et l'analyse du mouvement humain

L'apprentissage de l'observation et de l'analyse d'un mouvement humain est l'élément central de cette étude. Pour l'apprenant en Filière Physiothérapie, il s'agit, dans un premier temps, de percevoir le mouvement, d'identifier les points d'ancrage visuels permettant d'objectiver le mouvement, puis de comparer le mouvement avec les modèles préexistants internes (connaissances anatomiques et cinématiques) pour en déduire quel est le mouvement produit et la musculature qui est mise en jeu.

Selon Bandura (1986, cité par Van Gog, Paas, Marcus, Ayres, et Sweller, 2009, notre traduction), l'apprentissage par observation est considéré comme l'un des mécanismes les plus fondamentaux et les plus puissants par lesquels les gens apprennent. Ceci concerne toutes les formes d'apprentissage dans lesquelles le sujet peut calquer son comportement sur l'observation et /ou l'imitation d'un « sujet modèle » qui fait, dit ou écrit. Cet apprentissage est un moyen beaucoup plus efficace et efficient d'acquérir cette connaissance que de la concevoir soi-même (Paas, Renkl, et Sweller, 2003 cité par Van Gog et al., 2009 ; entre autres). Ce mode d'apprendre est souvent utilisé dans notre école car nous démontrons en pratique de nombreuses techniques que les étudiants reproduisent après nous avoir observés.

#### 2.1.1. Perception et mouvement humain

La perception visuelle nécessaire à cette observation est très développée chez l'humain. Par exemple, un observateur peut reconnaître les mouvements d'un golfeur en l'absence de club de golf et d'environnement spécifique (Blake et Schiffrar, 2007). L'œil humain est même capable de distinguer des caractéristiques de la personne : genre, niveau d'expertise et, selon la connaissance du milieu, reconnaissance du golfeur.

La capacité à percevoir des mouvements humains se développe tout au long de la vie comme en témoigne une recherche menée sur des enfants de 3 à 5 ans démontrant, qu'à l'âge de 5 ans, l'enfant a une perception identique à celle de l'adulte dans sa reconnaissance d'un mouvement humain (Pavlova, Krägeloh-Mann, Sokolov, et Birbaumer, 2001 cité par Blake & Schiffrar, 2007). Cette perception reste conservée à un âge avancé (Norman, Payton, Long, et Hawkes, 2004 cité par Blake & Schiffrar, 2007).

Ceci démontre que le système visuel humain est particulièrement bien adapté pour percevoir les actions des autres (Blake & Schiffrar, 2007).

### 2.1.2. Analyse du mouvement

L'analyse du mouvement humain a beaucoup progressé depuis la fin du 19<sup>ème</sup> siècle passant de l'ajout de petites lumières éclairant des points-clés, comme les articulations, à des analyses tridimensionnelles pilotées par ordinateur permettant de percevoir les contours du corps humain.

Selon Bertenthal et Pinto (1994 cité par Blake & Schiffrar, 2007), les mouvements humains sont plus efficacement observés si les capteurs lumineux se trouvent sur les articulations, mais l'observation reste efficace s'ils sont placés entre deux articulations. Par exemple, des capteurs placés sur le poignet et la cheville montreront la direction de la marche (Mather, Radford, et West, 1992 cité par Blake & Schiffrar, 2007). De même, la sensibilité au mouvement humain augmente avec le nombre d'articulations mises en évidence par les capteurs (Neri, Morrone et Burr, 1998 ; Poom et Olsson, 2002 cités par Blake & Schiffrar, 2007) ainsi que la durée d'exposition de l'animation (Thornton, Pinto, et Schiffrar, 1998).

Actuellement, deux procédures d'analyse du mouvement sont pratiquées :

- L'analyse du mouvement quantifiée

Elle est réalisée par ordinateur au moyen de capteurs et plates-formes et permet d'évaluer la *cinématique* qui décrit les mouvements de systèmes matériels (ici, le corps ou un segment du corps). Elle utilise la notion de corps (dans le sens mécanique du terme) et de temps. Le mouvement du genou dans la marche ou la vitesse de marche, par exemple, font appel à la cinématique. Cette analyse quantifiée permet également d'évaluer la *cinétique* qui est le prolongement de la cinématique puisqu'elle étudie le mouvement d'un corps dans le temps en impliquant la notion de masse de ce corps (centre de masse), elle étudie la statique et la dynamique (Grimshaw et Burden, 2010 ; Cazin et Morel, 2017).

Les analyses sont réalisées par des systèmes comme GAITRite®, Vicon®, GaitUp®, etc.

- L'analyse par observation du sujet

Cette dernière nous intéresse particulièrement, car elle est réalisée par le physiothérapeute (entre autres) lors de l'évaluation des problématiques du patient et au cours du traitement. Elle est de nature quantitative et qualitative, et se réalise en fonction de différents critères faisant appel à l'équilibre, la répartition du poids des segments corporels, le mouvement des points d'observation dans les 3 plans et finalement l'analyse articulaire et musculaire qui découle de ces mouvements. Pour pratiquer cette analyse par observation, il faut donc déterminer le point pivot autour duquel le mouvement va se dérouler (le centre articulaire de l'articulation) et au moins deux points de repère d'observation : un distal et un proximal pour objectiver le mouvement.

Ceci se réalise pour chaque articulation dans les 3 plans (Suppé et Spirgi-Gantert, 2007). Comme on peut l'observer sur ces images de la hanche (Figure 1) : en noir, le centre articulaire de la hanche ou point pivot, en orange des lignes indiquant l'angle dans l'articulation et passant par des points repères au niveau du genou et de l'épaule.



Figure 1. Exemple de repères corporels. Tiré de Suppé, 2007

Cette activité nécessite une certaine systématique qui est difficile à acquérir par l'apprenant. Au niveau cognitif, il doit réaliser des tâches appartenant à tous les niveaux taxonomiques (Bloom, 1956 cité par Plack et Driscoll, 2011 ; Tableau 1) :

Tableau 1. Activités réalisées par l'apprenant en fonction du niveau taxonomique

Niveau	Description
Connaissances factuelles	L'apprenant décrit/liste les composants osseux, articulaires et les éléments biomécaniques concernant l'équilibre
Compréhension	L'apprenant explique et interprète le problème à analyser
Application	L'apprenant fait référence à ses connaissances anatomiques et biomécaniques pour placer un système de références corporelles en 3D
Analyse	L'apprenant peut mettre en place une méthodologie d'analyse du mouvement (par quoi commencer, quel point regarder pour définir un mouvement...)
Synthèse	Il peut formuler des critères d'évaluation du mouvement en fonction de l'activité
Evaluation	Il peut reproduire cette méthodologie sur des situations inédites.

L'étudiant doit donc faire face à plusieurs difficultés : se souvenir de son anatomie et la contextualiser à une activité humaine complexe en trois dimensions (3D), acquérir une méthodologie qui va lui permettre de mener son observation, analyser les composantes d'un système dynamique en 3D en faisant référence à des critères d'analyse et reproduire cette méthodologie dans des situations nouvelles.

A notre connaissance, il n'existe pas d'outil didactique de référence pour l'enseignement de cette

méthodologie. L'apprentissage de l'anatomie descriptive et fonctionnelle d'une articulation qui est un pré-requis pour cet apprentissage présente déjà de notables difficultés d'apprentissage. En effet, l'étudiant doit opérer des transformations mentales spatiales complexes des structures anatomiques et des mouvements qui y sont associés (Berney, Bétrancourt, Molinari, et Hoyek, 2015). Selon Berney et al. (2015), les processus cognitifs peuvent être décomposés en 6 étapes :

1. Isoler la structure de son contexte
2. Apprendre la forme 2D de cette structure sous toutes ses perspectives
3. Reconstruire la structure tridimensionnelle
4. Reconstruire les relations spatiales entre la structure 3D et son environnement
5. Apprendre la dynamique de la structure
6. Déplacer la structure dans l'espace corporel global

Dans l'apprentissage de notre méthodologie, il s'agit également d'isoler la structure du corps à analyser par rapport aux autres articulations, de faire référence à un modèle mental 3D construit de cette articulation et d'en déduire les points corporels qu'on va placer sur l'articulation à analyser, puis d'observer les points saillants sur le corps à analyser pour placer ces points. Ces étapes sont statiques et nécessitent un travail d'abstraction pour figer le corps en mouvement. Les étapes suivantes sont dynamiques, il s'agit d'observer le mouvement des points placés au niveau corporel. La représentation mentale des trois plans de l'espace est nécessaire pour juger de ce mouvement. Le travail est réalisé un plan après l'autre. L'étape suivante nécessite de placer de la même manière les muscles et leurs insertions afin de réaliser également une analyse musculaire et fait également appel à une représentation mentale de la myologie en 3D. La méthodologie concernée dans cette étude va donc encore plus loin que les différentes étapes décrites dans l'apprentissage d'un mouvement d'épaule et des structures qui la composent (Berney et Bétrancourt, 2016) car il s'agit maintenant de les contextualiser à une situation en mouvement et d'y faire référence.

Pour aider l'étudiant, il paraît donc opportun d'utiliser les moyens mis à disposition dans le domaine multimédia tels que les images statiques ou les visualisations dynamiques pour aider à observer et analyser le mouvement humain. Ceci, même si l'efficacité des visualisations dynamiques dans l'apprentissage de l'anatomie fonctionnelle n'a pas été clairement démontrée (Berney et al., 2015).

### 2.1.3. Théorie des neurones miroir

On l'a vu précédemment, l'humain apprend par observation. Di Pellegrino, Fadiga, Fogassi, Gallese, et Rizzolatti (1992) ont démontré que le fait de voir un mouvement humain déclenchait des inputs dans certaines cellules cérébrales de l'observateur. L'existence de ces cellules appelées neurones miroir (Rizzolatti, Fogassi, et Gallese, 2001 ; Rizzolatti et Craighero, 2004 cités par Blake & Schiffrar, 2007) a donné lieu à une théorie qui pourrait expliquer qu'on apprend par imitation en utilisant cette activation cérébrale pour débiter l'apprentissage.



Lors de l'analyse du mouvement par observation, il est très utile de pouvoir ressentir le mouvement sur soi-même pour s'aider à l'analyser, on peut donc supposer que la prévisualisation cérébrale aidera aussi l'apprenant dans cette tâche cognitive.

Ces neurones s'activent uniquement si l'activité observée met en jeu un primate, un modèle humain robotisé (Van Gog et al., 2009) ou des schémas du corps humain. Une représentation réaliste au moyen d'images statiques ou de vidéos paraît donc appropriée à la situation d'apprentissage.

## 2.2. L'apprentissage multimédia

Afin d'améliorer son efficacité, l'enseignement a intégré depuis plusieurs décennies les outils multimédias. Le terme « multimédia » se réfère à tout matériel qui présente des mots et des images (Mayer, 2015). Les mots peuvent prendre la forme de texte écrit ou parlé, les images peuvent être des illustrations, des photos, des animations ou des vidéos. En d'autres termes, l'enseignement utilise différents outils comportant du texte écrit ou parlé soutenu par des images, voire des graphiques animés ou des vidéos. Nous allons maintenant examiner la façon dont l'apprentissage se déroule.

### 2.2.1. Théorie cognitive de l'apprentissage multimédia

L'apprentissage multimédia (Multimedia Learning) intervient lorsqu'on apprend de mots et d'images ou plus précisément lorsque l'apprenant construit une image mentale à partir de ces mots et de ces images (Mayer, 2015). Mayer (2015) se base sur la manière dont l'esprit humain fonctionne pour l'expliquer. Il s'agit de la « théorie cognitive de l'apprentissage multimédia » basée sur 3 assertions (Mayer, 2015) :

- Pour apprendre, l'être humain s'engage activement en distinguant et sélectionnant les informations pertinentes (mots et images), en les organisant (mots et images) dans un modèle mental cohérent ce qui lui permet ensuite de les intégrer.
- Le système humain de traitement des informations comporte deux doubles canaux : *visuel/pictural*, d'une part, et *auditif/verbal* de l'autre. On peut envisager deux approches : une première est basée sur les modes de représentation (format du stimuli) : verbal/non-verbal(pictural) (Paivio, 1986) et l'autre sur les modalités sensorielles du stimulus : auditif/visuel (Baddeley, 1999 ; Baddeley, Eysenck, et Anderson, 2009 cité par Mayer, 2015).
- Chaque canal ne peut traiter qu'une quantité limitée d'informations en même temps, car ces informations sont gardées dans la mémoire de travail (Baddeley, 1989).

Selon ce modèle, l'apprenant sélectionne les mots qu'il entend ou lit et les images qu'il voit au travers de sa mémoire sensorielle, il les organise dans sa mémoire de travail pour créer un modèle mental verbal et pictural dans lequel il aura intégré ses connaissances de base stockées dans sa mémoire à long terme (Figure 2).

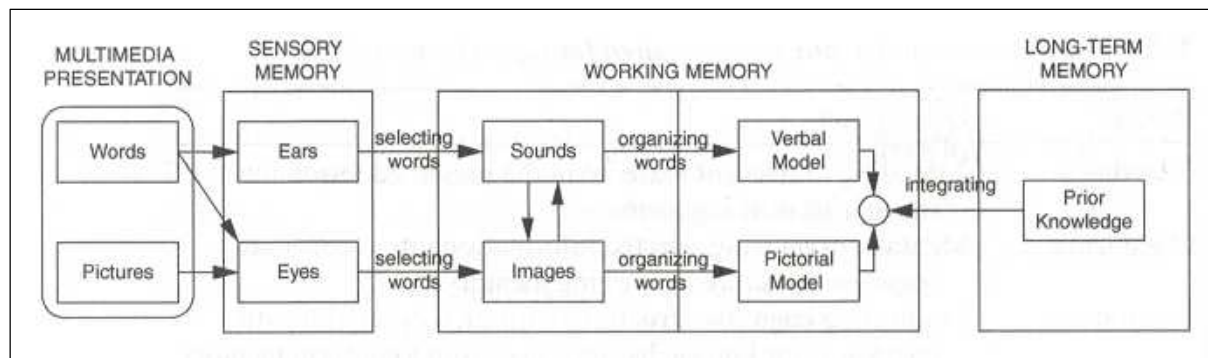


Figure 2. Théorie cognitive de l'apprentissage multimédia. Tiré de Mayer, 2015

### 2.2.2. Théorie de la charge cognitive

On l'a vu plus haut, les informations venant de la présentation multimédia sont stockées dans la mémoire de travail (Baddeley, 1989). Cette mémoire est indispensable à tout apprentissage, mais elle a une capacité limitée (théorie de la charge cognitive). Il convient donc de distinguer les éléments qui vont augmenter ou diminuer cette charge. Sweller (1988 ; Sweller, Ayres, et Kalyuga, 2011) distingue 3 types de charge cognitive qui s'additionnent dans la mémoire de travail :

- Intrinsic : se réfère aux caractéristiques du contenu et au niveau d'interactivité, elle ne peut pas être influencée.
- Extrinsic : se réfère à la manière dont l'information est présentée, elle est liée à la conception pédagogique et peut donc varier. Il sera intéressant de la diminuer.
- Pertinente (« Germane ») : se réfère aux confrontations successives de l'apprenant avec le matériel. Si le matériel proposé est de même type, l'apprenant va développer, au fil du temps, des schémas mentaux qui vont faciliter son apprentissage. Elle est aussi liée à la conception pédagogique et devrait être augmentée.

### 2.2.3. Conséquences des théories de l'apprentissage multimédia et de la charge cognitive

Les deux types de canaux : Verbal/Auditif et Pictural/Visuel ont leur propre capacité de mémoire de travail. Si le design pédagogique est conçu de manière non-optimale, la charge cognitive extrinsèque va augmenter et créera ainsi une surcharge cognitive. Par exemple, dans le cas d'une présentation PowerPoint très chargée en images et en texte écrit. En effet, l'apprenant doit traiter des éléments visuels multiples : images et mots écrits surchargeant ainsi la mémoire de travail du canal visuel.

Un matériel pédagogique comprenant une doublée entrée : des images et du texte parlé permettra donc de doubler la capacité de la mémoire de travail utile. Une des illustrations en est le *principe de Multimedia* décrit par Mayer (2001, 2008, 2009, & 2015) : « ... Les personnes apprennent plus intensément avec des mots et des images qu'avec des mots seuls... » (Mayer, 2015, p.1, notre traduction).

Selon Schnotz (2015), il existe des réserves ou des conditions à ce postulat. En effet, il y a 3 catégories d'apport permettant de construire une bonne image mentale : la compréhension du texte, celle de l'image et l'usage des connaissances de base. En effet, il considère ce dernier point comme nécessaire à la construction d'une bonne représentation mentale différant en cela du modèle de Mayer. Si l'un ou l'autre de ces apports est absent, les autres vont compenser. Par exemple, si l'apprenant ne lit pas bien, la compréhension de l'image devient alors beaucoup plus importante que celle du texte (Cooney et Swanson, 1987 cité par Schnotz, 2015). Si l'apprenant possède de faibles connaissances de base, il profitera des images et du texte. Dans ce cas-là, la position de Schnotz (2015) rejoint celle de Mayer (2015). Par contre, l'apprenant possédant de bonnes connaissances de base n'aura pas besoin d'informations visuelles et verbales pour construire son modèle mental, un des deux lui suffira, l'autre lui occasionnant un travail supplémentaire avant de l'exclure, cet effet s'appelle l'*effet de redondance* (Sweller, Van Merriënboer, et Paas, 1998). Dans ce cas-là, les positions respectives de Mayer et de Schnotz diffèrent.

### 2.3. Motivation et expérience de l'utilisateur

Mayer (2015) décrit l'exploration de la motivation à apprendre comme une piste future de recherche par rapport à son modèle cognitif. Il en parle comme d'un « ...état interne à l'apprenant qui initie et maintient un comportement dirigé vers un but. ...[La] motivation est personnelle, activante (elle initie, par exemple, le comportement d'apprentissage), énergisante (elle favorise, par exemple, la persistance et l'intensité durant l'apprentissage) et dirigée (vers un but) ... » (Mayer, 2011 cité par Mayer, 2015, p.65). De nombreux auteurs ont décrit le lien de celle-ci avec le processus d'apprentissage (Bourgeois, 1998 ; entre autres) insistant sur la nécessité d'être motivé pour s'« engager en formation ». En effet, l'apprenant ne peut pas mettre en place les stratégies nécessaires s'il ne dispose pas du « moteur » que représente la motivation. Moreno (2007 ; Moreno et Mayer, 2007 cité par Mayer et Estrella, 2014) lie cette motivation à la théorie cognitive de l'apprentissage multimédia (Mayer, 2001, 2009, 2015 ; entre autres) ajoutant ainsi une dimension affective à cet apprentissage. Lorsque l'apprenant est confronté au matériel multimédia, il éprouve un ressenti ; cette perception, décrite comme « ...l'expérience d'une personne avec un système... » (Norman, Miller, et Henderson, 1995, p.155), est un facteur important pour la conception des interfaces homme-machine, c'est l'expérience utilisateur. Elle permet d'évaluer l'appréciation d'un utilisateur face à un système. Dans le contexte qui nous intéresse, il nous paraît intéressant d'examiner si le ressenti de l'utilisateur face à un matériel multimédia est lié à sa motivation, en d'autres termes, l'apprenant sera-t-il plus motivé si son expérience d'utilisateur du matériel multimédia est agréable ? L'échelle Attrakdiff2 (Lallemand et al., 2015) se propose d'évaluer cette appréciation. Elle mesure les composantes pragmatiques, qui sont les aspects instrumentaux du système, c'est-à-dire l'utilité et l'utilisabilité perçues par l'utilisateur, et les composantes hédoniques, qui se réfèrent au soi, donc sont en rapport avec l'utilisateur ; ces dernières se basent sur

un jugement du potentiel du produit à procurer du plaisir et à satisfaire l'épanouissement de besoins humains. Elles sont réparties en 2 catégories :

- Hédonique-Stimulation : évalue la stimulation donnée par le matériel aux utilisateurs
- Hédonique-Identification : identifie les utilisateurs au travers des objets matériels qu'ils possèdent et utilisent

Enfin une dernière composante de cette échelle est l'attractivité globale du matériel (Hassenzahl et al., 2003 cité par Lallemand, et al., 2015).

Nous allons maintenant nous intéresser à une catégorie de ressources multimédias comprenant des images et du texte : les animations. Elles sont relativement similaires aux vidéos que nous allons utiliser pour notre expérience. Toutes deux appartiennent aux visualisations dynamiques.

## 2.4. Les animations

Les images statiques semblent plus ou moins appropriées pour démontrer des phénomènes isolés dans le temps, mais qu'en est-il d'un processus dynamique, c'est-à-dire lorsqu'une suite d'événements se produit dans un ordre déterminé comme dans les phénomènes météorologiques, ou dans le fonctionnement d'un moteur ou d'un piano ?

Dans le cas de contextes temporels présentant des changements continus dans le temps, l'utilisation de visualisations dynamiques aide l'apprenant à construire une meilleure représentation du contenu que si l'image est statique (Arguel et Jamet, 2009). C'est le *principe de congruence* décrit par Tversky et al. (2002, p.249, notre traduction) : « ...la structure et le contenu de la représentation externe devrait correspondre à la structure et au contenu désirés de la représentation interne... ». En d'autres termes, pour décrire des changements dans le temps il faudrait utiliser un média qui comprend cette suite de changements dans le temps comme c'est le cas dans une animation.

Le contexte qui nous intéresse est l'observation et l'analyse du mouvement humain, qui est un phénomène éminemment dynamique, nous allons donc nous intéresser aux animations et décrire leurs principes d'application et leurs effets.

Bétrancourt et Tversky (2000, p.313, notre traduction) définissent l'animation comme : « ... toute application qui génère une série d'écrans, de manière à ce que chaque écran apparaisse comme un changement du précédent, et dans lequel l'enchaînement des écrans est déterminée soit par le concepteur, soit par l'utilisateur... ».

Schnotz et Lowe (2008, p.304, traduction libre) proposent de définir l'animation comme : ... « un affichage graphique qui change sa structure ou d'autres propriétés dans le temps et qui déclenche la perception de changement continu. » Cela comprend des : ... « visualisations dynamiques comme des écrans graphiques qui présentent continuellement des objets sous différentes perspectives, l'assemblage d'un objet complexe à partir de ses différentes parties, le fonctionnement

d'un dispositif comme une pompe à vélo, ou le comportement dynamique d'un système météorologique. »

De ces deux définitions complémentaires, nous retiendrons la notion de changement d'affichage dans un enchaînement temporel. Ce changement concerne la structure ou d'autres propriétés de l'affichage. Un contrôle peut être donné à l'utilisateur sur ce déroulement ou non.

Certains auteurs placent les vidéos, que nous allons utiliser dans notre expérience, dans une catégorie distincte des animations, en raison de l'aspect réaliste des images de la vidéo par opposition aux images abstraites, simulées et créées par ordinateur d'une animation (Mayer et Moreno, 2002). A notre avis, les définitions de Bétrancourt & Tversky (2000) et Schnotz & Lowe (2008) s'appliquent aussi bien aux vidéos qu'aux animations. En effet, les vidéos font partie de la catégorie des visualisations dynamiques et présentent une succession d'écrans qui changent dans le temps et par rapport au précédent créant une impression de continuité. Cependant, les animations peuvent aussi bien prendre des échelles de temps et d'espace infinies ce qui les différencie de la vidéo. Dans la suite de ce mémoire, nous considérerons les vidéos dans la catégorie des visualisations dynamiques, avec des caractéristiques semblables aux animations.

#### 2.4.1. Effet des animations

Pour expliquer l'effet des animations, Lowe et Boucheix (2008 cité par Lowe et Boucheix, 2016) sont les seuls à proposer un modèle spécifique au traitement cognitif des animations qui se nomme : « Animation Processing Model » (APM). Le processus de compréhension d'une animation est ainsi découpé en 5 étapes (Figure 3) :

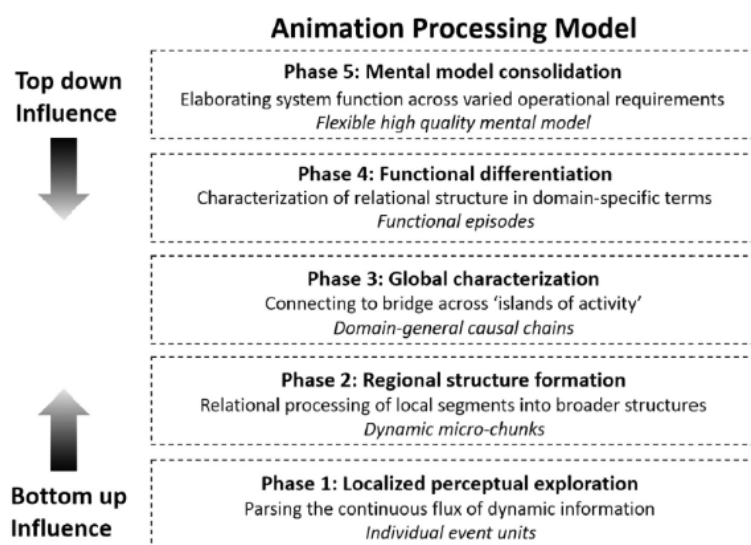


Figure 3. Animation Processing Model de Lowe et Boucheix (2008) repris de Lowe et Boucheix (2016), p.74

La première phase est exploratoire et permet la décomposition en unités individuelles. Dans la seconde phase, l'apprenant doit recomposer les unités individuelles en plus grandes structures appelées « micro-chunks » dynamiques. La troisième phase permet de construire des chaînes en appariant des « micro-chunks » présentant un lien de causalité entre elles, il se forme ainsi une

structure spatio-temporelle. Dans la quatrième phase, il s'agit de déterminer le rôle des unités et de les organiser. Enfin, la dernière étape permet de construire un modèle mental. Lorsque l'apprenant visionne une animation, il doit donc déconstruire pour pouvoir reconstruire un modèle mental qui lui permet d'appréhender la dynamique du système (Rollier, 2016).

Ce modèle nous intéresse car les signaux qui vont être utilisés dans la suite de notre expérimentation ont un effet sur les phases 1, 2 et 3 de l'APM permettant d'attirer l'attention du participant vers les éléments pertinents à morceler en petites unités, puis de reconstruire en plus gros éléments qui auront un lien de causalité entre eux. Ceci conduisant finalement à une représentation mentale du mouvement. Le traitement ascendant (effet « bottom-up ») qui est basé sur les caractéristiques perceptives (par exemple, visuelles) de l'affichage est particulièrement important car les signaux que nous rajouterons au matériel vont, dans la première phase, déterminer quels aspects retiennent l'attention, donc quelles unités découper pour recréer la causalité entre « micro-chunks » qui amènera à la construction de l'image mentale de la dynamique du système. Elle est d'autant plus importante chez l'apprenant confronté à des animations sur des nouveaux sujets car ils n'ont pas les connaissances de base requises pour des approches plus « top-down » (Kriz et Hegarty, 2007), c'est-à-dire des méthodes qui tiennent compte des connaissances préalables de l'apprenant.

Les animations poursuivent différents buts dont celui d'aider à la compréhension de systèmes dynamiques. La revue de Berney et Bétrancourt (2016) étudie les travaux portant sur celle-ci. Les systèmes dynamiques étudiés peuvent exposer la configuration d'un système, la manière de bouger des composants d'un système dynamique ou mettre en évidence les différents éléments qui provoquent un mouvement dans un système. Dans l'apprentissage multimédia, l'apprenant doit construire une nouvelle image mentale à partir des informations sélectionnées dans le matériel et les organiser en les liant avec ses connaissances préalables (voir aussi le modèle APM, Figure 3). Cette transformation a lieu dans la mémoire de travail et demande beaucoup de ressources (théories de Mayer et Schnotz). Il est alors important que l'animation proposée ne rajoute pas inutilement des informations supplémentaires à cause de ses caractéristiques (Tversky et al., 2002).

De plus, les animations obligent le sujet à stocker les images en mémoire en même temps que les images suivantes continuent à défiler. C'est l'*effet transitoire* de l'animation (Tversky et al., 2002). Le sujet doit ainsi sélectionner les images qui lui sont utiles et éliminer les images qui ne lui servent pas pour son apprentissage.

Ces dernières années, les recherches dans le domaine des animations ont principalement porté sur les conditions dans lesquelles l'animation peut être efficace. Parmi les facteurs qui influencent le traitement d'une visualisation dynamique, on distingue les facteurs intrinsèques à l'apprenant (par exemple, ses connaissances préalables ou les CVS), les particularités du matériel (par

exemple, comment les changements dynamiques ont lieu dans l'animation ou la saillance des éléments) et les spécificités du contexte d'apprentissage (Berney & Bétrancourt, 2016).

Tversky et al. (2002) démontrent que les animations ne sont pas toujours, ni systématiquement plus efficaces que des images statiques pour démontrer des phénomènes dynamiques. En effet, dans les différentes études examinées, l'effet positif d'une animation pourrait être dû à la présentation des informations différant entre animation et graphiques statiques, ou à la représentation amenant des détails sur la structure, par exemple, le séquençage, ou enfin, à des facteurs supplémentaires comme, par exemple, l'interactivité qui sont en concurrence avec l'animation.

Par contre, les animations sont plus efficaces que les images statiques lorsqu'elles comportent une observation du mouvement humain pour l'apprentissage d'une tâche motrice, ici faire un nœud complexe). Cela peut être attribué à l'existence de la théorie des neurones miroir qui s'activent au niveau cérébral lorsque le sujet observe un mouvement (Ayres, Marcus, Chan, & Qian, 2009 ; voir pages 7 et 8).

Selon Berney & Bétrancourt (2016), un grand nombre d'études ne montrent pas d'effet positif des animations sur les graphiques statiques : 10% sont en faveur des images statiques et 59.3% ne montrent pas de différence significative entre les deux formats.

Un contrôle minimum laissé à l'utilisateur montre un effet positif dans les études examinées (Berney & Bétrancourt, 2016). De même que si l'animation est définie comme iconique (c'est-à-dire que la représentation visuelle utilisée est proche de la réalité et de nature picturale comme dans des photos ou films), le résultat montre un faible effet.

Les animations sans information sensorielle supplémentaire ont un fort effet. Lorsque l'animation présente l'information verbale sur le mode auditif, l'effet est modéré. Ceci confirme *l'effet de modalité* : l'étudiant apprend mieux d'images et de texte si le texte est présenté sous forme orale qu'écrite, car ceci évite un partage de l'attention visuelle (visual split attention) (Ginns, 2005 ; Mayer & Moreno, 1998 ; Moreno & Mayer, 1999 cité par Schnotz, 2015).

Ceci suggère aussi que l'animation est un bon moyen pour représenter certains contenus car elle présente le contenu de manière progressive et propose une visualisation directe des changements dans le temps.

#### 2.4.2. Conséquences sur le design

Ces recommandations serviront de base à la création de notre matériel pédagogique multimédia puisque nous désirons montrer des aspects dynamiques et que les études ont montré que, dans le cas d'un dispositif comprenant un mouvement humain, on trouve des résultats positifs (Ayres et al., 2009). Ce matériel laissera un contrôle minimum à l'utilisateur et ajoutera des informations verbales auditives plutôt qu'écrites pour éviter un effet de modalité (Berney & Bétrancourt, 2016). De même, nous utiliserons les deux canaux pictural et verbal pour suivre la théorie cognitive de



Mayer (2015) et diminuer la charge cognitive extrinsèque (Sweller, 1988). Comme notre population a de faibles connaissances de l'analyse du mouvement, nous pouvons imaginer qu'elle profitera d'un matériel qui allie l'image et le mot (Schnotz, 2015).

## 2.5. Les cues ou signaux

Ayres et Paas (2007) proposent plusieurs méthodes afin de réduire la charge cognitive due à l'aspect transitoire des animations : donner plus de contrôle à l'utilisateur, en lui permettant de stopper l'animation, par exemple, ou ajouter des signaux (cues) pour aller plus rapidement vers l'information pertinente. Nous allons maintenant examiner ces derniers.

### 2.5.1. The Signaling Principle

Il est difficile, pour l'apprenant qui visionne une animation, d'extraire l'information pertinente pour construire un modèle mental de haute qualité du sujet (Lowe & Boucheix, 2008 cité par Boucheix et al., 2013). Un modèle mental construit sur la base de matériel dynamique doit contenir toutes les entités-clés, la manière dont les entités se comportent et leurs interrelations entre espace et temps. Si le modèle mental n'est pas bien élaboré, l'apprenant aura de la peine à répondre à des questions ou résoudre des problèmes. Dans ces conditions, il paraît primordial que l'apprenant puisse trouver les informations pertinentes.

Certains chercheurs ont ainsi proposé d'ajouter des « cues » ou signaux aux images pour améliorer l'efficacité de l'apprentissage (Van Gog, 2015). Ces signaux agissent en guidant l'attention de l'apprenant ou en soulignant des aspects organisationnels de la tâche (De Koning et al., 2009), par exemple les consignes. Ce principe est nommé le « Signaling Principle » ou « Cueing Principle » (Van Gog, 2015).

Ceci concerne la *sélection des informations* mais également les autres processus cognitifs en jeu pour un apprentissage actif décrit par Mayer (2015, p.51, notre traduction) : ... « *l'organisation mentale des informations que l'apprenant a sélectionnées dans une structure cognitive cohérente et l'intégration de ces informations, c'est-à-dire la connexion entre elles des différentes structures cognitives et le lien avec les connaissances préalables présentes dans la mémoire à long terme.* ». Les signaux peuvent attirer l'attention de l'apprenant sur les aspects visuels à sélectionner rapidement. En effet, l'apprenant ne sait pas quelles informations sont importantes parmi toutes celles qui apparaissent à l'écran. S'il choisit des informations non-pertinentes, il va surcharger inutilement sa mémoire de travail. De plus, il risque de ne pas porter son attention sur les éléments pertinents. Il est donc extrêmement intéressant de pouvoir guider son attention sur ce qui est important à l'écran en premier lieu.

L'apprenant allège ainsi sa mémoire de travail, il a donc plus de ressources dans celle-ci pour *sélectionner, organiser et intégrer* les informations.

D'un point de vue didactique, les signaux vont aider l'apprenant car ils indiquent les différents points de repères corporels, les segments mobiles et fixes, ainsi que les changements angulaires



occasionnés par l'activité de se lever. Par conséquent, les signaux exercent une influence *bottom-up* en aidant l'apprenant à percevoir visuellement les points importants et les changements à l'écran. L'influence des connaissances préalables conceptuelles et perceptives, des aptitudes et compétences et des croyances erronées sur le processus de compréhension est décrite comme l'effet *top-down* (Schnotz & Lowe, 2008 ; Hegarty et Kriz, 2008 ; Boucheix et al., 2013). L'apprenant fait référence à ces caractéristiques intrinsèques pour mesurer ce qu'il lui reste à apprendre ou ce qui est déjà acquis. Les signaux pourraient avoir un effet sur ce processus en donnant plus rapidement à l'apprenant des éléments d'apprentissage, en stimulant les connaissances perceptives intrinsèques de l'apprenant et, donc, faciliter la compréhension et l'apprentissage.

### 2.5.2. Différentes sortes de signaux

Les signaux peuvent être inclus dans le texte, dans l'image ou dans le texte et l'image. Nous nous intéresserons dans cette étude aux signaux ajoutés aux images (picture-based cues). Dans ce cas, les signaux peuvent être, par exemple des flèches (Boucheix et Lowe, 2010), des changements de couleur des éléments de l'image (Jamet, Gavota, et Quaireau, 2008) ou des zones de contraste (De Koning, Tabbers, Rikers, et Paas, 2010).

### 2.5.3. Résultats concernant les tâches de Rétention

Les tâches de Rétention concernent des habiletés à reproduire ou reconnaître le matériel présenté, le but est de se souvenir des contenus (Mayer, 2015).

Jamet et al. (2008) examinent l'effet de zones colorées d'images cérébrales impliquées dans la production du langage associées à des explications orales. Les résultats sont positifs sur des tâches de Rétention en modalité statique et séquentielle, sans différence significative entre les deux modalités pour ces tâches.

Dans l'étude de Tabbers, Martens et van Merriënboer (2004), les signaux consistent en plages de coloration rouge sur les parties de l'image en lien avec le texte. Celui-ci se distribue en plusieurs modalités : texte écrit en synchrone avec l'image ou texte lu en synchrone ou sous contrôle du participant. Les « signaux » visuels ajoutés améliorent très faiblement les scores de Rétention des participants.

### 2.5.4. Résultats concernant les tâches de Transfert

Ces résultats incluent les tâches de Transfert qui concernent les habiletés à utiliser le matériel présenté dans des situations nouvelles, ils mesurent la compréhension selon Mayer (2015).

Jamet et al. (2008) examinent l'effet de zones colorées d'images cérébrales impliquées dans la production du langage associées à des explications orales. Il n'y a pas d'effet sur les tâches de Transfert en modalité statique et séquentielle, la présentation séquentielle n'améliorant pas les résultats par rapport à la statique.

L'étude réalisée par Boucheix et Lowe (2007) qui explique le mécanisme d'un piano droit, montre des résultats sur les scores de compréhension.

Tabbers et al. (2004) démontrent que les « signaux » visuels ajoutés à un diagramme n'améliorent pas les scores de Transfert des participants.

Steinke, Huk, et Floto (2003) examine l'effet de signaux non-verbaux : couleur, et flèches sur l'apprentissage du fonctionnement de la synthèse de l'ATP. Un effet significatif du signalement sur la compréhension est démontré.

Mautone et Mayer (2001) comparent des animations expliquant le vol sur avion auxquelles ils ajoutent différents signaux : flèches, couleurs et icônes de résumé. Les résultats montrent un effet significatif du signaling sur les tâches de Transfert.

### 2.5.5. Résultats concernant la recherche visuelle

Beaucoup d'études ont utilisé l'« eye tracking » qui est utile pour vérifier si l'apprenant guide son attention sur les parties d'images signalées.

Dans l'étude de De Koning et al. (2010), des zones de contraste ombrent les zones non-pertinentes de l'image induisant une mise en lumière des éléments pertinents (Figure 4).

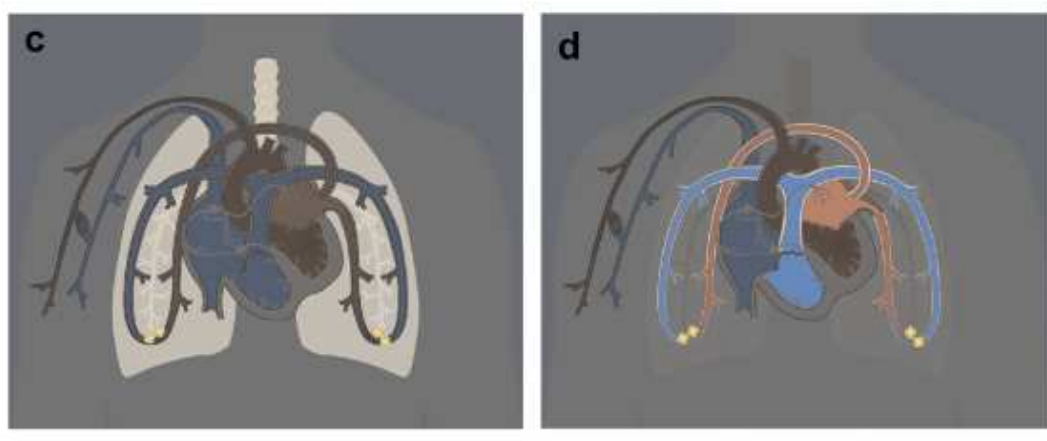


Figure 4. Exemple de signaux contrastants. Tiré de De Koning et al. (2010)

Les résultats de cette étude sont mitigés : ils montrent que le « signaling » guide bien l'attention de l'apprenant (mesurée à l'Eye Tracker par la proportion du nombre de fixations et leur durée sur chaque sous-système du dispositif), mais qu'il n'a pas d'influence sur la charge cognitive ressentie ni sur la recherche visuelle des éléments à l'écran.

Pour Van Gog (2015), le choix des parties à signaler est une question aussi importante que le genre de signaux utilisés. La plupart du temps, c'est le concepteur de l'animation qui se base sur ses propres connaissances mais l'« eye tracker » a aussi été utilisé pour déterminer le lien entre les zones regardées et les performances de l'apprenant et ainsi choisir les zones montrant les meilleurs résultats. Il est également possible d'étudier les mouvements oculaires d'un expert ce qui permet de signaler les zones pertinentes dans l'animation. Finalement, Van Gog (2015) émet l'hypothèse que si on montre les mouvements oculaires d'un modèle-expert à un apprenant il va améliorer ses performances.

En conclusion, les signaux sont bénéfiques pour : « ...aider l'apprenant à utiliser sa capacité de mémoire de travail limitée de manière optimale en l'aidant à sélectionner, organiser et intégrer l'information présente dans le texte et les images... » (Van Gog, 2015, p. 273, notre traduction), mais les résultats très contrastés quant à leur efficacité ne permettent pas l'élaboration de lignes directrices « claires » pour guider la création de tel dispositif. Selon Van Gog (2015), cela peut s'expliquer par la diversité des signaux examinés et leur utilisation dans le matériel d'apprentissage, par des différences dans l'importance de la recherche visuelle des éléments pertinents et entre les populations visées dans les différentes études.

### 2.5.6. Les signaux dans les animations

De Koning et al. (2009) examinent la possible transférabilité des effets positifs du signaling des visualisations statiques aux animations dans leur méta-analyse.

Les auteurs comparent des études comprenant des représentations statiques et dynamiques, examinent les 3 fonctions des signaux (sélection, organisation et intégration) et concluent que : « ...l'ajout de signaux dans le texte ou l'image facilite la sélection des éléments nécessaires à l'apprentissage, améliore la Rétention des contenus (surtout dans le cas de représentations statiques) et améliore la résolution de problèmes... » (De Koning et al., 2009, p.119, traduction libre). Concernant la mise en avant des éléments organisationnels du texte ou de l'image, les résultats sont plus mitigés, l'effet positif se porte principalement sur les signaux qui aident à retrouver l'organisation de dispositifs contenant du texte (text-based cues), mais ne se retrouve pas dans les représentations dynamiques. Enfin, concernant la mise en évidence des relations entre les éléments, des résultats positifs ont été constatés dans les différentes travaux étudiés par De Koning et al. (2009) sur les tâches de Rétention mais pas sur celles de Transfert, et ceci, d'autant moins dans les représentations dynamiques.

Les raisons évoquées par les auteurs pour expliquer que ce qui fonctionne dans les représentations statiques n'est pas toujours efficace dans les animations sont que, premièrement, l'implantation des signaux n'est pas assez bien pensée. En effet, les signaux incrustés ont plusieurs fonctions, trop d'éléments interfèrent les uns avec les autres pour permettre une : « ...conclusion généralisable... » (Koning et al., 2009, p.131, notre traduction). Ensuite, l'attention de l'apprenant est plus attirée par les éléments dynamiques de l'animation que par les signaux non-dynamiques soulignant les éléments pertinents. Enfin, les signaux ne sont pas ressentis par les apprenants comme étant des éléments importants, par conséquent, ils ne les utilisent pas.

De Koning et al. (2009) proposent d'examiner l'effet des cues en tenant compte des aspects cognitifs, mais également des aspects perceptifs en intégrant les théories de la cognition visuelle (visual cognition) qui est un champ de la psychologie cognitive : méthode par laquelle le cerveau acquiert les informations visuelles et comment il traite ces informations (Cavanagh, 2011).

Pratiquement, ils proposent 3 axes pour un début de recommandations :

1. Ajouter d'autres méthodes induisant une activité cognitive aux signaux guidant l'attention de l'apprenant pour l'aider à intégrer les relations causales essentielles entre les éléments à l'écran. Par exemple : activités de dessin ou demander un feed-back oral à l'apprenant
2. Les signaux visuels doivent être synchronisés avec les changements dans l'animation.
3. S'assurer que la fonction et le design des signaux est bien en accord. En effet, montrer avec des flèches, par exemple, des éléments qui bougent dans une représentation statique fonctionne bien mais utiliser des flèches pour montrer qu'un élément bouge à l'écran dans une animation est redondant et peut alourdir le processus d'apprentissage.

Finalement, les auteurs concluent que les effets positifs du « signaling » avec les représentations statiques ne peuvent pas être transférés directement vers les animations mais demandent une approche spécifique à celles-ci.

### 2.5.7. Les signaux à contraste dynamique

Afin que le signaling soit plus compétitif pour capter l'attention de l'apprenant que les aspects dynamiques de l'animation, Lowe (2003) propose des signaux visuels comprenant un contraste dynamique, pour compléter les signaux agissant par contraste visuo-spatial. Schnotz et Lowe (2008) ont distingué ces deux caractéristiques qui influencent la perception des différents éléments d'animations. En effet, un *contraste visuo-spatial* se produit lorsqu'un élément se distingue des éléments environnants par d'autres caractéristiques visuelles distinctives, comme une taille différente ou une couleur unique (un élément noir au milieu d'éléments blancs, par exemple), et un *contraste dynamique* se produit si les mouvements d'un élément et les changements temporels établissent une distinction à la surface de la figure qui, à son tour, attire l'attention des apprenants, comme par exemple un lapin qui se déplace dans un champ d'herbe.

Dans l'étude de Boucheix et Lowe (2010), deux modalités de cues à contraste dynamique sont testées pour expliquer le mécanisme d'un piano droit :

1. Flèches qui indiquent les mouvements sur les différentes parties
2. Couleurs qui se propagent le long des parties dans lesquelles le mouvement des éléments se produit.

La compréhension des participants concernant la cinématique du système et la qualité du modèle mental créé est améliorée pour cette dernière modalité en comparaison avec celle avec les flèches ou sans signal (Boucheix & Lowe, 2010).

Boucheix et al. (2013) reprennent ces signaux à contraste dynamique et ajoutent qu'ils doivent également signaler explicitement les événements et leurs relations. Ils appellent ce type de signalement : le *Relational Event Unit Cueing*.

Dans la première phase de l'APM (Animation Processing Model, Figure 3), l'apprenant doit décomposer les éléments de l'information dynamique en petites unités individuelles. L'attention visuelle va s'orienter préférentiellement vers les éléments dynamiques dont le comportement en

mouvement contraste fortement avec le reste de l'écran. Si on ajoute un signal à cette scène, il va souligner ce qui se passe à l'écran. Il n'entre pas en compétition avec le mouvement pour attirer l'attention de l'apprenant et il est soumis au mouvement de l'animation, donc il n'est pas très efficace. Dans le Relational Event Unit Cueing, les signaux se déplacent sur et entre les pièces (du mécanisme du piano) qui sont situées le long de parcours signalé. Les couleurs créent ainsi en se déplaçant un contraste dynamique qui attire l'attention. Ces signaux s'accordent également avec les phases 2 et 3 de l'APM. En voyageant d'une entité à l'autre, les changements de couleur attirent l'attention et permettent à l'apprenant de les réunir en plus gros morceaux puis : « ...en chaînes de causalité... » (Boucheix et al., 2013, p. 72, traduction libre) qui englobent enfin l'animation en entier. Ainsi, les Relational Event Unit Cues permettent également : « ...de construire un modèle mental cohérent, organisé hiérarchiquement et de haute qualité... » (Boucheix et al., 2013, p. 72, traduction libre).

Les auteurs définissent deux sortes de signaux :

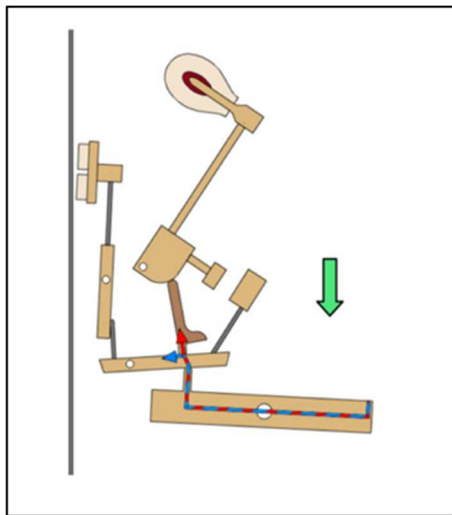


Figure 5. « Progressive Path Cues »

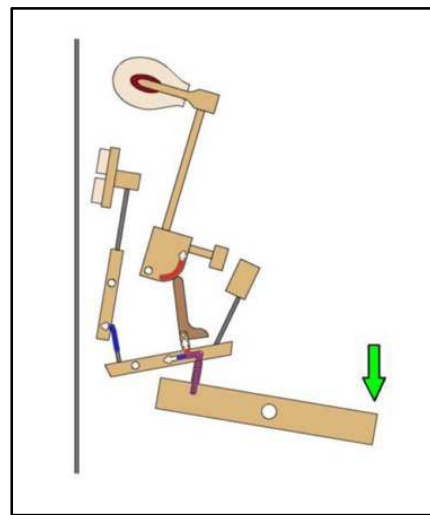


Figure 6. « Local Coordinated Cues »

Les « Progressive Path Cues » (Figure 5) sont des traits de couleur se diffusant le long des éléments. Même s'ils démontrent un effet positif dans l'étude de Boucheix et Lowe (2010), ils présentent un gros inconvénient : tous les événements sont signalés avec la même importance. Par exemple, dans le mécanisme du piano, le marteau qui est déjà fort apparent, sera signalé de la même façon que les petites pièces moins apparentes mais tout aussi importantes. Boucheix et al. (2013) proposent pour diminuer ces effets non-désirés : les « Local Coordinated Cues » (Figure 6). Ce sont des flèches de différentes couleurs qui indiquent localement le mouvement des pièces pertinentes, mais qui ne sont pas appliquées sur l'entier du mouvement. Les résultats de cette étude montrent, qu'en effet, les *Relational Event Unit Cues* dirigent mieux l'attention de l'apprenant vers les éléments les moins « saillants », qu'elle se porte sur ces éléments dès l'apparition du signal et reste

plus longuement après la capture initiale que dans la modalité sans signal ou avec des contrastes « simples ». Les performances sont également améliorées avec les formes de signalement « relationnel » entre les événements mais il n’y a pas de différence entre les « Progressive Path » et les « Local Coordinated Cues ».

Plus récemment, la méta-analyse de Berney & Bétrancourt (2016) précise que l’ajout de signaux aux animations n’a pas d’effet positif, mais les auteurs suggèrent que les critères de sélection de la méta-analyse peuvent être responsables. En effet, ces critères incluaient les animations ayant pour but : « ... d’expliquer explicitement les entités, les structures et les processus impliqués dans la matière à apprendre... » (Ploetzner et Lowe, 2012, p. 782), les animations conçues selon ces critères étaient peut-être donc assez efficaces sans ajouter des signaux visuels.

## 2.6. Les capacités visuo-spatiales (CVS)

Nous l’avons vu précédemment, le rôle des animations et des vidéos sur les apprentissages est bien documenté et démontre un effet significatif surtout si le contenu comporte un rôle représentationnel et concerne une gestuelle humaine. Le signaling, quant à lui, montre des effets contrastés suivant les auteurs. Il s’agit maintenant d’examiner les caractéristiques individuelles de l’apprenant : certaines études ont porté sur l’évaluation de la charge cognitive (Sweller et al., 2011), sur le niveau d’expertise (ou les connaissances préalables) de l’apprenant et, enfin, sur les capacités spatiales.

Dans le contexte de vidéos mettant en scène des sujets humains réalisant une activité dynamique à observer, la question du niveau d’habileté spatiale de l’observateur se pose également. En effet, il s’agit d’observer les segments de membres qui bougent les uns par rapport aux autres. Il faut d’abord reconnaître les formes à considérer, ensuite garder le segment repère (celui que l’on considère comme référence) à l’esprit et examiner le segment mobile dans l’espace. Il s’agit donc de percevoir les segments corporels en mouvement et dans une perspective tridimensionnelle, pour en déduire quel mouvement se passe.

Nous examinerons donc le lien entre les CVS et l’apprentissage à partir des visualisations dans ce chapitre.

La CVS fait référence à : « ...des capacités individuelles à rechercher dans le champ visuel, à appréhender les formes, les contours et les positions d’objets perçus visuellement, à former des représentations mentales de ces formes, contours et positions et à les manipuler mentalement. » (Carroll, 1993, p.304 cité par Höffler, 2010).

Carroll (1993, cité par Höffler, 2010) identifie cinq sous-facteurs de cette capacité :

### 1. La visualisation spatiale

Elle comprend les processus qui permettent d’appréhender, encoder et transformer mentalement les formes spatiales (Hegarty et Kozhevnikov, 1999 cité par Höffler, 2010), par exemple, manipuler, tourner, tordre, inverser des objets. Elle ne dépend pas de la durée utilisée pour

trouver la solution. Un des tests les plus utilisés pour tester cette capacité est le Paper Folding Test (PFT ; Ekstrom, French, Harman et Dermen, 1976) que nous utiliserons et décrirons dans la méthodologie. Les tâches demandées à nos participants seront de cette nature puisque nous leur demanderons de percevoir des segments corporels, de construire une image au niveau mental, de la garder dans leur mémoire de travail pour la comparer ensuite avec la position précédente occupée par l'objet afin d'analyser le mouvement dans l'articulation dans une vision tridimensionnelle.

## 2. Les relations spatiales

Elles sont semblables à la précédente, mais incluent également des rotations d'objets bidimensionnels dans un temps limité (Miyake, Friedman, Rettinger, Shah, et Hegarty, 2001) ce qui complexifie la transformation mentale.

## 3. La vitesse de fermeture

Elle correspond à la vitesse à laquelle un individu peut identifier un modèle visuel déguisé ou caché sans le connaître à l'avance (Carroll, 1993 cité par Rollier, 2016).

## 4. La flexibilité de fermeture

C'est la vitesse d'identification d'un modèle visuel déguisé ou caché en le connaissant à l'avance ce qui oblige à le stocker dans la mémoire de travail (Carroll, 1993 cité par Rollier, 2016).

## 5. La vitesse de perception

Elle représente la vitesse à laquelle un sujet peut reconnaître un objet perçu en recherchant un modèle visuel ou en comparant des figures. (Carroll, 1993 cité par Rollier, 2016).

Nous n'aborderons pas ces trois derniers facteurs, car ils n'influencent pas les visualisations. L'orientation spatiale, décrite séparément de ces 5 facteurs par certains auteurs (par exemple, Guilford et Zimmermann, 1948 cité par Höffler, 2010) comme la capacité à imaginer un changement de l'un des points de vue (perspective), est comprise dans la visualisation spatiale pour Carroll (1993, cité par Höffler, 2010). Nous choisirons de suivre cette position.

Dans sa méta-analyse, Höffler (2010) examine le lien entre les capacités spatiales et les performances d'apprentissage. Les études examinées ciblent majoritairement la visualisation spatiale et, pour les tester, le PFT (Paper Folding Test) est le test le plus utilisé comme dans Hegarty, Kriz, et Cate (2003) ou Narayanan et Hegarty (2002), ce qui explique que nous ayons choisi ce test dans notre étude.

Deux hypothèses concernant le lien entre CVS et, animations versus images statiques, sont exposées dans Höffler (2010) :

Hays (1996 cité par Höffler, 2010) postule que des visualisations dynamiques auraient un *effet compensatoire* sur l'apprenant possédant de faibles CVS en donnant une image externe du processus l'aidant à construire un modèle mental correct. Hegarty & Kriz (2008) parlent de « prothèse

cognitive » considérant les animations comme des béquilles pour les apprenants à faible CVS. Ils expliquent aussi que la construction mentale d'un modèle interne dans le cas d'une animation sur une problématique dynamique nécessite une *perception* du mouvement alors que si des images statiques successives sont projetées cela nécessite plutôt une *déduction* du mouvement de la part de l'apprenant ce qui est un processus de visualisation spatiale. Ceci expliquerait le fait que les apprenants à faible CVS aient plus de mal à élaborer leur image mentale du mouvement s'ils sont confrontés à un matériel statique.

Hays (1996 cité par Höffler, 2010) ne trouve pas un résultat significatif pour cette hypothèse, mais montre que les participants à faible CVS confrontés à une animation et du texte performant mieux que ceux confrontés à une image statique et du texte ou du texte seul. Ces derniers ont de meilleurs résultats dans l'étude de Lee (2007) pour le groupe testé (matériel incluant des instructions basées sur le principe de contiguïté spatiale et signaux visuels) que dans le groupe contrôle (éléments loin les uns des autres et pas de signaux visuels) alors que, pour des apprenants avec hautes CVS, il n'y a aucune différence.

La deuxième hypothèse serait qu'une bonne CVS aide l'apprenant face à une animation en jouant un rôle d'« enrichisseur » alors que ce n'est pas le cas pour l'apprenant à faible CVS, c'est l'hypothèse « *capacité comme activateur* » (Huk, 2006 cité par Höffler, 2010 ; entre autres). Pour Hegarty & Kriz (2008), la CVS serait un pré-requis nécessaire pour apprendre d'animations externes, mais les auteurs mentionnent que la taille de l'effet dépend du design de l'animation.

Selon Höffler (2010), des apprenants ayant de bonnes CVS sont plus performants que ceux ayant de faibles CVS quand il s'agit d'apprendre à partir de visualisations d'images statiques en comparaison avec des animations. Ceci tend à confirmer l'effet *capacité comme activateur* d'une haute CVS en cas d'images statiques.

Les conclusions de cette revue sont que : « ... les capacités spatiales jouent un rôle important dans l'apprentissage avec des visualisations ; [...] les apprenants avec de faibles capacités spatiales sont significativement aidés par des visualisations dynamiques... » (Höffler, 2010, p.265). Ceci tend à confirmer l'effet compensatoire des animations en cas de faibles CVS. Il s'agirait donc d'aider les apprenants ayant de faibles CVS à l'aide de visualisations dynamiques, ces dernières agissant comme un modèle mental déjà « prêt à l'emploi ».

Plus tard, Höffler et Leutner (2011) confirment, dans leur étude examinant le lien entre CVS mesurée par le PFT, performances, et animation versus images statiques, que construire une animation mentale à partir d'un matériel pédagogique non-dynamique requiert des capacités spatiales qui ne sont pas nécessaires si le matériel est animé.

Les résultats sont donc contrastés et les deux hypothèses perdurent. Il sera intéressant d'examiner dans notre étude le lien entre CVS et performances dans le contexte d'une visualisation dynamique.



Berney et al. (2015) examinent les relations entre les CVS et les performances dans l'apprentissage des structures anatomiques de l'épaule et des mouvements de cette articulation par un dispositif statique ou des visualisations dynamiques en utilisant un test de relation spatiale mais ne trouvent pas de résultat significatif.

Höffler (2010) examine ensuite des études comportant des visualisations dynamiques dans le matériel pédagogique testé et dans lesquels on peut identifier des médiateurs qui influencent l'effet du facteur principal comme l'incrustation de signaux visuels. Ce matériel nous intéresse puisqu'il correspond à celui que nous aimerions tester. A l'issue de sa revue, l'auteur conclut que l'ajout de signaux n'a aucun effet dans le contexte présent (examiner l'influence des capacités spatiales sur l'apprentissage), bien qu'ils servent principalement à cibler certains aspects des visualisations (surtout dans un contexte dynamique) qui demandent une grande capacité de garder en mémoire, c'est-à-dire une grande charge cognitive (Ainsworth et VanLabeke, 2004 cité par Höffler, 2010). Ces aspects, n'ayant pas été signalés, pourraient être absents et engendrer un plus grand travail dans la mémoire de travail de l'apprenant influençant l'apprentissage en fonction des capacités spatiales. Cet effet indirect du cueing n'a pas été mesuré dans les études concernées (Hegarty et al., 2003 ; Steinke et al., 2003 cité par Höffler, 2010).

Hegarty & Kriz (2008) ne trouvent pas d'effet significatif du signaling sur les capacités d'apprentissage, ni d'interaction avec les capacités spatiales.

Plus récemment, la méta-analyse de Berney & Bétrancourt (2016) précise également que la présence ou de l'absence de signaux dans les animations ne change pas de manière significative les effets positifs de l'apprentissage à partir d'une animation.

## 2.7. L'approche retenue

L'apprentissage par observation est efficace quand il s'agit de percevoir des mouvements humains (Paas et al., 2003 cité par Van Gog et al., 2009 ; entre autres). Cette observation de mouvement activerait les neurones miroir permettant ainsi de pré-visualiser ces mouvements avant de les analyser (Rizzolati, Fogassi, & Gallese, 2001 ; Rizzolati & Craighero, 2004 cité par Blake & Schiffrar, 2007). L'analyse de ces mouvements se fait plus aisément lorsque les points d'observation sont placés au niveau des articulations (Bertenthal et Pinto, 1994 cité par Blake & Schiffrar, 2007). La tâche demandée à l'apprenant est de nature cognitive et recouvre tous les niveaux taxonomiques (Bloom, 1956 cité par Plack & Driscoll, 2011). Le contenu du dispositif étudié va donc porter sur une activité humaine, le passage de la position assise à debout, sur l'apprentissage de l'observation et de l'analyse de cette activité en utilisant des points d'observation placés sur les articulations.

Dans l'apprentissage multimedia, des dispositifs alliant image et son pour favoriser l'apprentissage (Mayer, 2015) sont proposés. Les éléments visuels peuvent être statiques (image, dessin, photo) ou dynamiques (graphique animé, animation). Nous nous intéresserons ici aux dispositifs dynamiques. Les vidéos et les animations en font partie. Ces dernières sont définies comme une suite d'écrans apparaissant « ...comme un changement du précédent... » (Bétrancourt & Tversky, 2000), les vidéos montrent des caractéristiques identiques. Malgré les résultats nuancés sur l'efficacité des animations au sujet des performances, elles semblent efficaces lorsque le contexte est réaliste et montre un mouvement humain (Ayres et al., 2009). Nous avons choisi d'étudier une vidéo dans notre expérience, car elle paraît appropriée pour décrire un phénomène dynamique comme le mouvement humain.

Pour aider l'apprenant à sélectionner, organiser et intégrer les informations venant de l'animation, des incrustations visuelles nommées « cues » ou signaux peuvent être ajoutées à l'image. Il s'agit du « Signaling Principle » (Van Gog, 2015) qui permet ainsi de diminuer la charge cognitive (théorie de la charge cognitive ; Sweller, 1988) en attirant l'attention de l'apprenant vers les éléments pertinents. Ces signaux peuvent être statiques ou dynamiques (Boucheix & Lowe, 2010). L'effet de ces signaux est positif ou négatif selon les auteurs.

Nous retiendrons pour notre étude, les effets positifs des signaux sur la sélection des éléments et la rétention des contenus (Jamet et al., 2008 ; Tabbers et al., 2004), mais ces auteurs constatent des résultats négatifs dans les tâches de transfert. Alors que d'autres auteurs (Steinke et al., 2003 ; Mautone & Mayer, 2001) ont démontré des résultats positifs sur ces dernières.

Concernant les signaux dynamiques contrastés, les effets positifs sur la sélection des éléments, la rétention des contenus et la résolution des problèmes, mais mitigés pour la mise des relations entre les éléments dans les tâches de rétention constatés par Boucheix et Lowe (2010) nous amènent à examiner si des signaux présentant un caractère dynamique auraient de semblables effets et quelles seraient les conséquences sur les tâches de transfert. Pour rappel, l'effet était négatif

dans l'étude de Boucheix & Lowe (2010). Il s'agit de signaux démontrant l'angle de l'articulation dont on examine l'amplitude (Figure 7).



Figure 7. Exemple de signal dynamique pour l'amplitude articulaire du genou

Concernant la capacité spatiale (Carroll, 1993), nous nous intéresserons à la visualisation spatiale, sous-facteur de cette capacité qui permet, en particulier, de tourner et d'inverser la forme émettant l'hypothèse que la visualisation d'une vidéo présentant des mouvements humains fait appel à cette capacité. Nous rechercherons donc une relation entre les performances de l'apprenant et les CVS. Si une relation peut être établie, nous vérifierons alors si des apprenants ayant de faibles CVS sont plus performants quand ils sont aidés d'une vidéo en comparaison avec des images statiques tendant à confirmer l'effet compensatoire décrit par Hays (1996 cité par Höffler, 2010).

Il n'a pas été démontré d'effet en lien avec les CVS lorsque le matériel est signalé (Hegarty & Kriz, 2008 ; Berney & Bétrancourt, 2016). Néanmoins, on peut se demander si le signaling, en aidant l'apprenant à faible CVS à cibler son attention, ne permet pas d'alléger la charge cognitive due à la vidéo. Il sera donc intéressant d'étudier le possible lien entre le « signaling » et les CVS.

La motivation permet de s'engager dans l'apprentissage (Bourgeois, 1998), elle est un moteur dans ce processus (Mayer, 2015). Nous pensons qu'un lien existe entre un ressenti agréable et un fort constat d'utilité face à un dispositif, et une certaine motivation pour s'engager dans un apprentissage à l'aide de ce dispositif. Nous aimerions savoir si l'expérience de l'utilisateur (Lallemand et al., 2015), en d'autres termes son appréciation du dispositif, a un lien avec les performances.

Il s'agit donc d'étudier si l'ajout de « signaux » statiques et dynamiques influence l'apprentissage de l'apprenant dans un contexte d'images dynamiques, c'est-à-dire en regardant une vidéo et de vérifier si de bonnes CVS ainsi qu'une « agréable » et « confortable » expérience de l'utilisateur ont un impact sur cet apprentissage.

## 3. Résumé de la problématique, objectifs et hypothèses

---

### 3.1. Objectifs

Dans cette étude, les participants observeront un sujet humain et apprendront comment analyser le mouvement du sujet observé dans une animation en deux modalités : Signalement et Non-Signalement. L'étude a pour objectif de mesurer l'influence de ce facteur sur l'apprentissage évalué par un test de performances comprenant des tâches de Rétention et de Transfert ainsi que sur l'appréciation du dispositif. En outre, les CVS des participants seront mesurées et mises en relation avec les performances.

Nous utiliserons une vidéo d'un sujet qui réalise une activité de la vie de tous les jours, se lever et s'asseoir d'une chaise. Une première vidéo sur des aspects de méthodologie nécessaires à la compréhension de la vidéo testée sera proposée en prérequis à l'apprenant. Le matériel testé se présentera en 2 modalités : Signalement et Non-Signalement. Ensuite, nous vérifierons si un lien peut être établi entre les performances et les CVS. Les performances CVS seront évaluées par un test, le Paper Folding Test qui mesure la visualisation spatiale, car c'est le test le plus fréquemment utilisé dans les recherches que nous avons étudiées. Finalement, nous examinerons si un lien existe entre ces performances et l'appréciation du matériel utilisé. Pour ce faire, nous utiliserons l'échelle Attrakdiff2 mesurant l'expérience utilisateur qui met en avant les aspects pragmatiques et hédoniques. Ces aspects nous semblent liés à l'envie d'utiliser un dispositif et à la motivation. En outre, comme nous avons dû élargir notre recrutement à une population d'étudiants sans lien avec le domaine de la santé, nous aimerions également vérifier si le cursus antérieur a une influence sur les performances. En d'autres termes, est-ce que le fait d'appartenir à un cursus de santé, même dans un niveau d'études moins avancé (avant la formation Bachelor), a une influence sur les résultats aux tests de performances et est-ce que cette performance est meilleure si la vidéo est signalée.

### 3.2. Hypothèses générales

L'apprentissage sera positivement influencé par la visualisation d'une vidéo concernant la méthodologie d'analyse du mouvement « se lever », par l'ajout de signaux visuels à la vidéo ou par de hautes capacités visuo-spatiales.

Les signaux visuels permettront une meilleure compréhension et mémorisation de la matière pour les participants à faibles CVS. A l'inverse, les participants à hautes CVS seront positivement influencés si la vidéo ne comporte pas de signal visuel.

Le matériel sera plus apprécié des participants lorsque des signaux visuels sont ajoutés à la vidéo ou pour les participants possédant de faibles CVS.

Le matériel vidéo sera apprécié par les participants à hautes CVS qu'il comporte ou non des signaux. Cela ne sera pas le cas des participants à faibles CVS qui apprécieront plus le matériel sans signalement.

## 4. Méthodologie

---

L'expérience a été effectuée auprès de vingt-six participants. Ces derniers devaient visualiser une première vidéo pour acquérir les bases de l'analyse du mouvement humain, ensuite une deuxième vidéo (matériel de test) expliquant l'analyse des positions et mouvements articulaires leur était proposée. Enfin, les participants complétaient 4 questionnaires. La première vidéo était identique pour tous. Puis, les sujets étaient répartis en deux groupes. Dans un des groupes, la deuxième vidéo comportait des éléments signalés, alors que dans l'autre, elle n'en comportait pas. Avant l'expérience, le niveau des participants était vérifié par un prétest sur leurs connaissances préalables. L'intégralité de l'expérience comprenant la description des participants, le matériel vidéo, la procédure, les questionnaires utilisés ainsi que les critères d'analyse des réponses des participants va maintenant être exposée. Ce chapitre se terminera avec la présentation des variables étudiées et les hypothèses opérationnelles.

### 4.1. Participants

Vingt-six sujets ont pris part à l'expérience : seize femmes et dix hommes. Leur âge moyen était de 22.5 ( $ET=5.521$ ). Parmi ces sujets, douze étaient étudiants des Modules complémentaires de la Haute Ecole de Santé de Genève se destinant à la régulation (examen d'entrée en 1<sup>ère</sup> année Bachelor) de la Filière Physiothérapie et quatorze étaient étudiants de niveau post-Bachelor sans lien avec la filière Physiothérapie.

Le matériel vidéo était, à l'origine, destiné aux étudiants de début de 1<sup>ère</sup> année Bachelor, mais il n'a pas été possible de les choisir comme participant car ils avaient validé les contenus présents dans cette vidéo dans les examens du premier semestre, c'est-à-dire avant les passations. L'influence de l'apprentissage du premier semestre étant importante, un biais risquait d'être créé. Nous avons donc recherché des sujets plus novices sur le thème et donc plus neutres, mais présentant un intérêt pour le sujet. Le choix des étudiants de Modules Complémentaires semblait particulièrement indiqué. En effet, les participants débutaient leur formation en Santé, donc ne connaissaient pas le sujet traité dans les contenus de la Filière. En termes de cursus, ils avaient terminé le collège, obtenu leur certificat de maturité gymnasiale et étaient engagés dans leur année préparatoire à la formation Bachelor. Ils avaient un certain intérêt pour le mouvement et son analyse car ils s'étaient inscrits en premier, second ou troisième choix dans la régulation pour entrer dans le filière Physiothérapie. Ils suivaient des cours basiques d'anatomie ce qui leur donnait le minimum pour appréhender les contenus relativement spécifiques de la vidéo. De plus, ils étaient nombreux (environ une quarantaine) multipliant ainsi les chances de participation pour l'étude et la précision des résultats. Au moment de cette expérience, les participants avaient déjà réalisé leur stage dans le monde du travail et débutaient la période de cours.

Le recrutement a été fait lors d'un des cours par demande orale et inscription de leur mail sur une

liste distribuée pendant le cours.

Au vu du petit nombre d'inscrits, un deuxième groupe de sujets a été recruté, il s'agissait d'étudiants de niveau post-Bachelor sans lien avec la filière Physiothérapie. 14 participants ont ainsi été recrutés.

Chacun des groupes a été divisé aléatoirement en deux sous-groupes, chacun des sous-groupes correspondant à une condition de la vidéo. Ainsi, le premier sous-groupe a vu la vidéo contenant des signaux incrustés sur les images (Signalement) et le second sous-groupe a visionné la vidéo sans incrustation de signaux sur les images (Non-Signalement), ceci dans chaque groupe.

Tableau 2. Nombre de participants de chaque cursus dans chacune des conditions

	Groupe 1 (Signalement)	Groupe 2 (Non-Signalement)
Modules Complémentaires HEdS	6	6
Post-Bachelor novices domaine Santé	7	7

Les sujets étaient volontaires et n'ont pas reçu de rémunération pour leur participation. Lors de la sélection, ils ont été informés des conditions de l'expérience (regarder des vidéos et répondre à des questionnaires) et de sa durée (45-50 minutes). Ils ont donné leur consentement à l'expérience par un formulaire écrit. (Annexe 1)

Les données résultant des questionnaires ont été anonymisées : un prénom fictif a été attribué à chaque participant dès le début de la sélection. L'auteur de ce mémoire connaissait l'identité des participants au début de l'expérience puis la liste a été détruite et seul le prénom fictif a été conservé.

## 4.2. Matériel

Le matériel utilisé se composait de deux vidéos et de différents questionnaires. Il comportait une vidéo « Méthodologie 1 » qui expliquait les bases de l'analyse du mouvement et était un prérequis pour la compréhension de la vidéo testée. La vidéo testée « Méthodologie 2 » présentait la suite de la méthodologie d'analyse du mouvement, elle a été présentée en deux modalités à chacun des sous-groupes : Signalement et Non-Signalement.

### 4.2.1. Vidéos

Les sujets ont eu la possibilité de regarder chacune des deux vidéos pendant une durée égale au double de celle de la vidéo avec un contrôle minimum : Bouton Play / Pause. Ils pouvaient également continuer la suite de la passation à n'importe quel moment. Pour permettre ces fonctionnalités, les vidéos ont été insérées dans une page HTML, ce mode de présentation permettait ainsi de contrôler le temps maximum.

Le temps passé par chaque participant à regarder chaque vidéo n'a pas été mesuré.



Figure 8. Exemple d'écran de départ des vidéos 1 et 2

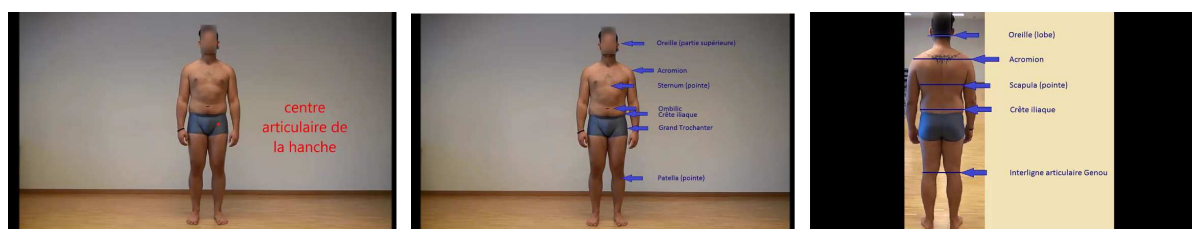
Puis, quatre questionnaires ont été proposés aux participants : un test de performances composé majoritairement de questions fermées (choix multiple, échelle de Likert) et d'une question ouverte ainsi que d'épreuves de dessin, un questionnaire d'appréciation du matériel (Attrakdiff2), un questionnaire démographique (âge, sexe, cursus antérieur) et le test de capacités visuo-spatiales, le Paper Folding Test.

Les vidéos 1 et 2 ainsi que les questionnaires de test sont présentés maintenant.

#### 4.2.1.1. Vidéo « Méthodologie 1 »

Cette vidéo créée précédemment pour les étudiants débutant la filière Physiothérapie explique les aspects méthodologiques de l'observation et analyse du mouvement dans des activités de la vie quotidienne. Elle propose des écrans statiques et dynamiques ainsi que des commentaires oraux. Elle est identique pour les deux conditions et comporte des éléments signalés (flèches, points et texte coloré).

Elle dure trois minutes et trente-huit secondes. Des exemples d'images contenues dans la vidéo 1 sont proposés ci-dessous (Figure 9) :



Description de la position du sujet

Points de repères corporels observés dans le plan frontal vue antérieure

Repères corporels d'horizontalité dans le plan frontal vue postérieure

Figure 9. Exemples d'images de la Vidéo « Méthodologie 1 »

Une rapide introduction présente les sections à l'aide de deux images statiques et d'un commentaire oral. Les chapitres sont introduits par des titres. La section « Conditions d'observation » est présentée oralement avec la dia de titre. La seconde section « Placement du thérapeute » comporte un dessin sur le placement du thérapeute, puis une photo en prise de vue latérale du sujet homme pour montrer le placement du thérapeute quand il observe le plan sagittal, enfin, plusieurs vidéos permettant de comprendre le placement de thérapeute pour observer les différents plans de la marche. Une narration (texte oral) l'accompagne. La troisième section « Sujet » décrit le placement du sujet d'observation (dans la source lumineuse et les pieds sous le centre articulaire de la hanche) et comment il doit être vêtu et conditionné pour pouvoir être observé (en sous-vêtements, sans bijou, cheveux relevés...) à l'aide d'une photo d'un homme de face avec ajout successif de texte et une vidéo du même sujet. Il est accompagné d'un commentaire oral. La dernière section « Points de repères » décrit les points de repères corporels et leur localisation dans les 3 plans de l'espace et selon les différentes vues au moyen de photos et de texte incrusté dans l'image ainsi qu'un commentaire oral. Finalement, les repères spatiaux et environnementaux sont présentés oralement par des images statiques.

Cette vidéo est disponible à l'adresse suivante :

[http://tecfaetu.unige.ch/etu-malitt/utopia/desarze0/memoire/Films%20Mod/Animation0\\_A/PagePlayPauseAnimation0\\_A](http://tecfaetu.unige.ch/etu-malitt/utopia/desarze0/memoire/Films%20Mod/Animation0_A/PagePlayPauseAnimation0_A)

#### 4.2.1.2. Vidéo « Méthodologie 2 »

La vidéo « Méthodologie 2 » est le matériel testé. Il s'agit d'une vidéo qui présente des aspects dynamiques de l'analyse du mouvement, et, en particulier, l'analyse des positions et mouvements articulaires du membre inférieur dans le mouvement de se lever d'une chaise.

Lors de la conception de cette animation, les principes suivants ont été respectés :

- déjouer l'effet de modalité en incluant des commentaires oraux plutôt qu'écrit pour éviter le partage d'attention visuelle (visual split-attention) (Ginns, 2005 ; Mayer & Moreno, 1998 ; Moreno & Mayer, 1999 cité par Schnotz, 2015)
- diminuer la charge cognitive en utilisant les deux canaux d'entrée : Verbal/Auditif et Pictural/Visuel, c'est-à-dire mélanger les images et le texte dans le dispositif
- donner un contrôle limité à l'utilisateur pour éviter de trop grandes disparités dans l'utilisation du dispositif entre participants : Play/Pause/Avancée sur la barre de défilement.
- respecter le principe de contiguïté temporelle, en donnant le commentaire oral en même temps que l'image correspondante (Mayer, 2015)
- respecter le principe de redondance (Sweller et al., 1998), en évitant d'écrire ce qui est déjà commenté à l'oral (Mayer, 2015)

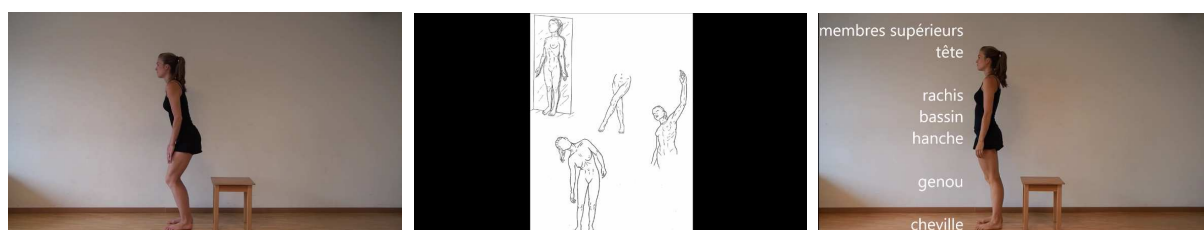
Elle dure 4 minutes et 51 secondes.



Une première section décrit globalement le mouvement et le séquençage nécessaire à l'analyse du mouvement au moyen d'une vidéo à vitesse normale, puis ralentie accompagnée d'un commentaire oral. Un écran fixe avec un texte en mots-clés résume le contenu et apparaît à la fin de la section. Elle est suivie par une section sur le choix du plan d'observation au moyen d'images statiques et commentaire oral, puis sur le placement du thérapeute avec images filmées et commentaires, enfin la systématique d'observation est décrite avec une photo incrustée de texte et commentaire oral. De même, un résumé au moyen d'un écran fixe avec mots-clés apparaît à la fin de la section.

Ces sections sont identiques pour les deux modalités et ne comportent pas de signalement. Elles durent 1 minute et 40 secondes.

Voici un aperçu d'images de cette première partie :



Extrait film démontrant description globale du mouvement de se lever et séquençage

Exemple de mouvement dans le plan frontal : l'abduction et l'adduction en image statique

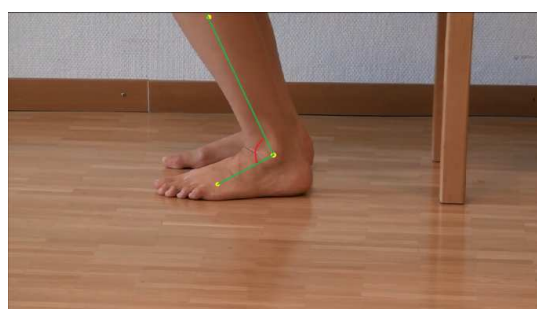
Systématique d'observation en photo et texte incrusté à l'image

Figure 10. Extraits d'images des premières sections de la vidéo 2

La suite de la vidéo décrit le placement des points de repères dans le plan sagittal et débute par la cheville avec le mouvement de flexion dorsale et plantaire. Les images utilisées sont des photos accompagnées de texte oral et les points de repères sont signalés dans la modalité Signalement au moyen de points jaunes et de lignes vertes. Ces signaux sont statiques (ils sont placés sur une image et ne se déplacent pas) et ont été réalisées sur l'image avec le logiciel Paint®, comme ci-dessous (voir Figure 11 en modalité Signalement) :



Modalité Non-Signalement



Modalité Signalement

Figure 11. Points de repère pour les mouvements de la cheville dans le plan sagittal

Puis, la vidéo décrit les mouvements produits par le mouvement de se lever sur la cheville au moyen d'un film accompagné de commentaires. L'angulation du mouvement est signalée par un arc de cercle et une annotation mentionnant la valeur de l'angle dans la modalité Signalement. Les signaux dynamiques ont été réalisés sur le film vidéo avec le logiciel Kinovea®, version 8.25, l'arc de cercle démontrant l'angle augmente ou diminue pendant le déroulement de l'activité : se lever d'une chaise.

Les images des deux modalités vous sont proposées ci-dessous :



Modalité Non-Signalement



Modalité Signalement

Figure 12. Mouvements de la cheville dans le plan frontal : flexion dorsale



Modalité Non-Signalement



Modalité Signalement

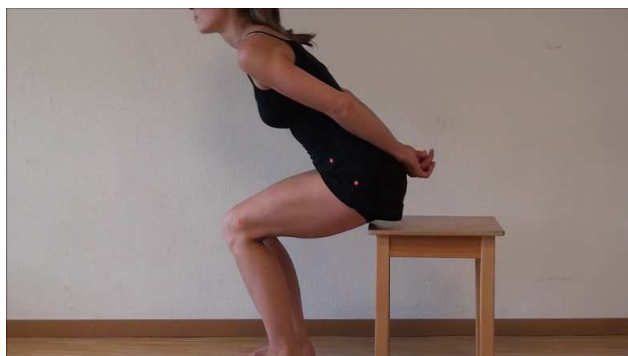
Figure 13. Mouvements de la cheville dans le plan frontal : flexion neutre ou plantaire relative

Le texte accompagnant cette séquence est le suivant :

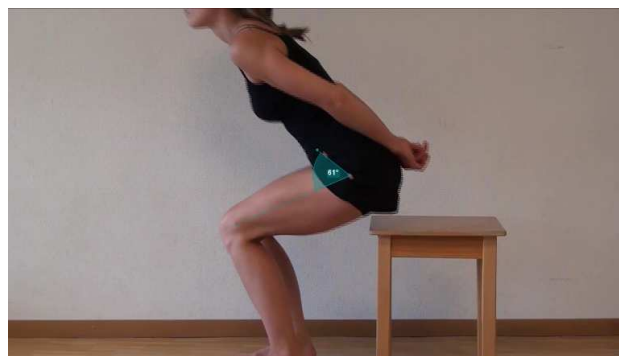
« Dans le mouvement de se lever, on voit que le tibia s'avance et qu'il recule définissant ainsi une flexion dorsale (simultanément avec les images de la Figure 12) dans le début de la séquence et un retour à la flexion neutre ou plantaire relative (simultanément avec les images de la Figure 13) dans la fin de la séquence. »

Un tableau récapitulatif des mouvements est ensuite proposé au participant sans texte associé.

La même procédure est appliquée à l'articulation du genou et à celle de la hanche (Figure 14 et Figure 15) avec des signaux statiques pour le placement des points de repères et des signaux dynamiques pour le mouvement articulaire.

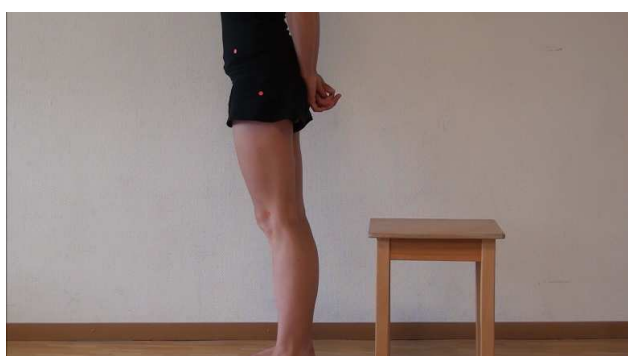


Modalité Non-Signalement



Modalité Signalement

Figure 14. Mouvements de la hanche dans le plan frontal : flexion



Modalité Non-Signalement



Modalité Signalement

Figure 15. Mouvements de la hanche dans le plan frontal : extension relative

La fin de la vidéo porte sur l'analyse du rachis dans le plan frontal et l'analyse des articulations des membres inférieurs et du rachis dans le plan sagittal. Aucun mouvement ne se produit dans ces articulations pendant l'activité de se lever (ou si peu que le mouvement n'est pas détectable à l'œil humain) ce qui explique que les images vidéo sont uniquement commentées par un commentaire oral. Elle n'est pas signalée, et donc identique pour les deux modalités.

La version Non-Signalement de la vidéo 2 se trouve à l'adresse suivante :

<http://tecaetu.unige.ch/etu-mal/tt/utopia/desarze0/memoire/Films%20Mod/ModaliteA/PagePlayPauseModA>

La version Signalement de la vidéo 2 se trouve à l'adresse suivante :

<http://tecaetu.unige.ch/etu-mal/tt/utopia/desarze0/memoire/Films%20Mod/ModaliteB/PagePlayPauseModB>

## 4.2.2. Matériel de test

### 4.2.2.1. Questionnaire Prétest(q0) et Posttest(q1)

L'évaluation formelle des performances du participant est effectuée à l'aide du questionnaire et comprend des questions de Rétention et de Transfert (Mayer, 2015). Quatorze questions portent

sur les signaux dynamiques et douze sur les signaux statiques.

Voici un exemple de question de Rétention, cette question concerne les signaux statiques :

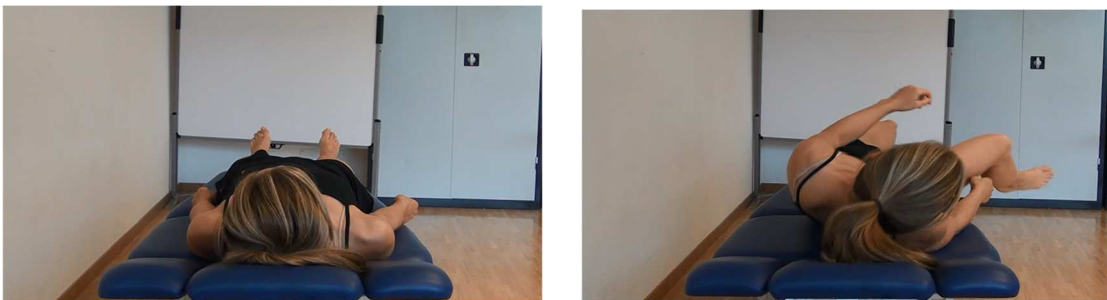
qR7. Quels sont les points de repère pour observer le mouvement de flexion dorsale/flexion plantaire de la cheville ?

- base du 5ème métatarse
- grand trochanter
- condyle fémoral
- centre articulaire de la cheville
- tête de la fibula

Les bonnes réponses sont surlignées.

Voici un exemple de question de Transfert, elle concerne les signaux dynamiques :

qT25. Dans le passage de couché à assis par la droite, le sujet effectue une :



- rotation horaire (corps vertébraux vont vers la droite), parce que l'épaule droite se lève avant la gauche
- rotation antéhoraire (corps vertébraux vont vers la gauche), parce que l'épaule gauche se lève avant la droite
- rotation horaire (corps vertébraux vont vers la droite), parce que l'épaule gauche se lève avant la droite
- rotation antéhoraire (corps vertébraux vont vers la gauche), parce que l'épaule droite se lève avant la gauche

Ce questionnaire comporte 26 questions de différents types : choix multiples (20), à réponse courte (1), tâches de dessin (5).

Voici un exemple de question à réponse courte, c'est une question de Transfert et elle concerne les signaux dynamiques :

qT26. Un sujet vient consulter pour une douleur de la hanche en flexion en courant, vous cherchez à reproduire sa douleur dans votre évaluation, quelle activité comprenant une flexion de hanche pouvez-vous lui demander de réaliser ?

Voici un exemple de tâches de dessin :

qT27b. Schématisez l'articulation de la hanche dans le plan sagittal lorsque la jambe gauche passe au-dessus de la marche dans la montée de l'escalier.  
Placez les points de repère d'observation du mouvement et indiquez quel mouvement se produit dans ce plan.

Le sous-score des épreuves visant les performances de Rétention est de 12 points, celui des performances de Transfert est de 9 points et celui des épreuves de dessin est de 5 points. Le score maximum est de 26 points. Chaque question vaut un point.

Une autre répartition des scores en épreuves concernant le type de signal a été mesurée. Le sous-score pour les épreuves concernant les signaux dynamiques est de 14 points et celui des signaux statiques est de 12 points.

Ce même test(q) est demandé au participant en prétest(q0) pour mesurer les connaissances initiales (excepté les tâches de dessin), puis répété(q1) après la vidéo signalée ou non-signalée.

Le questionnaire complet est proposé dans l'Annexe 2.

#### 4.2.2.2. Echelle Attrakdiff2 (questionnaire a)

Pour mesurer l'appréciation du matériel, l'échelle Attrakdiff2 a été utilisée. Elle a été développée en anglais par Hassenzahl et al. (2003, cité par Lallemand et al., 2015) et permet d'évaluer l'expérience de l'utilisateur lorsqu'il est confronté à une interaction avec l'ordinateur. Elle s'intéresse au ressenti de l'attractivité du dispositif par l'utilisateur et, en particulier, aux qualités pragmatiques et hédoniques de celui-ci. Le questionnaire utilisé ici est la traduction française proposée par Lallemand (2015). Il nous a paru intéressant d'utiliser une échelle validée en français pour examiner les effets de la variable « Signalement » sur la perception de l'utilisateur car il n'y a pas de consensus ni d'échelle validée psychométriquement sur le ressenti des utilisateurs dans le domaine de l'apprentissage multimédia. Même si, à l'origine, cette échelle a été faite pour mesurer l'expérience utilisateurs après interaction avec un système, et pas dans une situation d'apprentissage.

Cette échelle comporte 28 paires d'items opposés à évaluer sur une échelle de type Likert à 7 possibilités de réponse réparties en 3 pages distinctes.



Figure 16. Exemple d'item de l'échelle Attrakdiff2

L'échelle complète se trouve en Annexe 3.

#### 4.2.2.3. Paper Folding Test

Le test du Paper Folding Test (PFT) qui fait partie d'une série de tests statiques développés par Ekstorm (1976) permet d'évaluer les capacités de visualisation spatiale statique.

Il comporte 20 items répartis en deux séries, chacune des séries doit être réalisée en 3 minutes. Il consiste en une série de dessin de pliage de feuille dans lesquels l'image finale est trouée, le sujet doit retrouver l'image de la feuille dépliée avec l'emplacement exact des trous. On lui propose 5 exemples de feuilles dépliées comme le montre la Figure 17.

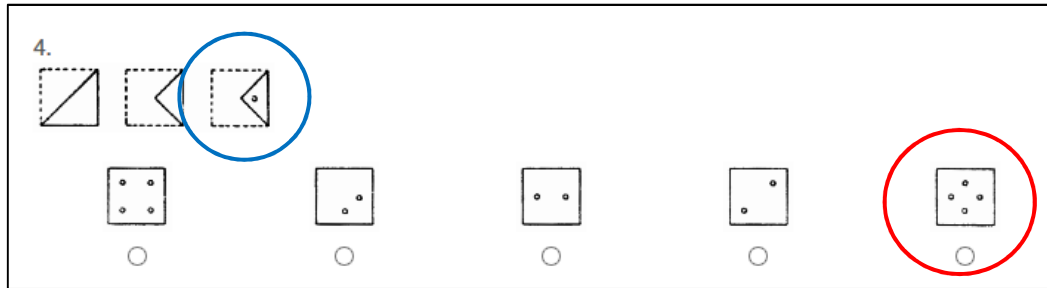


Figure 17. Exemple d'un item. Item 4 de la seconde partie du PFT (Ekstrom et al., 1976)

Dans l'exemple suivant, la bonne réponse est la cinquième possibilité (**O**). En effet, lorsqu'on déplie la feuille percée (**O**), les 4 quarts de la feuille sont percés au centre vers la pointe correspondant à cette dernière image.

Le test complet se trouve en Annexe 4.

Malheureusement, un problème technique arrêtant le test à 3 minutes nous a contraint à ne considérer que les dix premières questions.

### 4.3. Appareil

Les tests ont été réalisés sur un ordinateur portable Intel Core i7-3632QM 2.2 GHz équipé d'un écran de 17,3 pouces, d'une souris sans fil et d'un casque à l'exception de la tâche de dessin réalisée sur papier.

### 4.4. Prétest

Afin de vérifier si la visualisation du matériel était possible, si l'enchaînement des épreuves était correct, si la durée de passation (vidéos et questionnaires) était suffisante et si les questionnaires n'étaient pas trop difficiles, un prétest a été réalisé sur deux sujets. Chacun a passé les tests dans une des deux modalités Signalement et Non-Signalement. A la suite de ce premier essai, les résultats ont été analysés et les changements suivants ont été opérés : des questions-exemples proposées après la vidéo 1 ont été supprimées car elles allongeaient la durée de passation, le PFT qui devait se passer à distance avant la passation en présentiel a été déplacé en fin de passation et en présentiel.

## 4.5. Procédure

La procédure complète dure environ 50 minutes. Les questionnaires sont enregistrés sur le logiciel Qualtrics, les vidéos placées sur des pages réalisées en HTML afin de donner le contrôle Play-Pause à l'utilisateur. L'expérimentation a lieu dans les locaux de l'école des sujets. Après les salutations, le document de consentement est distribué au sujet, il en prend connaissance et le signe. Il répond à la suite des consignes sur un ordinateur sauf pour les tâches de dessin qui sont réalisées sur papier.

Il effectue d'abord le questionnaire d'évaluation des performances en prétest qui détermine le niveau de connaissances préalables du contenu de l'animation et permettra de calculer le Moment de Test. Il ne passe pas les épreuves de dessin. La durée maximum pour le questionnaire d'évaluation est de 10 minutes.

Il visionne ensuite la vidéo 1. La durée pendant laquelle la vidéo est proposée à l'apprenant est le double de celle de la vidéo elle-même, c'est-à-dire maximum 7 minutes. Il peut exercer un contrôle sur le déroulement du film et l'arrêt de celui-ci (bouton play-pause).

Il regarde ensuite la vidéo 2 signalée ou non-signalée. Il dispose d'un bouton Play-Pause et peut regarder la vidéo pendant une durée deux fois plus longue que celle de la vidéo, c'est-à-dire 10 minutes maximum.

Il répond ensuite au questionnaire Attrakdiff2, puis au questionnaire d'évaluation en post-test et enfin au questionnaire démographique. Ces trois tests durent environ 15 minutes.

Finalement, il réalise le Paper Folding Test pour situer ses CVS. Ce test dure 6 minutes.

## 4.6. Correction des tests

Les questionnaires ont été corrigés de la manière suivante :

### 4.6.1. Questionnaire Pré- et Post-test

Chaque question valait un point. Toutes les questions à choix multiples offraient la possibilité de répondre « je ne sais pas » qui valait 0 pour ne pas inciter les participants à répondre au hasard.

Le tableau ci-dessous résume le nombre de points donnés pour chaque question.

Tableau 3. Récapitulatifs des points donnés aux questionnaires de Dessins, Rétention et Transfert

Dessins		
	Nombre d'éléments-clé	Nombre de point/éléments-clé
qR15	3	0.33
qT23b	3	0.33
qT25b	3	0.33
qT29	4	0.25
qT27b	4	0.5(dessin)/0.1(points de repère)/0.2 (mouvements)



Rétention					
Numéro de question	Nombre de réponses possibles	Nombre de réponses correctes	Nombre de point/réponse correcte	Nombre de réponses inexactes	Nombre de point retranché / réponse inexacte
qR3	4	1	1	3	-0.25
qR4	4	2	0.5	2	-0.25
qR5	2	1	1	1	-0.25
qR6	4	2	0.5	2	-0.25
qR7	5	3	0.33	2	-0.25
qR8	4	1	1	3	-0.25
qR9	4	1	1	3	-0.25
qR10	4	3	0.33	1	-0.25
qR11	4	1	1	3	-0.25
qR12	4	1	1	3	-0.25
qR13	4	1	1	3	-0.25
qR14	4	1	1		-0.25

Transfert					
Numéro de question	Nombre de réponses possibles	Nombre de réponses correctes	Nombre de point/réponse correcte	Nombre de réponses inexactes	Nombre de point retranché / réponse
qT20	6	2	0.5	4	-0.25
qT21	6	2	0.5	4	-0.25
qT22	6	2	0.5	4	-0.25
qT23	3	1	1	2	-0.25
qT24	4	1	1	3	-0.25
qT25	4	1	1	3	-0.25
qT26	Question ouverte (cf plus haut)				
qT27	6	4	0.25	2	-0.25
qT28	4	1	1	3	-0.25

Par exemple, dans la question de rétention page 23 (cf plus haut), 3 réponses sur 5 sont demandées pour avoir 1 point, si une seule réponse correcte est donnée cela vaut 0.33 point. Si une réponse fautive est donnée, cela enlève 0.25 point.

Dans le deuxième exemple page 23, une réponse est attendue et vaut 1 point. Si une fautive réponse est donnée, cela retranche 0.25 point.

Pour la question ouverte, n'importe quelle activité qui met en jeu une flexion de hanche. Pas de point négatif.

#### 4.6.2. Attrakdiff2

L'échelle de Likert comporte 7 possibilités. La position du point au milieu vaut 0 point.

Si le sujet coche la case tout à gauche cela vaut 3 points, s'il coche la case tout à droite cela équivaut à -3 points ou l'inverse selon le sens dans lequel sont placés les qualificatifs de l'item.

Certains items sont ensuite recodés pour aboutir à un score maximum de 84 points et minimum de -84 points.

#### 4.6.3. PFT

Chaque question correcte vaut 1 point. Le total vaut 10 points car nous n'avons pu considérer que les 10 premières questions.



## 4.7. Design expérimental

Le plan expérimental présente un facteur en inter-sujets, le Signalement et un facteur en intra-sujets, le Moment de Test.

Les participants ont été aléatoirement assignés à l'un des deux groupes correspondant à l'une des modalités du facteur inter-sujets Signalement selon que des signaux visuels sont ajoutés ou non dans le matériel pédagogique (modalité avec : Signalement vs modalité sans : Non-Signalement, voir Matériel).

Un second facteur inter-sujets est la CVS des participants, mesurée à la fin de l'expérience. Pour un contrôle complet de la variable CVS, il aurait fallu évaluer ces capacités avant la passation et répartir les participants dans les deux groupes du facteur Signalement en fonction de leur performance au test de CVS. Les données concernant ce facteur seront donc étudiées a posteriori, en termes de corrélation avec les performances et perceptions des participants dans chaque modalité.

## 4.8. Variables et hypothèses opérationnelles

### 4.8.1. Variables

Les variables et hypothèses opérationnelles suivantes ont été retenues :

#### 4.8.1.1. Facteur contrôlé

##### Variable Coursus Antérieur

Le Coursus Antérieur n'est pas manipulé dans l'étude, mais comme les participants proviennent de niveaux et de cursus différents, notre population se compose de 2 groupes :

- MC : participant venant des Modules Complémentaires
- Autre : participant de niveau Master venant d'un cursus antérieur autre que les modules complémentaires

Nous vérifierons si les deux groupes performant différemment par rapport au Signalement en modalité avec ou sans.

#### 4.8.1.2. Variables indépendantes

##### Variable Signalement (inter-sujet)

- Modalité avec : Signalement
- Modalité sans : Non-Signalement

##### Variable CVS (inter-sujet)

Les CVS mesurées par le test Paper Folding Test (PFT) seront considérées comme une VD (variable dépendante) dans un premier temps afin de vérifier l'équivalence des groupes. Nous rechercherons ensuite les corrélations avec les autres variables, puis séparerons en deux groupes par la médiane et les considérerons comme VI si une corrélation est établie :

- Haut CVS : Haut score PFT

- Bas CVS : Bas score PFT

#### Variable Moment du test (intra-sujet)

Le questionnaire de connaissance étant administré avant et après l'étude du matériel pédagogique, on considère pour ce questionnaire les deux moments du test comme VI intra-sujet :

- Pré-test
- Post-test

#### 4.8.1.3. Variables dépendantes

Nous examinerons les variables dépendantes suivantes :

##### Performances au questionnaire de connaissances

- Score au questionnaire à choix multiples sur 21 points maximum dans lequel deux sous-scores peuvent être distingués selon le type de question :
  - Score aux questions de rétention sur 12 points
  - Score aux questions de transfert sur 9 points
- Epreuves de dessin : 5 points maximum

##### Expérience utilisateur (UX) (score échelle Attrakdiff2)

- Score total (de -84 à +84 points) composé de :
  - Score qualités pragmatiques
  - Score qualités hédoniques-Identification
  - Score qualités hédoniques-Stimulation
  - Score Attractivité

## 4.8.2. Hypothèses opérationnelles

### 4.8.2.1. Scores Performances

#### Effet du Coursus Antérieur

Les participants venant du Coursus Antérieur MC (Modules Complémentaires) auront de meilleures performances que ceux du Coursus Antérieur Autre (venant d'un parcours antérieur hors monde de la Santé) (Hypothèse n°0).

#### Effet du facteur Moment du test

La visualisation d'une vidéo comprenant ou non des signaux visuels améliorera les performances d'apprentissage d'analyse de mouvement. En d'autres termes, on attend de meilleurs scores au post-test qu'au pré-test quelle que soit la modalité de Signalement (Hypothèse n°1).

#### Effet du facteur Signalement

L'ajout de signaux visuels à une vidéo améliore les performances d'apprentissage d'analyse de mouvement par rapport au groupe en modalité sans (Hypothèse n°2). En d'autres termes on attend une interaction significative entre le Moment du test et le Signalement : alors que les performances au pré-test sont identiques pour les deux modalités, le groupe en modalité avec aura de meilleures performances que le groupe en modalité sans au post-test.

### Effet des CVS

Les CVS auront un effet sur les performances d'apprentissage. Cet effet sera d'abord vérifié au moyen d'une corrélation entre les CVS et les performances au pré-test et au post-test (Hypothèse n°3a). Si le lien corrélationnel est établi, un partage à la médiane permettra de construire la VI « niveau de CVS » distinguant les participants avec hautes CVS et ceux avec basses CVS, dont on vérifiera l'effet sur les performances (voir ci-dessous).

### Interaction Moment de Test et CVS

Les sujets démontrant de bonnes CVS auront une meilleure performance que les participants ayant de moins bonnes CVS (Hypothèse n°3b).

### Interaction Moment de Test, Modalité et CVS

Les participants ayant de faibles CVS apprendront mieux lorsque la vidéo comporte des signaux visuels que lorsqu'elle n'en comporte pas et les étudiants ayant de bonnes CVS apprendront mieux lorsque la vidéo est non-signalée que lorsqu'elle ne l'est pas. Pas d'effet attendu de l'interaction avec le Coursus Antérieur (Hypothèse 4).

#### 4.8.2.2. *Score Attrakdiff2*

Pas d'effet attendu du Coursus Antérieur

### Effet du facteur Signalement

L'ajout de signaux visuels à une vidéo améliore l'attractivité du dispositif par rapport au groupe en modalité sans (Hypothèse n°5).

### Effet du facteur CVS

Les sujets démontrant de bonnes CVS auront un score d'attractivité plus faible que les participants ayant de moins bonnes CVS (Hypothèse n°6).

### Interaction des facteurs

Il n'y aura pas de différence entre la modalité Non-Signalement et la modalité Non-Signalement pour les participants avec de hautes CVS et un effet important pour les participants à bas CVS en faveur de la modalité sans (Hypothèse n°6b).

## 5. Résultats

Toutes les analyses ont été réalisées à l'aide du logiciel IBM SPSS Statistics 23. Un seuil de significativité( $p$ ) de 0.05 a été choisi pour cette analyse.

Ce chapitre présente les résultats en fonction des variables Performances, Capacités visuo-spatiales et Attractivité du dispositif. La section « Performances » débute avec l'analyse descriptive des différents scores, puis l'effet du Signalement, des CVS et du Cours Antérieur sur le Moment de test est présenté. La section « Capacités visuo-spatiales » débute avec l'analyse descriptive, puis une corrélation entre CVS et Performances. La section « Attractivité » présente l'analyse descriptive, puis l'effet du Signalement, des CVS et de leur interaction sur l'attractivité du dispositif. Finalement, des résultats complémentaires concernant les sous-scores des épreuves dynamiques et statiques termineront ce chapitre.

Tous les tableaux détaillés des analyses de variance ANOVA et corrélations sont en Annexe 5.

### 5.1. Evaluation des performances des participants

#### 5.1.1. Analyse descriptive

Les moyennes et distributions de chaque score en pré- et en post-test vont être présentées.

##### 5.1.1.1. Score Total (Rétention et Transfert)

Les moyennes et distributions du Score Total en pré-test et en post-test sont examinées.

#### Prétest

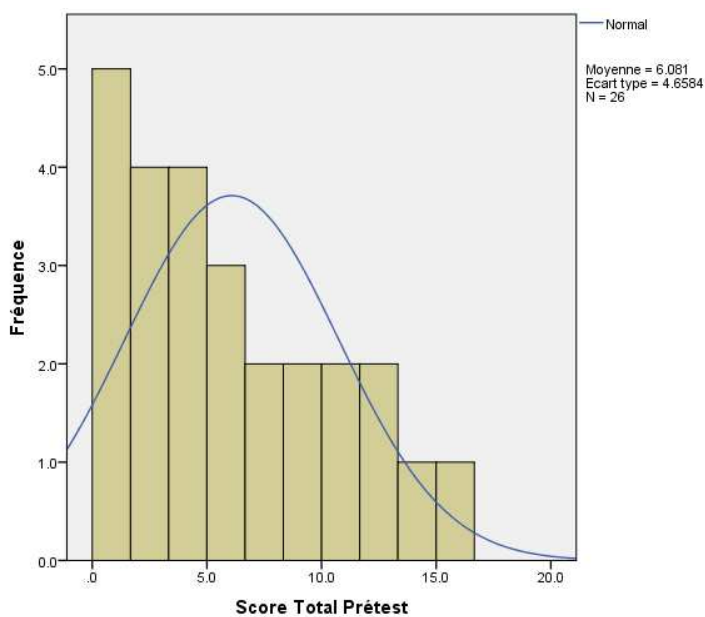


Figure 18. Moyennes du Score Total Prétest

La Figure 18 montre que la moyenne au Prétest est de 6.081 sur 21 ce qui est faible. L'écart-type est assez important ( $ET=4,6584$ ) dénotant une dispersion des valeurs qui se fait surtout vers les scores hauts. La distribution du Score Prétest n'est pas normale, elle est déviée vers la gauche avec une médiane à 5.05. On peut en déduire que beaucoup de sujets n'ont pas ou peu de connaissances préalables du sujet.

## Posttest

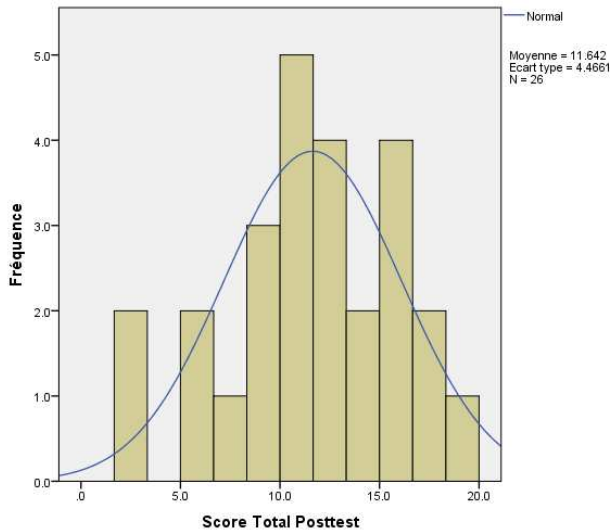


Figure 19. Moyennes du Score Total Posttest

La moyenne est de 11.642 sur 21 comme on peut le voir sur la Figure 19. La distribution est pratiquement gaussienne avec une médiane à 11.85. L'écart-type est de 4,4661. On peut en déduire que les connaissances des participants ont bien augmenté, hormis deux sujets qui ont très peu de points (aux alentours de 2.5), aucun participant n'obtient un score nul et le score du reste des participants est distribué autour de la moyenne.

### 5.1.1.2. Score Rétention

Les sous-scores Rétention et Transfert vont maintenant être présentés et analysés.

## Prétest

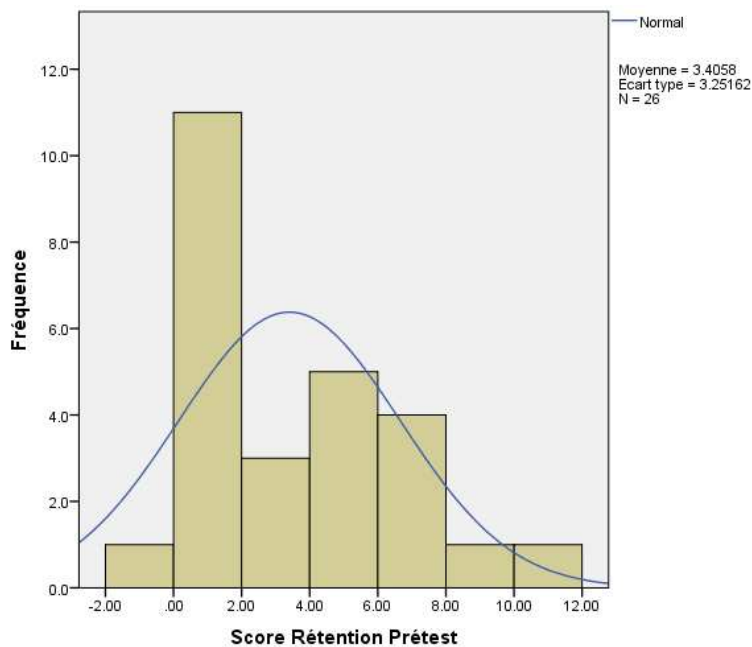
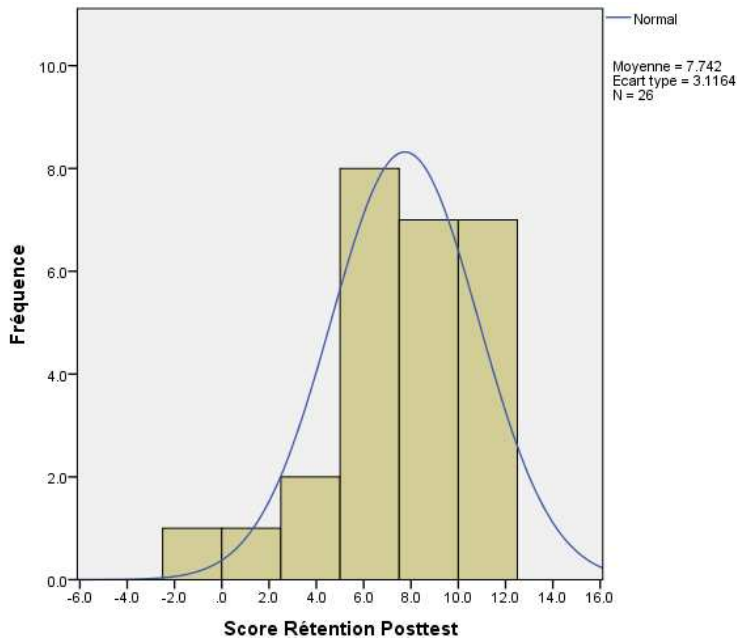


Figure 20. Moyennes du Score de Rétention Prétest

On observe sur la Figure 20 que la moyenne est de 3.4058 sur 12. Peu de sujets ont performé, puisqu'une majorité d'entre eux se situe entre 0 et 2. La distribution n'est pas normale avec une médiane à 2.41, elle est déviée vers les scores faibles avec un écart-type de 3.25162.

## Posttest

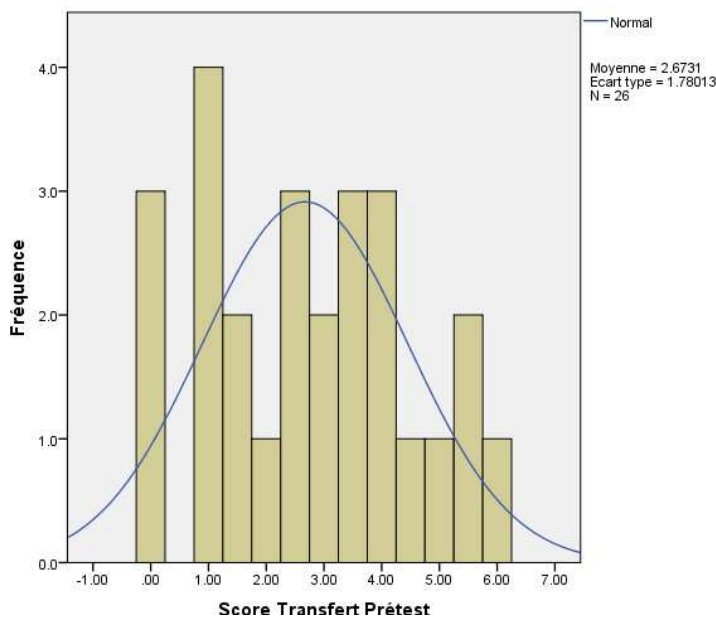


Sur la Figure 21, on observe que la moyenne est de 7.742 sur 12. L'écart-type est de 3.1164. La distribution est presque normale avec une médiane à 7.65. La majorité des sujets a des résultats compris entre 6 et 12 dénotant de bonnes performances.

Figure 21. Moyennes du score de Rétention post-test

### 5.1.1.3. Score Transfert

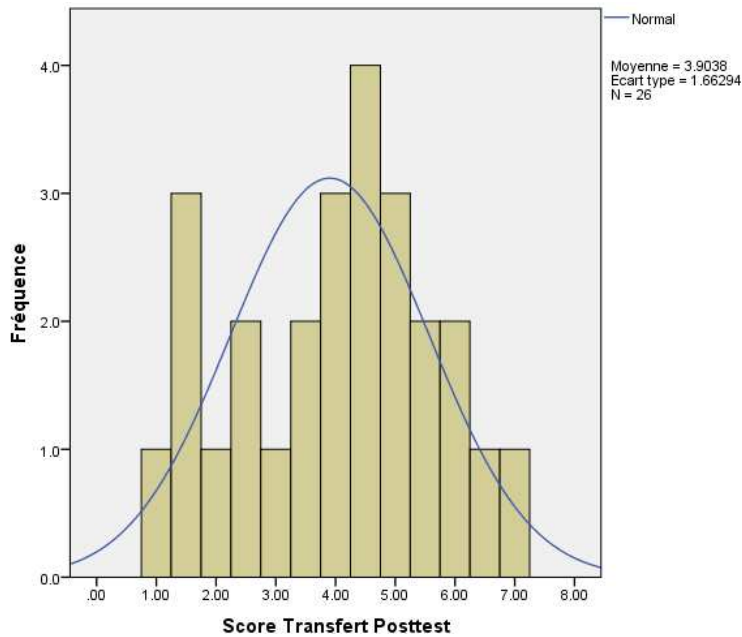
## Prétest



On observe, sur la Figure 22, que la moyenne est de 2.6731 sur 9 ce qui est relativement faible. La distribution est normale avec une médiane de 2.6250. L'écart-type est de 1.78013, les valeurs sont distribuées autour de la moyenne.

Figure 22. Moyennes du Score de Transfert Prétest

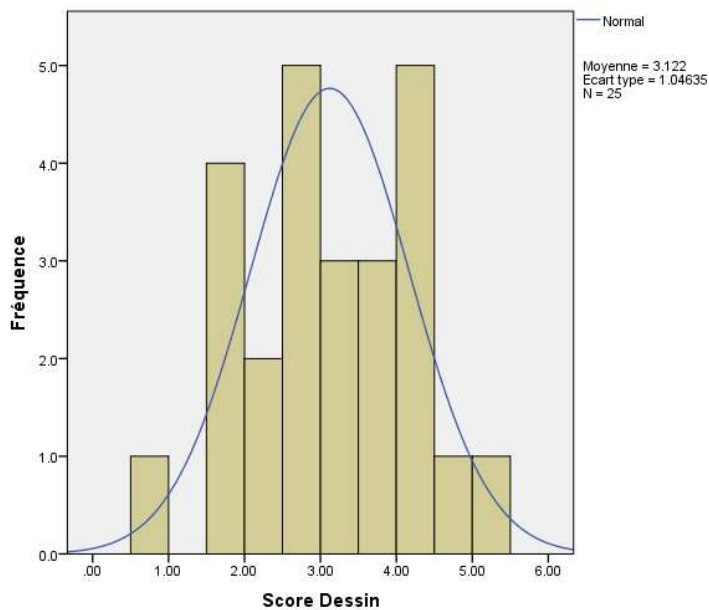
## Post-test



Sur la Figure 23, on observe que la moyenne est de 3.9038 sur 9 ce qui est meilleur qu'au pré-test. La distribution est « presque » normale avec une médiane de 4.125. L'écart-type est de 1.66294, les valeurs sont rassemblées autour de la moyenne.

Figure 23. Moyennes du Score de Transfert Posttest

### 5.1.1.4. Score des épreuves de dessin

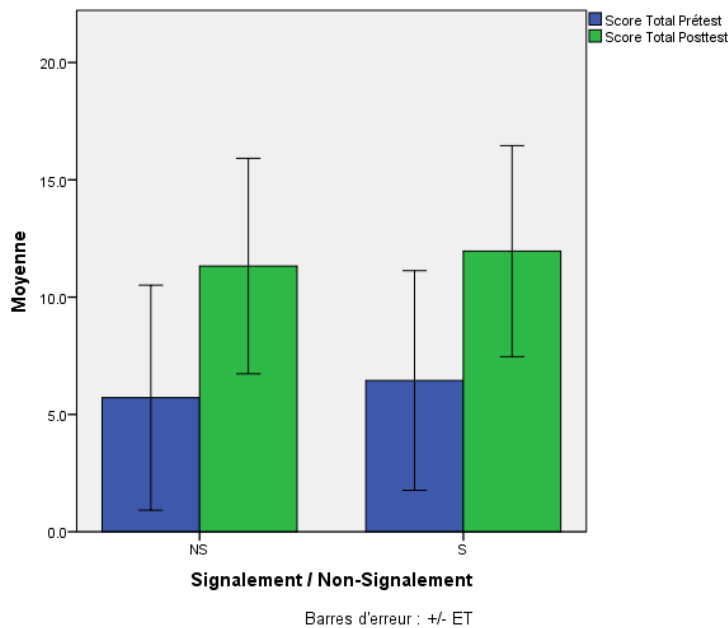


On observe sur la Figure 24 que la moyenne est de 3.122 sur 5 ce qui est un résultat assez bon. La distribution est presque normale avec une médiane à 3. L'écart-type est de 1.04635 ce qui montre que les valeurs sont rassemblées autour de la moyenne.

Figure 24. Moyennes du Score de Dessin

## 5.1.2. Effet du Signalement sur les scores de performances

### 5.1.2.1. Score Total



On observe sur la Figure 25 une augmentation de la moyenne des scores en modalité Signalement entre le prétest ( $M=6.446$ ,  $ET=4.6802$ ) et le posttest ( $M=11.962$ ,  $ET=4.4995$ ) ainsi qu'en modalité Non-Signalement entre le prétest ( $M=5.715$ ,  $ET=4.7975$ ) et le posttest ( $M=11.323$ ,  $ET=4.5920$ ). Les deux conditions de signalement obtiennent des moyennes très proches.

Figure 25. Moyenne du Score Total en fonction du Signalement

L'application de l'ANOVA a été vérifiée par un test de sphéricité de Mauchly, puis nous avons réalisé un test de mesures répétées ANOVA avec le Moment de Test (Pré-test et Post-test) en variable indépendante intra-sujets, le Signalement en inter-sujets et le Score Total comme variable dépendante.

L'analyse montre que l'effet du Moment de Test sur le Score Total est significatif :  $F(1, 24) = 35.250$ ,  $p < 0.0001$ . La Figure 26 permet de vérifier si la relation va dans le sens attendu. Elle confirme que la moyenne des participants a progressé au niveau de ses performances totales (rétention et transfert) indépendamment des conditions de signalement, conformément à notre hypothèse n°1.

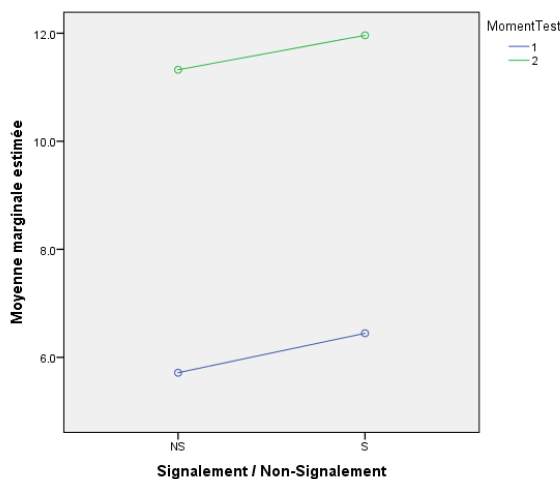


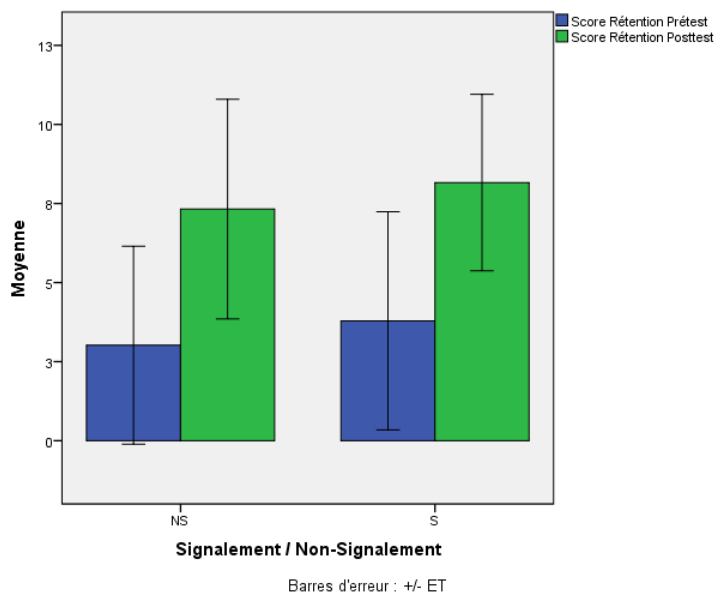
Figure 26. Moyennes marginales estimées du Score Total



L'effet du facteur Signalement sur le Score Total est non-significatif :  $F(1, 24) < 1$ . Ceci confirme que, contrairement à notre hypothèse n°2, la moyenne des participants en modalité Signalement n'a pas eu de meilleurs résultats que la moyenne des participants en modalité Non-Signalement indépendamment du Moment du Test.

L'effet de l'interaction entre le Signalement et le Moment de Test sur le Score Total est non-significatif :  $F(1, 24) < 1$ . Les participants en modalité Signalement n'ont pas eu une meilleure progression de leurs performances totales (Score Total) et les participants en modalité Non-Signalement n'ont pas eu une moins bonne progression de leur Score Total.

### 5.1.2.2. Score Rétention



On observe sur la Figure 27 une augmentation de la moyenne des scores en modalité Signalement entre le prétest ( $M=3.7900$ ,  $ET=3.45107$ ) et le posttest ( $M=8.162$ ,  $ET=2.7912$ ) ainsi qu'en modalité Non-Signalement entre le prétest ( $M=3.0215$ ,  $ET=3.13007$ ) et le posttest ( $M=7.323$ ,  $ET=3.4730$ ). Les deux conditions de signalement obtiennent des moyennes très proches.

Figure 27. Moyennes du Score Rétention en fonction du Signalement

Nous avons vérifié l'application de l'ANOVA par un test de sphéricité de Mauchly, puis réalisé un test de mesures répétées ANOVA avec le Moment de Test en variable indépendante intra-sujets, le Signalement en inter-sujets et le Score de Rétention comme variable dépendante.

L'effet du Moment de Test sur le Score Rétention est significatif :  $F(1, 24) = 35.622$ ,  $p < 0.0001$ .

La Figure 28 nous permet de vérifier le sens de la relation. Elle confirme ainsi que la moyenne des participants a progressé au niveau de ses performances de Rétention indépendamment des conditions de Signalement.

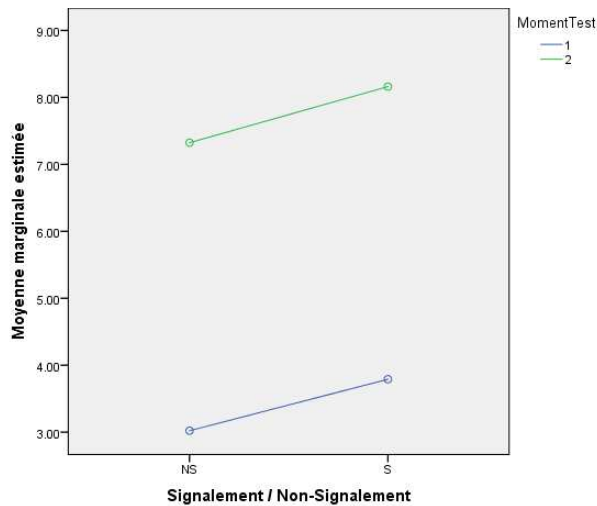
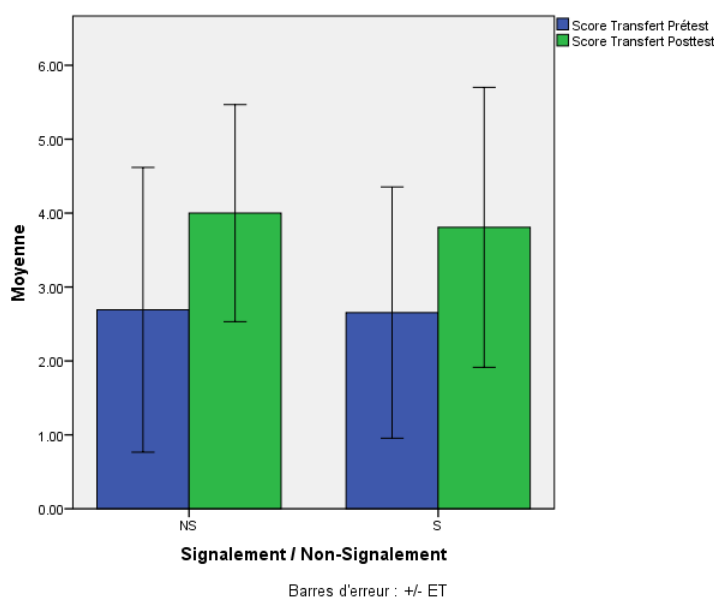


Figure 28. Moyennes marginales estimées du Score Rétention

L'effet du facteur Signalement sur le Score de Rétention est non-significatif :  $F(1, 24) < 1$ . Ceci confirme que, contrairement à notre hypothèse n°2, la moyenne des participants en modalité avec Signalement n'a pas eu de meilleurs résultats au score de Rétention que la moyenne des participants en modalité Non-Signalement indépendamment du Moment du Test.

L'effet de l'interaction entre le facteur Signalement et le Moment de Test sur le Score de Rétention est non-significatif :  $F(1, 24) < 1$ . Les participants en modalité Signalement n'ont pas eu une meilleure progression de leurs performances au score de Rétention et les participants en modalité Non-Signalement n'ont pas eu une moins bonne progression de leur Score Total.

### 5.1.2.3. Scores Transfert

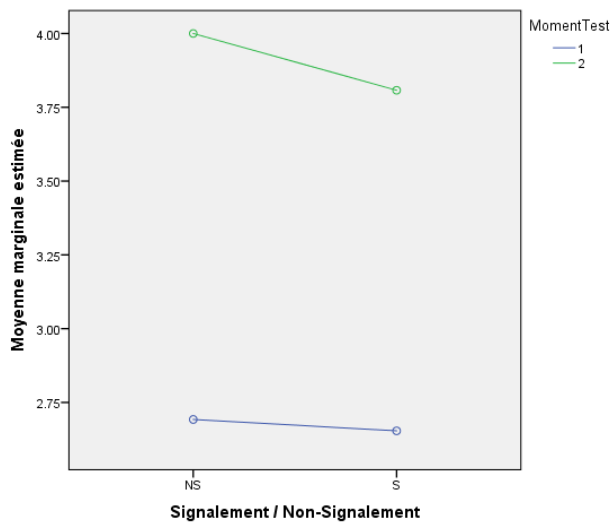


Sur la Figure 29, on observe une augmentation de la moyenne des scores en modalité Signalement entre le prétest ( $M=2.6538$ ,  $ET=1.70030$ ) et le posttest ( $M=3.8077$ ,  $ET=1.89339$ ) ainsi qu'en modalité Non-Signalement entre le prétest ( $M=2.6923$ ,  $ET=1.92612$ ) et le posttest ( $M=4.0000$ ,  $ET=1.46842$ ). Les deux conditions de signalement obtiennent des moyennes très proches.

Figure 29. Moyennes du Score Transfert en fonction du Signalement

Nous avons vérifié l'application de l'ANOVA par un test de sphéricité de Mauchly, puis réalisé un test de mesures répétées ANOVA avec le Moment de Test en variable indépendante intra-sujets, le Signalement en inter-sujets et le Score de Transfert en variable dépendante.

L'effet du Moment de Test sur le Score de Transfert est significatif :  $F(1, 24) = 16.450, p < 0.0001$ .



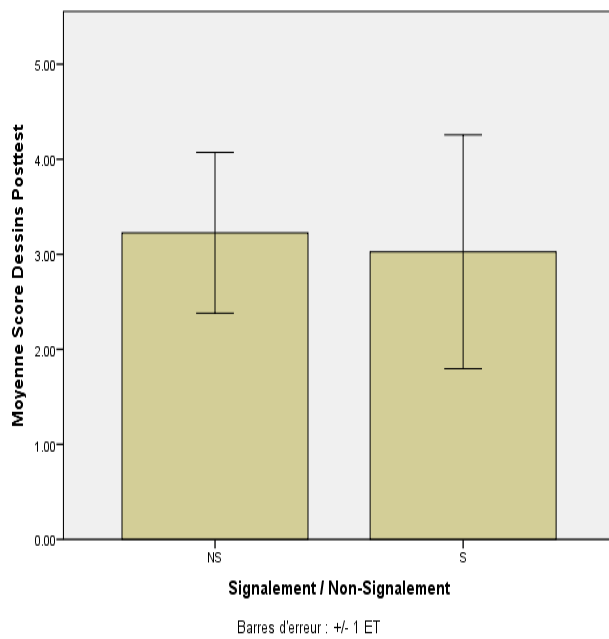
La Figure 30 permet de vérifier le sens de la relation. Elle confirme ainsi que la moyenne des participants a progressé au niveau de ses performances de Transfert indépendamment des conditions de signalement.

Figure 30. Moyennes marginales estimées du Score Transfert

L'effet du facteur Signalement sur le Score de Transfert est non-significatif :  $F(1, 24) < 1$ . Ceci confirme que, contrairement à notre hypothèse n°2, la moyenne des participants en modalité Signalement n'a pas eu de meilleurs résultats au score de Transfert que la moyenne des participants en modalité Non-Signalement indépendamment du Moment du Test.

L'effet de l'interaction entre le facteur Signalement et le Moment de Test sur le Score de Transfert est non-significatif :  $F(1, 24) < 1$ . Les participants en modalité Signalement n'ont pas eu une meilleure progression de leurs performances au score de Transfert et les participants en modalité non-Signalement n'ont pas eu une moins bonne progression de leur Score Total.

#### 5.1.2.4. Score dessin



On note sur la Figure 31 une légère différence de score en faveur du groupe Non-Signalement ( $M=3.2258$ ,  $ET=0.84578$ ) par rapport au groupe Signalement ( $M=3.0262$ ,  $ET=1.23013$ ). Mais l'analyse de la variance ANOVA montre que l'effet du Signalement sur le score aux épreuves de dessin est non-significatif :  $F(1,23) < 1$ .

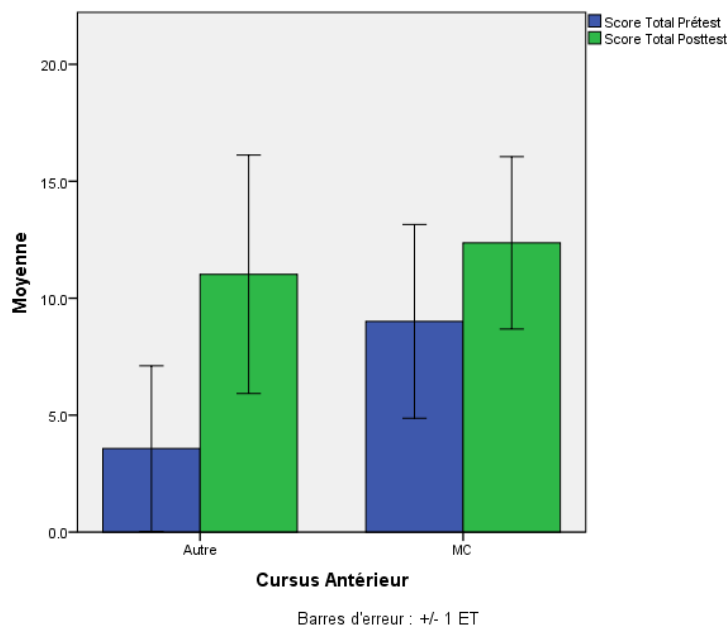
Figure 31. Moyennes du Score Epreuves de dessin

### 5.1.3. Effet du Coursus Antérieur sur Moment du Test

L'effet du Facteur Coursus Antérieur sur les scores de performances au pré-test et au post-test est examiné. Ce facteur n'a pas été manipulé lors de notre expérience mais il a été contrôlé au recrutement. Pour rappel, nous avons deux groupes distincts : les Modules Complémentaires de la Haute Ecole de Santé(N=12) et un groupe formé d'étudiant de niveau Master novices dans le domaine de la santé(N=14).

#### 5.1.3.1. Score Total

Les moyennes du Score Total en fonction du Coursus Antérieur sont analysées.



Sur la Figure 32, on remarque une augmentation de la moyenne des scores pour le Coursus MC entre le prétest ( $M=9.008$ ,  $ET=4.1423$ ) et le posttest ( $M=12.367$ ,  $ET=3.6822$ ) ainsi que pour le Coursus Autre entre le prétest ( $M=3.571$ ,  $ET=3.5385$ ) et le posttest ( $M=11.021$ ,  $ET=5.0975$ ). Le Coursus Autre montre un score faible en prétest, mais s'améliore beaucoup en posttest.

Figure 32. Moyennes du Score Total en fonction du Coursus Antérieur

L'application de l'ANOVA par un test de sphéricité de Mauchly a été vérifiée, puis un test de mesures répétées ANOVA avec le Moment de Test en variable indépendante intra-sujets, la modalité Coursus Antérieur en inter-sujets et le Score Total comme variable dépendante est réalisé et analysé.

L'effet du Moment de Test sur le Score Total est significatif :  $F(1, 24) = 41.227$ ,  $p < .0001$ .

La Figure 33 permet de vérifier le sens de la relation. Elle confirme ainsi que la moyenne des participants a progressé au niveau de ses performances totales (rétention et transfert) indépendamment du Coursus Antérieur.

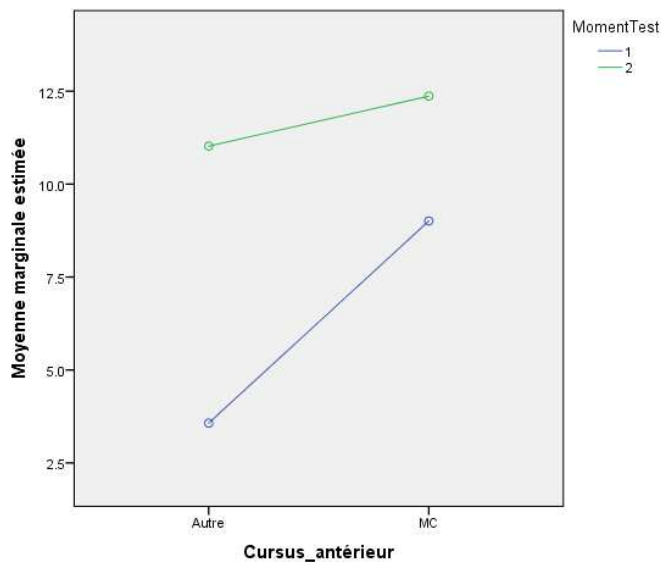


Figure 33. Moyennes marginales estimées du Score Total

L'analyse montre que l'effet du facteur Cursus Antérieur sur le Score Total est significatif :  $F(1, 24) = 5.764, p < 0.05$ .

La Figure 33 permet également de vérifier le sens de la relation, elle montre que, conformément à nos hypothèses, les étudiants provenant du cursus MC ont de meilleurs résultats que ceux du Cursus Autre au Score Total.

L'effet de l'interaction entre le facteur Cursus Antérieur et le Moment de Test sur le Score Total est significatif :  $F(1, 24) = 5.908, p < 0.05$  confirmant que les étudiants du Cursus Autre rattrapent les Cursus MC au Score Total après la visualisation de la vidéo.

#### 5.1.3.2. Effet du Cursus Antérieur et de la Modalité sur le Moment de test

L'effet de l'interaction entre le facteur Cursus Antérieur et le Moment de Test étant significatif, les groupes Cursus Antérieur et Autre sont scindés en 2 et l'effet du Signalement est examiné. Une analyse de la variance ANOVA est donc réalisée avec le moment de Test en variable indépendante intra-sujet, le Cursus Antérieur et le Signalement en facteur inter-sujets pour voir si pris séparément chaque groupe MC et Autre montre selon la modalité un effet significatif sur le Moment de Test.

Chacun des sous-groupes Cursus Antérieur MC comporte 6 sujets. Chacun des sous-groupes Cursus Antérieur Autre comporte 7 sujets.

L'analyse des graphiques montre que les MC ont des pré-tests très, voire trop élevés pour qu'on puisse voir une réelle différence avec les post-tests (Figure 34), mais une tendance en faveur du Non-Signalement se dessine. Pour les Cursus Autre, il y a une tendance en faveur du Signalement (Figure 35).

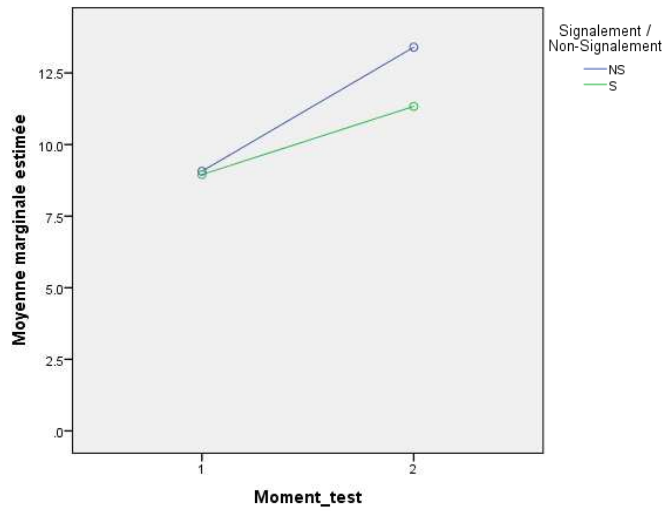


Figure 34. Moyenne du Moment de Test en fonction du Cursus Antérieur MC et du Signalement

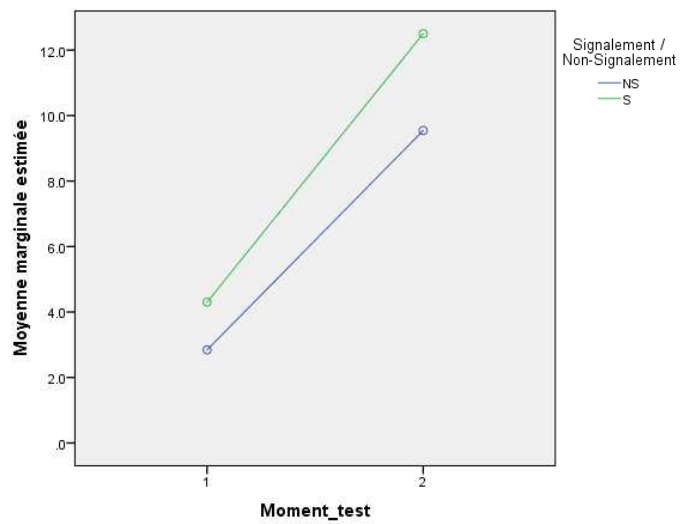


Figure 35. Moyenne du Moment de Test en fonction du Cursus Antérieur Autre et du Signalement

L'ANOVA ne peut être menée avec un nombre de participant par sous-groupe aussi faible.

## 5.2. Evaluation des Capacités Visuo-Spatiales des participants

### 5.2.1. Analyse descriptive

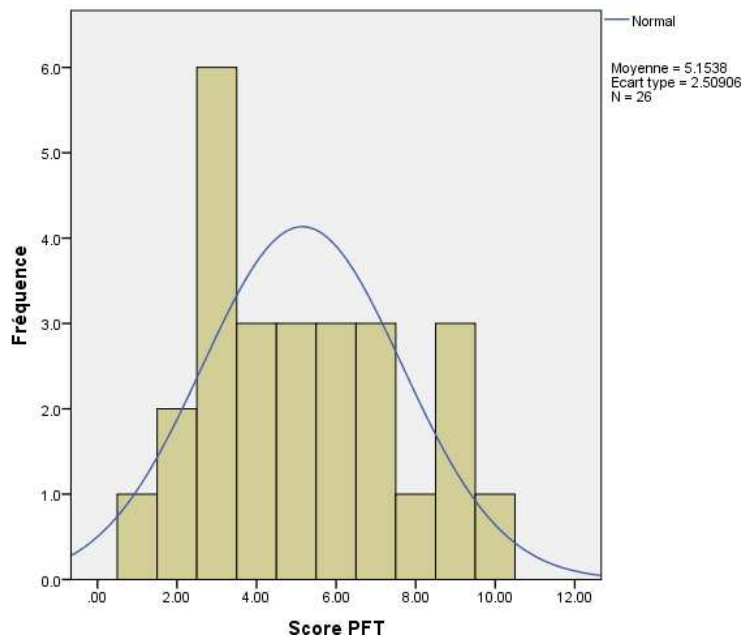


Figure 36. Moyennes du Score du PFT

La Figure 36 montre que la moyenne des scores des CVS mesurées par le test PFT est de 5.1538 sur 10 ce qui n'est pas très élevé. La distribution est normale avec une médiane à 5. L'écart-type de 2.50906, les scores sont assez dispersés, mais 6 sujets ont obtenu 3 sur 10.

### 5.2.2. Corrélation entre CVS et Performances

Une corrélation a été ensuite effectuée pour vérifier si un lien existait entre le score de CVS (PFT) et le score total de performances prétest et Posttest. Ceci a été effectué pour tout l'échantillon sans tenir compte de la modalité Signalement.

Le coefficient de corrélation  $r$  de Pearson a été calculé pour le score de performances Prétest et Posttest et sur le score des épreuves de dessin.

Il n'y a pas d'influence des CVS sur le score total des performances Prétest ( $r = -0.49, NS$ ), ni sur le score total Posttest ( $r = 0.176, NS$ ), ni sur les épreuves de dessin ( $r = 0.208, NS$ )

Contrairement à notre hypothèse n°3a, les CVS n'ont pas d'influence sur les performances du participant.

Comme le lien corrélationnel n'est pas établi, le groupe ne sera pas partagé à la médiane pour rechercher l'effet sur les performances d'un haut ou bas niveau de CVS. Ceci ne va pas dans le sens de nos hypothèses 3b et 4.



### 5.3. Evaluation de l'attractivité du dispositif

#### 5.3.1. Analyse descriptive

Le Tableau 4 montre les moyennes et écart-types du score total Attrakdiff2 et de ses sous-scores : Attractivité, Qualités pragmatiques, Qualités hédoniques (Identification et Stimulation).

Tableau 4. Moyennes et écart-types du score Attrakdiff2 et de ses sous-scores

	N	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart type
Score Qualité Pragmatique (score min -21, score max 21)	26	-7	16	6.19	6.093
Score Attractivité (score min -21, score max 21)	26	-4	20	10.35	5.600
Score Qualité Hédonique-Identification (score min -21, score max 21)	26	-3	15	6.46	4.393
Score Qualité Hédonique-Stimulation (score min -21, score max 21)	26	-9	14	3.15	6.253
Score total Attrakdiff2 (score min -84, score max 84)	26	-5	55	26.15	14.979
N valide (liste)	26				

La moyenne des points du score total se situant à 0, on constate que toutes les valeurs sont positives, donc supérieures à cette moyenne.

La distribution du score Attrakdiff2 se répartit comme suit :

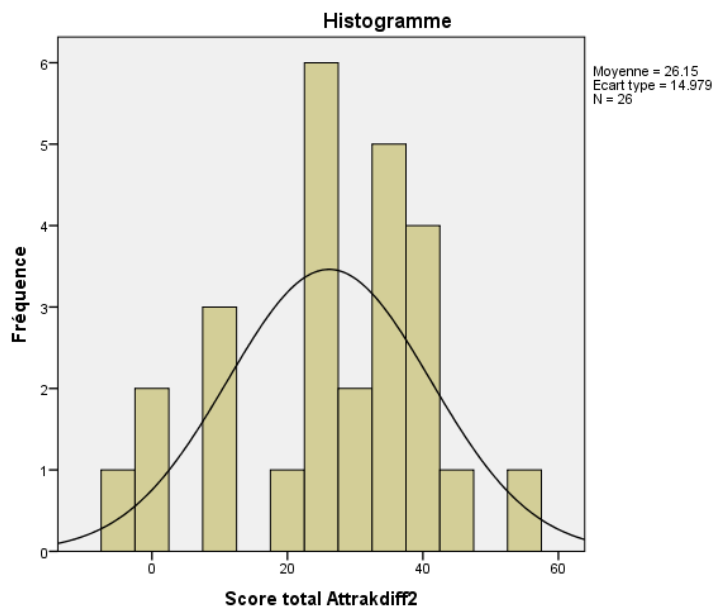
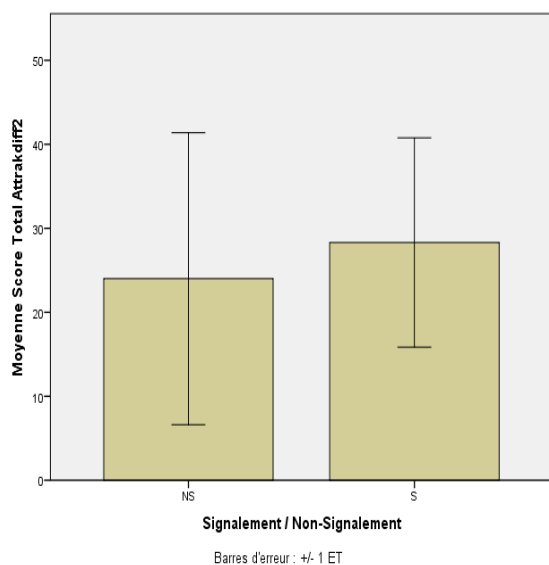


Figure 37. Moyenne du Score Total Attrakdiff2

Sur la Figure 37, on observe que la moyenne se situe à 26.15 sur 84 au total ce qui est relativement bas puisque cela correspond à environ un tiers du score total positif. L'écart-type est de 14.979 dénotant une grande dispersion des valeurs. On remarque que la distribution est presque « normale », la médiane est à 27.

### 5.3.2. Effet du facteur Signalement sur l'attractivité



Sur la Figure 38, on perçoit une tendance en faveur du groupe Signalement (S ;  $M=24$ ,  $SD=17.383$ ) par rapport au non-signalé (NS ;  $M=28.31$ ,  $SD=12.459$ ), mais l'effet du facteur Signalement est non-significatif :  $F(1,24) = 0.527$ , NS ( $F < 1$ )

Figure 38. Moyenne du Score Total Attrakdiff 2 en fonction du Signalement

Concernant les sous-scores de l'Attrakdiff2, les moyennes en modalité Signalement et Non-Signalement sont les suivantes (Tableau 5) :

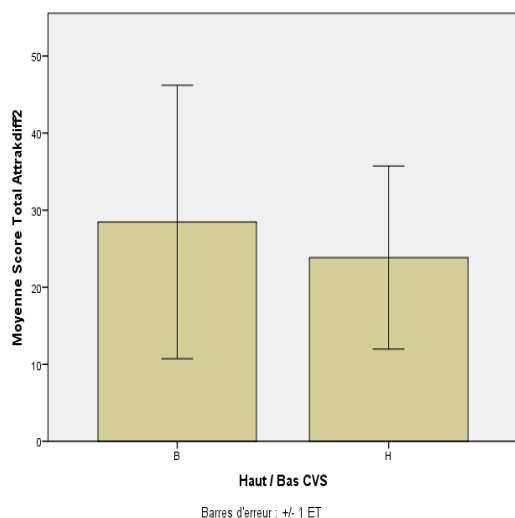
Tableau 5. Moyennes et écart-types des sous-scores de l'Attrakdiff2 en fonction du Signalement

	Non-Signalement			Signalement		
	n	Moyenne	Écart-type	n	Moyenne	Écart-type
Score Attractivité (12 points max, -12 points min)	13	9.62	6.801	13	11.08	4.232
Score Qualités pragmatiques (12 points max, -12 points min)	13	5.69	6.129	13	6.69	6.263
Score Qualités hédoniques - Identification (12 points max, -12 points min)	13	6.15	5.352	13	6.77	3.370
Score Qualités hédoniques - Stimulation (12 points max, -12 points min)	13	2.54	7.137	13	3.77	5.449

Concernant l'analyse de la variance ANOVA avec chacun des scores en variable dépendante, aucun résultat n'est significatif :  $F(1,24) < 1$ .

En conclusion, l'analyse descriptive et inférentielle du score Attrakdiff2 et de ses sous-scores avec le facteur Signalement ne va pas dans le sens de notre hypothèse n°5 qui était l'ajout de signaux visuels à une vidéo améliore l'attractivité du dispositif par rapport au groupe Non-Signalement.

### 5.3.3. Effet du facteur Capacités Visuo-Spatiales (CVS) sur l'attractivité



Sur la Figure 39, on observe que le groupe Bas CVS (test PFT) considère le matériel comme plus attractif ( $M=28.46$ ,  $ET=17.746$ ) que le groupe Haut CVS (test PFT) ( $M=23.85$ ,  $ET=11.873$ ), mais l'effet du facteur CVS est non-significatif :  $F(1,24) = 0.607$ , NS ( $F < 1$ ).

Figure 39. Moyenne du Score Total Attrakdiff2 en fonction des CVS

Concernant les sous-scores de l'Attrakdiff2, les moyennes en Haut PFT et Bas PFT sont les suivantes (Tableau 6) :

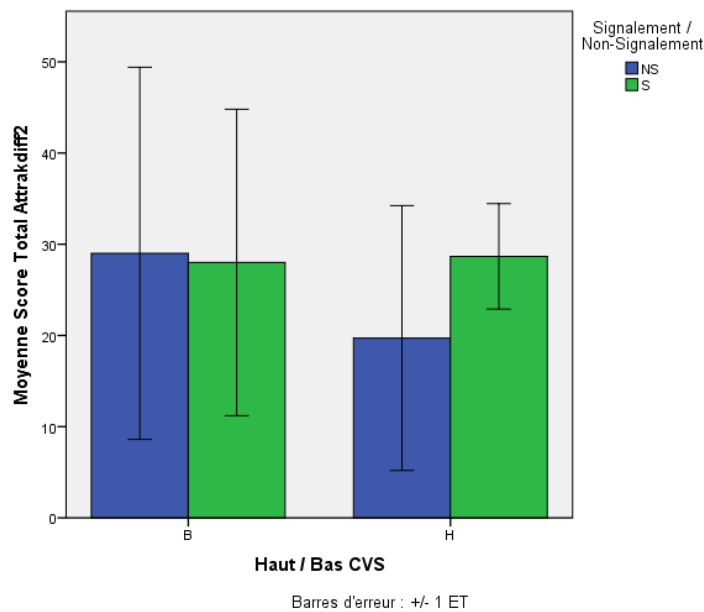
Tableau 6. Moyennes et écart-type des sous-scores de l'Attrakdiff2

	Haut / Bas PFT	N	Moyenne	Ecart type
Score Qualité Pragmatique	B	13	7.00	7.036
	H	13	5.38	5.140
	Total	26	6.19	6.093
Score Attractivité	B	13	11.46	5.547
	H	13	9.23	5.644
	Total	26	10.35	5.600
Score Qualité Hédonique-Identification	B	13	7.08	4.924
	H	13	5.85	3.891
	Total	26	6.46	4.393
Score Qualité Hédonique-Stimulation	B	13	2.92	5.965
	H	13	3.38	6.764
	Total	26	3.15	6.253

L'analyse de la variance ANOVA avec chacun des scores en variable dépendante ne montre aucun résultat statistiquement significatif :  $F(1,24) < 1$ .

En conclusion, l'analyse descriptive et inférentielle du score Attrakdiff2 et de ses sous-scores avec le facteur CVS ne va pas dans le sens de notre hypothèse n°6 : les sujets démontrant de bonnes CVS auront un score d'attractivité plus faible que les participants ayant de moins bonnes CVS.

### 5.3.4. Interaction des Facteurs CVS et Modalité sur l'attractivité



Sur la Figure 40, on observe qu'il y a très peu de différence pour les Bas CVS entre la modalité Non-Signalement ( $M=29.00$ ,  $ET=20.406$ ) et Signalement ( $M=28.00$ ,  $ET=16.803$ ), mais on observe une différence pour les Haut CVS en faveur de la modalité Signalement ( $M=28.67$ ,  $ET=5.785$ ) par rapport à la modalité Non-Signalement ( $M=19.71$ ,  $ET=14.523$ ).

Figure 40. Moyennes du Score Total Attrakdiff2 en fonction des CVS et du Signalement

Une analyse de la variance ANOVA a été réalisée avec le score total de l'échelle Attrakdiff2 en variable dépendante et les facteurs Signalement et CVS en variables indépendantes inter-sujets.

L'effet du Signalement sur le score Attrakdiff2 est non-significatif :  $F(1,22) < 1$ .

L'effet des CVS sur le score Attrakdiff2 est non-significatif :  $F(1,22) < 1$ .

L'effet de l'interaction des CVS et du Signalement sur le Score Attrakdiff2 est non-significatif :  $F(1,22) < 1$ .

En conclusion, l'analyse descriptive et inférentielle du score Attrakdiff2 avec les facteurs Signalement et CVS en interaction ne va pas dans le sens de notre hypothèse n°7 qui était : Il n'y aura pas de différence entre Signalement et Non-Signalement pour les participants avec de hautes CVS et un effet important pour les participants à bas CVS en faveur du groupe Non-Signalement.

## 5.4. Résultats complémentaires

### 5.4.1. Score dynamique/statique des performances et effet du Signalement

Les scores de performances pré-test et post-test concernant les signaux statiques et les signaux dynamiques ont été examinés, mais les résultats et distributions sont similaires aux autres scores de performances. La différence entre le pré-test et le post-test est non-significative, et l'ANOVA à mesures répétées réalisée avec le Signalement en variable indépendante inter-sujets, le Moment de Test en variable indépendante intra-sujets et les scores statique et dynamique en variable dépendante est non-significatif :  $F(1, 24) < 1$ .

## 6. Discussion

---

Pour rappel, le but de cette étude était d'examiner l'effet du signalement d'une vidéo portant sur l'analyse du mouvement de se lever sur les performances de l'apprenant et son expérience utilisateur ainsi que d'établir l'existence d'un lien entre les CVS et les performances. Un objectif supplémentaire était de contrôler si le cursus antérieur du participant avait un lien avec les performances.

Les hypothèses générales étaient les suivantes :

L'apprentissage sera positivement influencé par la visualisation d'une vidéo concernant la méthodologie d'analyse du mouvement « se lever », par l'ajout de signaux visuels à la vidéo ou par de hautes capacités visuo-spatiales.

Les signaux visuels permettront une meilleure compréhension et mémorisation de la matière pour les participants à faibles CVS. A l'inverse, les participants à hautes CVS seront positivement influencés si la vidéo ne comporte pas de signal visuel.

Le matériel sera plus apprécié des participants lorsque des signaux visuels sont ajoutés à la vidéo ou pour les participants possédant de faibles CVS.

Le matériel vidéo sera apprécié par les participants à hautes CVS qu'il comporte ou non des signaux. Cela ne sera pas le cas des participants à faibles CVS qui apprécieront plus le matériel sans signalement.

Dans la discussion qui suit, l'accent a été mis sur l'effet du Signalement qui était l'objectif principal de cette étude. Ensuite, suivra l'effet de l'usage d'une vidéo qui est le résultat significatif de cette étude, puis les relations entre CVS et Performances, Attractivité et Signalement. Cette discussion se terminera avec le matériel testé et le contexte étudié. Puis, les limites et perspectives futures seront exposées.

### 6.1. Effet du Signalement sur les performances

Notre hypothèse principale (hyp. 2) était que l'ajout de signaux visuels à une vidéo améliore les performances d'apprentissage d'analyse de mouvement par rapport au groupe Non-Signalement. Les résultats ne vont pas dans ce sens. Il est toutefois à noter que les résultats concernant les tests de performances sont tous cohérents quant à l'outil de mesure, c'est-à-dire que les tests créés pour cette étude semblent fiables.

Nous l'avons vu précédemment, l'apprenant doit extraire l'information pertinente de la visualisation dynamique pour construire un modèle mental de haute qualité du sujet (Lowe & Boucheix, 2008 cité par Boucheix et al., 2013). Le signalement peut aider lors de cette étape.

Van Gog (2015) précise que ces signaux agissent en ciblant l'attention de l'apprenant ou en mettant en avant des caractéristiques de l'organisation de la tâche, ce deuxième objectif n'a pas été

étudié dans ce travail.

Concernant le premier objectif, la question de la pertinence des éléments soulignés se pose. En effet, la localisation du signal visuel sur les articulations et points de repère corporels n'était peut-être pas judicieuse ou le type de signal utilisé inapproprié, ces deux éléments décrits par Van Gog (2015) étant primordiaux.

Premièrement, les éléments les plus pertinents sur lesquels cibler l'attention du participant ont pu échapper au concepteur du dispositif. Cela paraît peu probable car le concepteur connaît le domaine dans lequel il enseigne depuis plusieurs années cette méthodologie.

Ensuite, la nature du signal lui-même est peut-être en cause.

Par exemple, la couleur (jaune ou rouge sur fond noir pour les signaux statiques, turquoise ou rouge pour les éléments dynamiques) a pu être perçue comme peu contrastée par certains des participants (par exemple, les sujets présentant un daltonisme, facteur non-exploré dans l'étude). Le type de signal utilisé peut également être concerné : des points pour les éléments statiques, des zones ombrées pour les signaux dynamiques, étaient-ils les plus adaptés pour les éléments que l'on voulait cibler ? Les signaux dynamiques présentent l'angle de l'articulation écrit en chiffre et en degré ce qui peut présenter une accroche pour le regard et faire perdre l'enchaînement des images contribuant ainsi à renforcer *l'aspect transitoire* décrit dans les effets de l'animation (Tversky et al., 2002). Le défilement des images demande au sujet de stocker l'image dans sa mémoire de travail, le fait de lire l'angle l'oblige à stocker des images supplémentaires de la vidéo pendant qu'il lit les différents changements de cet angle. Ceci peut occasionner une surcharge dans la mémoire de travail et ralentir le processus de traitement donc d'apprentissage.

Le texte parlé qui cite l'endroit signalé produisant ainsi pour une même information une double modalité « son-image » peut également expliquer les résultats. En effet, les participants ayant affaire à la modalité Signalement expérimentaient un double travail pour traiter une même information alors que les participants du groupe Non-Signalement construisaient leur modèle mental uniquement à partir du commentaire oral. Cet *effet de redondance* décrit par Sweller et al. (1998) explique que ces doubles informations orales et visuelles surchargent la mémoire de travail de l'apprenant et le desservent plutôt qu'elles ne l'aident. En conclusion, le commentaire audio ne devrait servir qu'à mettre l'accent sur des aspects qui ne sont pas mis en lumière par les signaux. De plus, le signalement proposé, et donc le design de la vidéo était-il assez congruent avec le sujet étudié selon le principe décrit par Tversky et al. (2002, p.249 ; notre traduction) : « ...la structure et le contenu de la représentation externe devrait correspondre à la structure et au contenu désirés de la représentation interne... » ? Ici, le signal sur l'articulation produit peut-être une représentation très éloignée du sujet.

L'effet *top-down* décrit comme l'influence qu'ont les processus cognitifs permettant de comprendre à partir des connaissances et schémas mentaux préexistants, pourrait être diminué voir

absent chez les novices, car ces modèles ne sont pas encore construits. Les apprenants de cette étude sont tous débutants (même si certains ont une connaissance de l'anatomie) dans le domaine de l'analyse du mouvement ce que les résultats des pré-tests de performances ont également démontré. Est-ce que cela peut expliquer que notre population ait eu de la difficulté à lier ces nouvelles connaissances avec de faibles connaissances préalables pour induire le processus d'apprentissage, ceci malgré le signalement ?

Nos résultats correspondent partiellement à ceux de de Koning et al. (2009) qui étudient dans leur méta-analyse les effets du signalement incrusté dans des images statiques ou des visualisations dynamiques. Ils constatent que le signalement améliore parfois la Rétention des éléments du dispositif ou la résolution de problème mais que c'est beaucoup moins évident dans les visualisations dynamiques. En effet, sans avoir comparé avec un dispositif statique, nous pouvons constater que la vidéo se suffit à elle-même pour améliorer les performances de l'apprenant et que le fait de signaler ne change pas les résultats. Les auteurs invoquent le fait que trop d'éléments s'influencent les uns les autres dans les dispositifs pour en tirer une conclusion, comme c'est le cas de la vidéo testée dans ce dispositif : plusieurs sortes signaux, des commentaires oraux, des séquences ralenties... Nous y reviendrons dans le chapitre consacré au matériel.

Par contre, nos résultats sont cohérents avec ceux de Hegarty & Kriz (2008) et de Berney & Bétrancourt (2016) qui précisent que les signaux n'influencent pas de manière significative les effets positifs de l'apprentissage à partir d'une animation.

Enfin, notre objectif était aussi de tester un nouveau type de signaux dynamiques qui présentaient des caractéristiques similaires aux signaux à contraste dynamique décrit par Boucheix & Lowe (2010) et qui étaient efficaces pour attirer l'attention de l'apprenant et améliorer les performances. Les signaux dynamiques utilisés ici n'ont pas montré le même effet. Faut-il considérer que le signal dynamique concurrence les aspects dynamiques de la vidéo pour attirer l'attention de l'apprenant le conduisant à ne considérer que l'un ou l'autre ? Ici, on peut supposer qu'il aura favorisé la vidéo et mis de côté les signaux ce qui explique les résultats équivalents avec ou sans signal.

## 6.2. Effet de l'usage d'une vidéo sur les performances

Les résultats ont montré que la visualisation d'une vidéo comprenant ou non des signaux visuels améliore les performances d'apprentissage d'analyse de mouvement.

Cela correspond au *principe de Multimedia* décrit par Mayer (2001, 2008, 2009, & 2015) qui précise qu'on apprend de manière plus efficace si on allie des mots et des images qu'avec un texte seul. En effet, les apprenants ont bien amélioré leurs connaissances et compétences après la visualisation du matériel.

Cela va aussi dans le sens des résultats des études menées par Arguel et Jamet (2009) pour les-

quels une visualisation dynamique est plus à même d'aider l'apprenant à construire une représentation dynamique du contenu que des images statiques. Cela respecte également le principe de congruence décrit par Tversky et al. (2002). En d'autres termes, une vidéo a des caractéristiques dynamiques qui sont plus en ligne avec un contenu dynamique comme celui de cette expérience. Cet effet positif de la visualisation de la vidéo renforce également l'existence de l'« Animation Processing Model » (APM ; Lowe et Boucheix, 2008) qui permet d'expliquer les processus cognitifs en jeu dans les 5 étapes de traitement. En effet, le processus de décomposition en petites unités puis de reconstruction en plus grandes unités pour construire le modèle mental qui permet d'apprécier la dynamique du système semble ici prendre son sens.

Ayres et al. (2009) décrivent aussi que dans le cas d'un apprentissage moteur une vidéo est plus efficace, évoquant l'existence des neurones miroir qui sont stimulés dans ce cas. La possibilité d'une stimulation de ces mêmes neurones miroir dans le cas d'un apprentissage cognitif comprenant un mouvement comme c'est le cas dans l'apprentissage du mouvement avait été évoquée précédemment. Il semble que ce soit bien le cas. En d'autres termes, le fait de regarder un mouvement dans une vidéo stimulerait ces neurones miroir et permettrait de faciliter l'apprentissage même s'il est de nature cognitive.

Ceci va dans le sens des travaux menés par Tversky et al. (2002) pour lesquels une animation est plus efficace qu'une image statique pour démontrer un phénomène dynamique, et dans le sens de la méta-analyse de Berney & Bétrancourt (2016) qui montre un effet positif des animations sur les images statiques, mais qui identifie des modérateurs, comme, par exemple, le contrôle laissé à l'utilisateur qui conduit à un effet positif s'il est minimum ou le niveau des connaissances préalables.

Nos résultats permettent donc d'établir qu'une vidéo est un bon moyen pour améliorer l'apprentissage cognitif d'une méthodologie impliquant un mouvement humain. Cet apprentissage incluant de regarder des segments corporels en mouvement est facilité par la stimulation des neurones miroir. De même, cela permet de conforter le Modèle cognitif APM pour expliquer comment on apprend à partir d'une vidéo.

### 6.3. Relation entre Capacités Visuo-Spatiales(CVS) et Performances

Les résultats ont démontré qu'il n'existe pas de corrélation entre les CVS et les performances.

Ceci ne va pas dans le sens de l'étude menée par Hays (1996, cité par Höffler, 2010) qui postule qu'une interaction existe entre les CVS et les performances dans le sens d'un *effet compensatoire* des animations lorsque l'apprenant possède de faibles CVS.

Nos résultats ne vont pas non plus dans le sens des travaux de Höffler (2010) qui montrent qu'une haute CVS aide l'apprenant lorsqu'il apprend d'une animation par un *effet activateur* et donc qu'une interaction existe entre CVS et Performances.

L'absence de liens peut s'expliquer à différents niveaux :



Le choix du test : est-ce que le PFT était le test le plus approprié ? C'est un test statique de visualisation incluant manipulation, rotation, inversion d'objets dans l'espace. Est-ce que la visualisation spatiale est le bon sous-facteur des capacités spatiales décrit par Ekstrom et al. (1976) pour évaluer notre dispositif ? Berney et al. (2015) utilise un test des relations spatiales pour évaluer les capacités visuo-spatiales dans un contexte d'apprentissage de l'anatomie. La relation spatiale comporte également des rotations d'objets bidimensionnels dans un temps limité en plus des opérations de manipulations et inversions contenues dans le test PFT. Notre vidéo comporte des mouvements dans l'espace et peut s'apparenter à un dispositif 2D puisque l'apprenant ne s'occupe que d'un plan à la fois.

D'autre part, le récent mémoire de Rollier (2016) a démontré qu'une distinction pouvait être faite entre tests statiques et dynamiques concernant les CVS. Dans notre contexte dynamique, la question se pose d'utiliser plutôt un test intégrant des aspects mobiles.

Le lien entre les CVS et notre dispositif semblait assez solide, mais peut-être que les habiletés nécessaires à l'observation du mouvement relèvent plus de la perception du mouvement que de la visualisation spatiale. On demande à l'apprenant d'avoir conscience de ce qui se passe dans son champ visuel plutôt que de manipuler l'objet dans l'espace pour le retourner ou l'inverser. Il vaudrait mieux alors explorer les aspects perceptifs en passant par des tests issus des théories de la cognition visuelle (Cavanagh, 2011) qui explore la méthode par laquelle les informations visuelles sont acquises et traitées.

Concernant le test PFT, un problème technique au niveau du dispositif de récolte des réponses en ligne nous a obligé à ne considérer que la première partie du test, c'est-à-dire les dix premières questions. Cela a certainement modifié les résultats pour une partie des participants induisant, pour ceux qui avaient besoin d'un peu de temps pour bien comprendre la tâche, de moins bons résultats que n'aurait pu le faire le test complet avec un score total sur 20 questions.

Enfin, dans l'ordre de passation des tests, ce test était le dernier d'une session qui durait 50 minutes. Les participants ont pu ressentir une lassitude ou une certaine fatigue sur la fin de la passation

#### 6.4. Relations entre l'attractivité et le Signalement

Nos résultats ne permettent pas de conclure à une meilleure attractivité du dispositif si la vidéo est signalée.

Cela peut provenir d'une non-adéquation du test Attrakdiff2 pour tester notre dispositif. En effet, ce questionnaire est habituellement destiné à l'évaluation des dispositifs interactifs, en particulier des sites Web. Notre dispositif proposait une passation protocolée que le participant devait suivre et la seule interactivité avec le dispositif avait lieu lors de la visualisation des vidéos avec le contrôle play-pause ce qui représente seulement un tiers du temps total de passation. D'autre part, l'Attrakdiff2 propose une évaluation des aspects pragmatiques et hédoniques en mettant l'accent

sur les aspects hédoniques (questions en lien avec cet item deux fois plus nombreuses que celles destinées à l'aspect pragmatique). De l'avis des participants (propos recueillis à chaud à la fin de la passation), les tâches à résoudre étaient difficiles. Ils ont pu être déroutés par le nombre plus élevé de questions portant sur la beauté du dispositif plutôt que sur sa praticité. De plus, il était mentionné que seule la dernière vidéo était à évaluer avec cette échelle mais quelques participants m'ont quand même posé la question de savoir au sujet de quelle partie du dispositif ils devaient répondre à ce questionnaire. Certains participants ont donc pu répondre en évaluant l'entièreté de la passation.

Ceci conduit à se poser la question d'utiliser plutôt une échelle d'usabilité qui ne comporte que des aspects « pratiques » et renoncer à l'aspect hédonique. Cependant, le Signalement aurait dû influencer les résultats pour les critères hédoniques, car les participants ont clairement préféré la modalité Signalement (dans leur commentaire informel après la passation, certains m'ont confié que c'était « sympa »). Est-ce que les composantes hédoniques qui sont en rapport avec le plaisir procuré par le dispositif et la satisfaction de besoins humains étaient bien adaptées à notre dispositif ? En effet, les participants avaient été sollicités, mais n'avaient pas manifesté de besoins quant à cet apprentissage puisqu'en avance sur leur cursus pour les uns et en-dehors de leur champ de compétences pour les autres, il a probablement été difficile pour eux d'y trouver beaucoup de plaisir.

Enfin, la place occupée par ce test au sein de la passation (juste après les tests de performances) faisait que les participants avaient dû énormément se concentrer et étaient en phase de décompression. Ils répondaient ainsi rapidement sans trop se poser de questions.

## 6.5. Le matériel de test et la méthodologie

Le matériel testé durait 5 minutes que l'étudiant a pu regarder pendant 10 minutes. Il était précédé par une autre vidéo qui lui donnait les prérequis pour visionner le matériel de test. Les contenus de la première vidéo devaient être intégrés pour saisir l'entièreté du dispositif testé. Il était certainement difficile de mémoriser et d'intégrer des contenus pour pouvoir les utiliser directement pour comprendre le dispositif testé.

Le temps de visualisation des vidéos n'a pas été mesuré chez les participants. Certains participants ont pu ainsi visionner la vidéo 1 pendant un temps compris entre environ 4 et 8 minutes et la vidéo 2 entre 5 et 10 minutes. Cela a pu créer un biais et interférer avec les résultats. Il aurait fallu passer d'office les vidéos deux fois de suite sans laisser du tout le contrôle au participant pour contrôler cette variable.

La vidéo testée comportait, en plus des images statiques ou des séquences filmées signalées ou non en fonction de la modalité, des images statiques et des séquences de vidéo sans signal, des commentaires oraux, des plans fixes avec du texte. La variété des contenus de la vidéo a pu interférer avec les images signalées et biaiser les résultats.

De même, le découpage temporel : séquences ralenties, longueur des séquences a pu être peu adapté. Le ton de la voix (assez monocorde) a pu avoir de l'influence sur l'attention de l'apprenant. Néanmoins, comme tous ces aspects étaient identiques dans les deux modalités, les résultats concernant l'usage d'une vidéo auraient été différents si ces paramètres avaient réellement été importants.

## 6.6. Selon la population étudiée

Deux populations distinctes ont participé à cette étude, les résultats ont montré que le Coursus Antérieur avait une importance significative sur les résultats. Ces derniers montrent que les étudiants des Modules Complémentaires ont significativement de meilleures performances que ceux des autres cursus, mais la trop petite taille de l'échantillon n'a pas permis d'établir une significativité même si les graphiques montrent, pour les MC, une tendance en faveur du Non-Signalement et, pour les Coursus Autre, du Signalement.

En l'absence de connaissance préalable réelle de l'analyse du mouvement par observation, on aurait pu penser qu'il n'y aurait pas de différence. Les raisons sont diverses :

Le groupe des MC connaissant l'anatomie a pu faire référence à des schémas mentaux déjà établis pour construire sa représentation de la méthodologie à appliquer.

Ce groupe était également le plus impliqué car les procédures de régulation pour la Filière Physiothérapie étaient en cours dans leur formation et parce qu'ils avaient un intérêt pour le sujet puisqu'ils étaient inscrits pour passer les examens d'entrée dans la Filière Physiothérapie.

Néanmoins, le petit nombre de participants ne permet pas vraiment la significativité du résultat. Enfin, le dernier aspect de cette discussion concerne le but de cette vidéo. À la création, l'objectif était de faciliter l'apprentissage des étudiants alors que le but poursuivi ici était un peu différent : tester les effets d'une vidéo signalée ou non sur les performances de l'étudiant, peut-être que le matériel était trop orienté « pédagogie » pour permettre d'évaluer réellement le Signalement.

Néanmoins, il a été démontré que c'était un matériel efficace quant à l'apprentissage en dehors du Signalement, donc c'est déjà un bel apport pour le terrain.

## 6.7. Limites et perspectives

La première limite concerne le petit nombre de participants permettant tout juste de tirer des conclusions significatives quant au Signalement et à l'usage d'une vidéo mais n'autorisant pas de considérer les résultats comme significatifs pour l'effet du Coursus Antérieur et du Signalement. En effet, le besoin de recourir à un second groupe de participants a créé des sous-groupes trop petits pour que les résultats soient significatifs. Cependant, cela a été bénéfique car on a pu établir un effet du Coursus Antérieur.

Le terrain étudié constituait également une limite car le nombre d'étudiants à considérer était limité (et il fallait qu'ils soient motivés). De même que le moment d'expérimentation qui obligeait à ne considérer qu'une partie de volée des Modules Complémentaires séparés en 3 (environ 40

étudiants).

Des biais méthodologiques sont apparus dans le déroulement de cette étude.

Au niveau de l'échantillon, comme décrit plus haut, deux groupes bien distincts ont été recrutés. De plus, quelques sujets du groupe des étudiants non-MC (cursus Autre) possédaient tout de même de très bonnes connaissances du domaine anatomique, car ils étaient assistants dans une école de Santé.

Au niveau des mesures, les résultats du PFT considèrent seulement la moitié des questions. De futurs travaux avec un groupe plus grand et homogène pourraient donner l'occasion de considérer l'entièreté du score.

Nous avons pris le parti de considérer les vidéos comme des animations car elles correspondaient aux définitions formulées par Bétrancourt & Tversky (2000) et Schnotz & Lowe (2008). Les vidéos font partie des visualisations dynamiques comme les animations mais peut-être que leurs caractéristiques sont plus éloignées de celles des animations que nous ne l'avions imaginé et il serait donc inopportun d'utiliser certaines sources concernant les animations dans le contexte des vidéos.

Enfin, la longueur de la passation et la diversité des plans de la vidéo ont pu occasionner des différences de perception d'apprentissage chez les apprenants. Une future étude veillera à raccourcir le temps de passation, à supprimer tout contrôle laissé au participant et à ne considérer qu'un aspect à évaluer, par exemple, les signaux dynamiques pour les articulations du membre inférieur dans un plan seulement, quitte à mettre les aspects pédagogiques plus en retrait.

Au vu des performances des apprenants de tous niveaux, de nouvelles perspectives concernant les enseignements s'ouvrent. En effet, l'efficacité de l'apprentissage multimédia permet d'envisager de renforcer les cours en présentiel par de nouvelles vidéos incluses dans des dispositifs à distance pour encourager le travail personnel. Celles-ci permettront de travailler les aspects théoriques, dégageant ainsi du temps pour la pratique (enseignement gestuel). Mais les enseignements pratiques profiteront également de ces outils car on a vu qu'un apprentissage moteur est amélioré si le sujet peut observer et copier ce qu'il voit (théorie des neurones miroir), même si cela n'a pas fait partie de notre expérimentation. Les cours présentiels pourraient aussi être remplacés par des cours à distance, utilisant les vidéos comme podcasts et être ensuite évalués par du matériel de mesure des performances semblable à celui qui a été créé pour cette étude. Il a montré son efficacité et pourrait aussi être réutilisé pour de futures recherches sur le sujet.

Sur le plan de futurs travaux, cette étude permet d'envisager d'évaluer l'effet du Signalement dans les vidéos sur un groupe plus homogène et de taille légèrement supérieure afin d'avoir des résultats significatifs. La question des connaissances préalables de l'apprenant reste un sujet à investiguer car elles ont montré un effet plutôt positif sur les résultats, même si non-significatif, probablement en lien avec la taille de l'échantillon.

Concernant les capacités visuo-spatiales, il serait intéressant d'évaluer le possible lien avec les capacités visuo-spatiales dynamiques ou, dans un premier temps, d'utiliser l'entièreté du PFT. Enfin, concernant l'attractivité, il serait intéressant d'explorer le lien avec un matériel plus court, bien ciblé et plus interactif.

## 7. Conclusion

---

L'objectif de ce mémoire était d'examiner l'effet de signaux visuels, incrustés dans les images d'une vidéo expliquant l'analyse du mouvement de se lever d'un siège, sur les performances de l'apprenant et son expérience utilisateur. L'existence d'un lien entre les CVS et les performances a aussi été exploré.

L'étude s'est déroulée dans le contexte des Modules Complémentaires (MC) de la Haute Ecole de Santé de Genève avec les étudiants préparant l'examen d'entrée à la Filière Physiothérapie. Vingt-six sujets ont participé à l'étude. Les étudiants des MC étant trop peu nombreux, des étudiants de niveau Master hors domaine de la Santé ont également été recrutés totalisant ainsi 12 sujets des MC et 14 sujets de non-MC.

Nous voulions vérifier si la visualisation d'une vidéo améliorerait les performances d'apprentissage d'analyse de mouvement et si l'ajout de signaux visuels à cette vidéo améliorerait ces performances par rapport au groupe sans signal visuel. Nous voulions également explorer l'existence d'un lien entre les CVS et les performances d'apprentissage et examiner l'effet d'ajouter des signaux visuels à une vidéo sur l'attractivité du dispositif.

Une vidéo concernant la méthodologie d'analyse du mouvement a donc été créée en deux modalités Signalement et Non-Signalement. Nous avons mesuré les performances à l'aide d'un test comportant des épreuves de Rétention et de Transfert avant et après l'expérience, des épreuves de dessin après expérience sont venues compléter les tests de performances. Les CVS ont été mesurées à l'aide du test Paper Folding Test (PFT) et l'attractivité du dispositif a été évaluée par l'échelle Attrakdiff2. Au préalable, le participant devait visionner une première vidéo dont les contenus étaient nécessaires pour appréhender le matériel d'expérimentation.

Nos résultats ont montré qu'une vidéo permet d'améliorer significativement les performances d'apprentissage d'analyse du mouvement. Par contre, ils n'ont pas montré une amélioration si on ajoute des signaux visuels à cette vidéo. Aucun lien corrélationnel n'a pu être établi entre CVS et performances. De même, l'ajout de signaux n'améliore pas l'attractivité.

Par contre, nos résultats ont montré que le cursus de formation préalable du participant a une influence sur les performances. En effet, les participants venant des Modules Complémentaires ont mieux performé que ceux des cursus non-MC. Mais le groupe était trop petit pour que le résultat soit considéré comme significatif.

En ce qui concerne le terrain, notre recherche permet d'envisager une intégration de visualisations dynamiques de ce type dans des dispositifs à distance pour renforcer les enseignements pré-sentiels mais aussi pour remplacer certains contenus donnés jusqu'alors en présentiel. Concernant l'évaluation, le test de performances a montré qu'il était fiable donc il pourra servir dans les dispositifs de façon formative ou sommative.

L'effet du Signalement n'ayant pas été démontré, de futures recherches avec un groupe plus homogène, des participants possédant des connaissances préalables d'anatomie et en plus grand nombre devraient être menées.

## Références bibliographiques

---

- Arguel, A., & Jamet, E. (2009). Using video and static pictures to improve learning of procedural contents. *Computers in Human Behavior*, 25(2), 354–359. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2008.12.014>
- Ayres, P., & Paas, F. (2007). Making instructional animations more effective: A cognitive load approach. *Applied Cognitive Psychology*, 21, 695–700.
- Ayres, P., Marcus, N., Chan, C., & Qian, N. (2009). Learning hand manipulative tasks: When instructional animations are superior to equivalent static representations. *Computers in Human Behavior*, 25, 348e353. <https://dx.doi.org/10.1016/j.chb.2008.12.013>
- Baddeley, A. D. (1989). *Working memory*. Oxford: Clarendon Press.
- Baddeley, A. D. (1999). *Human memory: Theory and practice*. Boston: Allyn and Bacon.
- Berney, S., Bétrancourt, M., Molinari, G., & Hoyek, N. (2015). How spatial abilities and dynamic visualizations interplay when learning functional anatomy with 3D anatomical models: Interplay of Spatial Ability and Dynamic Visualization. *Anatomical Sciences Education*, 8(5), 452-462. <https://doi.org/10.1002/ase.1524>
- Berney, S., & Bétrancourt, M. (2016). Does animation enhance learning? A meta-analysis. *Computers & Education*, 101, 150–167. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2016.06.005>
- Bétrancourt, M. & Tversky, B. (2000). Effect of Computer Animation on Users' performance : A Review. *Le Travail Humain*, 63(4), 311-329. <http://www.jstor.org/stable/40660267>
- Blake, R., & Shiffrar, M. (2007). Perception of Human Motion. *Annual Review of Psychology*, 58(1), 47-73. <https://doi.org/10.1146/annurev.psych.57.102904.190152>
- Boucheix, J.-M., & Forestier, C. (2017). Reducing the transience effect of animations does not (always) lead to better performance in children learning a complex hand procedure. *Computers in Human Behavior*, 69, 358–370. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2016.12.029>
- Boucheix, J. M., & Lowe, R. K. (2010). An eye tracking comparison of external pointing cues and internal continuous cues in learning with complex animations. *Learning and Instruction*, 20(2), 123–135. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2009.02.015>
- Boucheix, J.-M., Lowe, R. K., Putri, D. K., & Groff, J. (2013). Cueing animations: Dynamic signaling aids information extraction and comprehension. *Learning and Instruction*, 25, 71-84. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2012.11.005>
- Bourgeois, E. (1998). Apprentissage, motivation et engagement en formation. *Éducation permanente*, 136(3), 101–109.
- Cavanagh, P. (2011). Visual cognition. *Vision Research*, 51, 1538-1551. <https://doi.org/10.1016/j.visres.2011.01.015>
- Cazin, M., & Morel, J. *Cinématique*. Encyclopædia Universalis [en ligne], consulté le 16 août 2017. URL : <http://www.universalis.fr/encyclopedie/cinematique/>



- Cazin, M., & Morel, J. *Cinétique*. Encyclopædia Universalis [en ligne], consulté le 16 août 2017. URL : <http://www.universalis.fr/encyclopedie/cinematique/>
- De Koning, B. B., Tabbers, H. K., Rikers, R. M. J. P., & Paas, F. (2009). Towards a Framework for Attention Cueing in Instructional Animations: Guidelines for Research and Design. *Educational Psychology Review*, 21(2), 113–140. <https://doi.org/10.1007/s10648-009-9098-7>
- De Koning, B. B., Tabbers, H. K., Rikers, R. M. J. P., & Paas, F. (2010). Attention guidance in learning from a complex animation: Seeing is understanding? *Learning and Instruction*, 20(2), 111-122. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2009.02.010>
- Di Pellegrino, G., Fadiga, L., Fogassi, L., Gallese, V., & Rizzolatti, G. (1992). Understanding motor events: A neurophysiological study. *Experimental Brain Research*, 91, 176–180. <https://doi.org/10.1007/BF00230027>
- Ekstrom, R. B., French, J. W., Harman, H. H., & Dermen, D. (1976). *Manual for kit of factor-referenced cognitive tests*. Princeton, NJ: Educational Testing Service.
- Ginns, P. (2005). Meta-analysis of the modality effect. *Learning and Instruction*, 15(4), 313-331. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2005.07.001>
- Grimshaw, P., Burden, A., Pradel, S., & Cretual, A. (2010). *Biomécanique du sport et de l'exercice*. Bruxelles: De Boeck.
- Guilford, J. P., & Zimmerman, W. S. (1948). The Guilford–Zimmerman aptitude survey. *Journal of Applied Psychology*, 32, 24–34.
- Hays, T. A. (1996). Spatial abilities and the effects of computer animation on short-term and long-term comprehension. *Journal of Educational Computing Research*, 14, 139–155.
- Haute Ecole de Santé. (2016). *Formation de base. Modules complémentaires*. Consulté à : <https://www.hesge.ch/heds/formation-base/modules-complementaires-sante> (dernier accès le 10 janvier 2017)
- Hegarty, M., & Kozhevnikov, M. (1999). Spatial abilities, working memory and mechanical reasoning. In J. Gero & B. Tversky (Eds.), *Visual and spatial reasoning in design* (pp. 221–241). Sydney, Australia: University of Sydney.
- Hegarty, M., Kriz, S., & Cate, C. (2003). The Roles of Mental Animations and External Animations in Understanding Mechanical Systems. *Cognition and Instruction*, 21(4), 325-360. [https://doi.org/10.1207/s1532690xci2104\\_1](https://doi.org/10.1207/s1532690xci2104_1)
- Hegarty, M., & Kriz, S. (2008). Effects of knowledge and spatial ability on learning from animation. In R. Lowe & W. Schnotz (Eds.), *Learning with animation: Research implications for design* (pp. 3–29).
- Höffler, T. N. (2010). Spatial ability: Its influence on learning with visualizations—a meta-analytic review. *Educational Psychology Review*, 22(3), 245–269. <https://doi.org/10.1007/s10648-010-9126-7>
- Höffler, T. N., & Leutner, D. (2007). Instructional animation versus static pictures: A meta-analysis. *Learning and Instruction*, 17(6), 722–738. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2007.09.013>

- Höffler, T. N., & Leutner, D. (2011). The role of spatial ability in learning from instructional animations - Evidence for an ability-as-compensator hypothesis. *Computers in Human Behavior*, 27, 209–216. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2010.07.042>
- Huk, T. (2006). Who benefits from learning with 3D models? The case of spatial ability. *Journal of computer assisted learning*, 22(6), 392–404.
- Jamet, E., Gavota, M., & Quaireau, C. (2008). Attention guiding in multimedia learning. *Learning and Instruction*, 18(2), 135–145. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2007.01.011>
- Kriz, S., & Hegarty, M. (2007). Top-down and bottom-up influences on learning from animations. *International Journal of Human-Computer Studies*, 65(11), 911-930. <https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2007.06.005>
- Lallemand, C., Koenig, V., Gronier, G., & Martin, R. (2015). Création et validation d'une version française du questionnaire AttrakDiff pour l'évaluation de l'expérience utilisateur des systèmes interactifs. *Revue Européenne de Psychologie Appliquée/European Review of Applied Psychology*, 65(5), 239–252. <https://doi.org/10.1016/j.erap.2015.08.002>
- Lee, H. (2007). Instructional design of web-based simulations for learners with different levels of spatial ability. *Instructional Science*, 35, 467–479.
- Lowe, R. K. (2003). Animation and learning: selective processing of information in dynamic graphics. *Learning and Instruction*, 13(2), 157–176. [https://doi.org/10.1016/S0959-4752\(02\)00018-X](https://doi.org/10.1016/S0959-4752(02)00018-X)
- Lowe, R. K., & Boucheix, J. M. (2016). Principled animation design improves comprehension of complex dynamics. *Learning and Instruction*, 45, 72–84. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2016.06.005>
- Mautone, P. D., & Mayer, R. E. (2001). Signaling as a Cognitive Guide in Multimedia Learning. *Journal of Educational Psychology*, 93(2), 377–389. <https://doi.org/10.1037//0022-0663.93.2.377>
- Mayer, R. E. (2001). *Multimedia Learning*. New York, Cambridge University Press.
- Mayer, R. E. (2008). Applying the science of learning: Evidence-based principles for the design of multimedia instruction. *American Psychologist*, 63(8), 760.
- Mayer, R. E. (2009). *Multimedia Learning* (2nd ed.). New York, Cambridge University Press.
- Mayer, R. E. (2015). Cognitive theory of Multimedia Learning. In R.E. Mayer (Dir.), *The Cambridge handbook of multimedia learning* (pp. 43-71). New York, Cambridge University Press.
- Mayer, R. E., & Estrella, G. (2014). Benefits of emotional design in multimedia instruction. *Learning and Instruction*, 33, 12-18. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2014.02.004>
- Mayer, R. E., & Moreno, R. (1998). A split-attention effect in multimedia learning: Evidence for dual processing systems in working memory. *Journal of educational psychology*, 90(2), 312.
- Mayer, R. E., & Moreno, R. (2002). Animation as an Aid to Multimedia Learning. *Educational Psychology Review*, 14(1), 87-99. <https://doi.org/10.1023/A:1013184611077>

- Moreno, R. (2007). Optimising learning from animations by minimising cognitive load: cognitive and affective consequences of signalling and segmentation methods. *Applied Cognitive Psychology*, 21(6), 765-781. <https://doi.org/10.1002/acp.1348>
- Miyake, A., Friedman, N. P., Rettinger, D. A., Shah, P., & Hegarty, M. (2001). How are visuospatial working memory, executive functioning, and spatial abilities related? A latent-variable analysis. *Journal of Experimental Psychology*, 130, 621-640.
- Narayanan, N., H. & Hegarty, M. (2002). Multimedia design for communication of dynamic information. *International Journal of Human-Computer Studies*, 57(4), 279-315. <https://doi.org/10.1006/ijhc.2002.1019>
- Norman, D., Miller, J., & Henderson, A. (1995). What you see, some of what's in the future, and how we go about doing it: HI at apple computer. In Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems New York, NY: ACM.
- Paivio, A. (1986). *Mental representations: a dual coding approach*. Oxford, England: Oxford University Press.
- Plack, M. M., & Driscoll, M. A. (2011). *Teaching and learning in physical therapy: From classroom to clinic*. Thorofare, NJ: Slack.
- Ploetzner, R., & Lowe, R. (2012). *A systematic characterisation of expository animations*. *Computers in Human Behavior*, 28(3), 781-794. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2011.12.001>
- Rollier, A. (2016). *CVS statiques et traitement des unités dynamiques*. (Mémoire de Master. Master of Science in Learning and Teaching Technologies, TECFA, Faculté de Psychologie et de Sciences de l'Education, Université de Genève). Accès : <http://tecfa.unige.ch/tecfa/maltt/memoire/Rollier2016.pdf>
- Schnotz, W. (2015). An Integrated Model of Text and Picture Comprehension. In R.E. Mayer (Dir.), *The Cambridge handbook of multimedia learning* (pp. 72-103). New York, Cambridge University Press.
- Schnotz, W. & Lowe, R. (2008). Chapter 14 : A Unified View of Learning from Animated and Static Graphics. In Lowe, R., & Schnotz, W. (Dir.) *Learning with animation: Research implications for design*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Steinke, M., Huk, T., & Floto, C. (2003). Helping Teachers Developing Computer Animations for Improving Learning in Science Education (p. 3022-3025). Présenté à Society for Information Technology & Teacher Education International Conference, Association for the Advancement of Computing in Education (AACE). Consulté à l'adresse <https://www.learn-techlib.org/p/18622/>
- Suppé, B., & Spirgi-Gantert, I. (2007). *FBL Klein-Vogelbach functional kinetics: Die Grundlagen : Bewegungsanalyse, Untersuchung, Behandlung*. (6è éd., pp. 1-53) Heidelberg: Springer.
- Suppé, B. / FBL Functional Kinetics Klein-Vogelbach. (2017). Barbara Suppe Observation movement and postural statics. Accès : [http://www.fbl-klein-vogelbach.org/fileadmin/fbl/documents/de/Barbara\\_Suppe\\_observation\\_movement\\_and\\_postural\\_statics.pdf](http://www.fbl-klein-vogelbach.org/fileadmin/fbl/documents/de/Barbara_Suppe_observation_movement_and_postural_statics.pdf)
- Sweller, J. (1988). Cognitive load during problem-solving: Effects on learning. *Cognitive Science*, 12, 257- 285.

Sweller, J., Van Merriënboer, J. J. G., & Paas, F. (1998). Cognitive architecture and instructional design. *Educational Psychology Review*, 10, 251–295. <https://doi.org/10.1023/A:1022193728205>

Sweller, J., Ayres, P. L., & Kalyuga, S. (2011). *Cognitive load theory*. New York: Springer.

Tabbers, H. K., Martens, R. L., & van Merriënboer, J. J. G. (2004). Multimedia instructions and cognitive load theory: effects of modality and cueing. *The British Journal of Educational Psychology*, 74(Pt 1), 71–81. <https://doi.org/10.1348/000709904322848824>

Thornton, I. M., Pinto, J., & Shiffrar, M. (1998). The visual perception of human locomotion. *Cognitive Neuropsychology*, 15(6-8), 535–552.

Tversky, B., Morrison, J.-B., & Bétrancourt, M. (2002). Animation: can it facilitate? *International Journal of Human Computer Studies*, 57, 247-262.

Van Gog, T., Paas, F., Marcus, N., Ayres, P., & Sweller, J. (2009). The Mirror Neuron System and Observational Learning: Implications for the Effectiveness of Dynamic Visualizations. *Educational Psychology Review*, 21(1), 21-30. <https://doi.org/10.1007/s10648-008-9094-3>

Van Gog, T. (2015). The signaling(or cueing) principle in multimedia learning. In R.Mayer (Dir.), *The Cambridge handbook of multimedia learning* (pp. 263–278). New York, Cambridge University Press.

## Sites Web

Haute Ecole de Santé. (2017). *Modules Complémentaires*. Accès : <https://www.hesge.ch/heds/formation-base/modules-complementaires-sante>

### 1. Formulaire de consentement

<b>RECHERCHE</b> <b>L'usage de "cues" visuels dans une animation améliore la perception de l'utilisateur et ses performances dans l'apprentissage de l'analyse du mouvement humain</b>	
Responsable(s) du projet de recherche :	Mireille Bétrancourt, professeure ordinaire, Unige, mireille.betrancourt@unige.ch Anne-Sophie Desarzens étudiante Maltt, TECFA, Unige, anne-sophie.desarzens@etu.unige.ch

*(Dans ce texte, le masculin est utilisé au sens générique ; il comprend aussi bien les femmes que les hommes.)*

#### **INFORMATION AUX PARTICIPANTS ET CONSENTEMENT DE PARTICIPATION**

##### **Information aux participants**

Merci d'avoir accepté de participer à cette étude menée dans le cadre d'un mémoire de fin d'étude pour l'obtention du Master MALTT (technologies de l'apprentissage et de la formation).

Cette étude a pour but de vérifier si l'ajout de signaux visuels sur une vidéographie aide l'apprentissage. Les tests se déroulent à l'ordinateur.

La participation se fait de manière volontaire, bénévole et ne présente aucun risque ou inconvénient pour le participant.

##### **Déroulement de l'expérience**

Votre participation sera requise pour une rencontre d'environ 45 minutes.

Vous aurez à répondre à plusieurs tests qui vous seront présentés sous forme de tâches à effectuer sur un ordinateur et sur papier.

Dans un premier temps, vous devrez répondre à distance à un questionnaire de connaissances et un test d'habiletés. Dans un deuxième temps (en présentiel), vous regarderez une première animation et répondrez à quelques questions, puis vous visionnerez une seconde animation et répondrez à un questionnaire de connaissances et de ressenti de votre expérience.

Toutes les tâches se déroulent sur un ordinateur muni d'une souris.

Une fois la série de tâches terminée, nous vous demanderons de remplir un questionnaire démographique.

##### **Respect de la sphère privée, conservation des données**

Les renseignements et les données collectées sur les participants sont strictement confidentiels et anonymisés. Ils seront utilisés à des fins de recherche uniquement. Au cours de votre participation à cette recherche, nous recueillerons et consignerons dans un dossier de recherches des renseignements vous concernant. Seuls les renseignements nécessaires à la conduite de la recherche seront recueillis : sexe, âge et niveau d'étude.

Les résultats des analyses pourront par la suite faire objet de publications scientifiques en respectant toujours le strict anonymat des participants.

Chaque participant se voit attribuer un numéro de code. Aucune information permettant d'identifier la personne n'est attachée aux données.

Toutes les données seront conservées à la Faculté de psychologie et des sciences de l'éducation pendant 5 ans sous la responsabilité de Madame M.Bétrancourt : les données numériques seront stockées sur un serveur sécurisé et les données sur papier dans une armoire fermée à clé.

### **Conditions d'arrêt de l'expérience**

L'expérience prend fin lorsque tous les tests et questionnaires sont complétés ou que l'un des cas suivants se présente :

- Le participant décide d'arrêter l'expérience de son plein gré pour n'importe quelle raison qu'il n'est pas tenu d'expliquer.
- L'expérimentateur décide d'exclure le participant de l'étude en lui précisant le motif.

### **Accès aux résultats de l'expérience**

Les résultats de la recherche seront accessibles sur le site internet du Master MALTT à partir de septembre 2017 (<http://tecfa.unige.ch/malTT>). A votre demande, ils pourront également vous être envoyés par e-mail.

### **Consentement de participation à la recherche**

Sur la base des informations qui précèdent, je confirme mon accord pour participer à la recherche « **L'usage de "cues" visuels dans une animation améliore la perception de l'usager et ses performances dans l'apprentissage de l'analyse du mouvement humain** », et j'autorise :

- l'utilisation des données à des fins scientifiques et la publication des résultats de la recherche dans des revues ou livres scientifiques, étant entendu que les données resteront anonymes et qu'aucune information ne sera donnée sur mon identité ;  OUI  NON
- l'utilisation des données à des fins pédagogiques (cours et séminaires de formation d'étudiants ou de professionnels soumis au secret professionnel).  OUI  NON

J'ai choisi volontairement de participer à cette recherche. J'ai été informé-e du fait que je peux me retirer en tout temps sans fournir de justifications

Ce consentement ne décharge pas les organisateurs de la recherche de leurs responsabilités. Je conserve tous mes droits garantis par la loi.

Prénom Nom .....

Signature .....

Date .....

### **ENGAGEMENT DU CHERCHEUR**

L'information qui figure sur ce formulaire de consentement et les réponses que j'ai données au participant décrivent avec exactitude le projet.

Je m'engage à procéder à cette étude conformément aux normes éthiques concernant les projets de recherche impliquant des participants humains, en application du *Code d'éthique concernant la recherche au sein de la Faculté de psychologie et des sciences de l'éducation* et des *Directives relatives à l'intégrité dans le domaine de la recherche scientifique et à la procédure à suivre en cas de manquement à l'intégrité* de l'Université de Genève.

Je m'engage à ce que le participant à la recherche reçoive un exemplaire de ce formulaire de consentement.

Prénom Nom

---

Signature

---

Date

---

## 2. Questionnaire Performances prétest(q0) et posttest(q1)

### Rétention (connaissances, mémoire)

qR3. Quand on observe le mouvement globalement quelle est la première opération à effectuer pour analyser l'activité ?

- Séquencer en plus petites unités
- Décrire chaque secteur (exemple : hanche)
- Décrire la position initiale
- Décrire la position finale

qR4. Quel(s) est/sont le(s) mouvement(s) dans le plan frontal ?

1. Abduction
2. Flexion
3. Adduction
4. Extension

qR5. Est-ce que l'extension de hanche se déroule dans le plan sagittal ?

- Oui
- Non

qR6. Quel(s) est/sont le(s) mouvement(s) dans le plan transversal ?

- Flexion
- Rotation interne
- Rotation externe
- Extension

qR7. Quels sont les points de repère pour observer le mouvement de flexion dorsale/flexion plantaire de la cheville ?

- base du 5ème métatarse
- grand trochanter
- condyle fémoral
- centre articulaire de la cheville
- tête de la fibula

qR8. Comment peut-on dire qu'une flexion dorsale se produit ?

- le centre articulaire de la cheville part vers l'arrière
- la tête de la fibula et la base du métatarse se rapprochent
- la tête de la fibula et la base du métatarse s'éloignent
- le centre articulaire de la cheville et la base du 5ème métatarse s'éloignent

qR9. Entre ces deux photos, quel mouvement se produit dans l'articulation et pourquoi ?

- Une flexion plantaire parce que la tête de la fibula se rapproche de la base du 5ème métatarse
- Une flexion dorsale parce que la tête de la fibula s'éloigne de la base du 5ème métatarse
- Une flexion dorsale parce que la tête de la fibula se rapproche de la base du 5ème métatarse
- Une flexion plantaire parce que la tête de la fibula s'éloigne de la base du 5ème métatarse





qR10. Quels sont les points de repère pour observer le mouvement de flexion/extension du genou ?

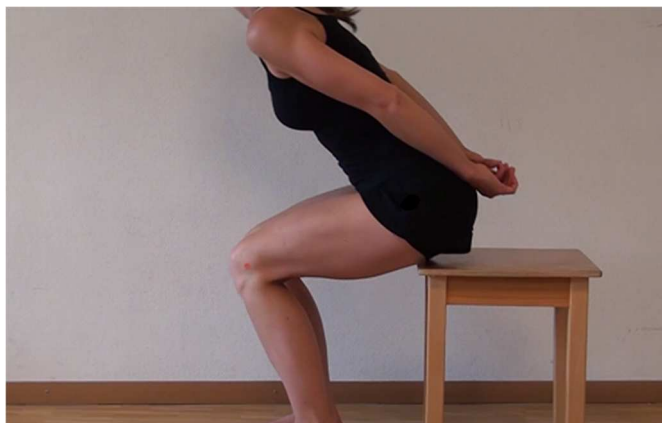
- base du 5ème métatarse
- grand trochanter
- condyle fémoral
- centre articulaire du genou
- malléole externe

qR11. Comment peut-on dire qu'une flexion du genou se produit ?

- le centre articulaire du genou part vers l'arrière
- la malléole externe et le grand trochanter se rapprochent
- la malléole externe et le grand trochanter s'éloignent
- le centre articulaire du genou et la malléole externe s'éloignent

qR12. Entre ces deux photos, quel mouvement se produit dans l'articulation du genou et pourquoi ?

- Une flexion parce que la malléole externe se rapproche du grand trochanter
- Une flexion parce que la malléole externe s'éloigne du grand trochanter
- Une extension parce que la malléole externe se rapproche du grand trochanter
- Une extension parce que la malléole externe s'éloigne du grand trochanter



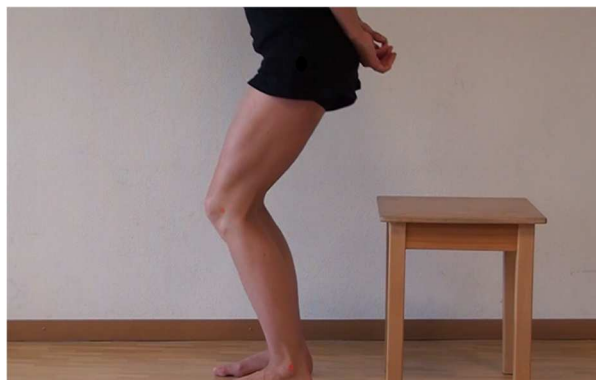
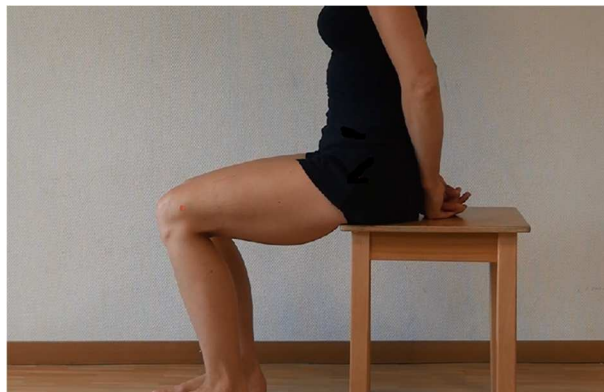


qR13. Comment peut-on dire qu'une extension de hanche se produit ?

- le centre articulaire de la hanche part vers l'avant
- l'EIAS et le condyle fémoral se rapprochent
- **l'EIAS et le condyle fémoral s'éloignent**
- le centre articulaire de la hanche et le condyle fémoral s'éloignent

qR14. Entre ces deux photos, quel mouvement se produit dans l'articulation de la hanche et pourquoi ?

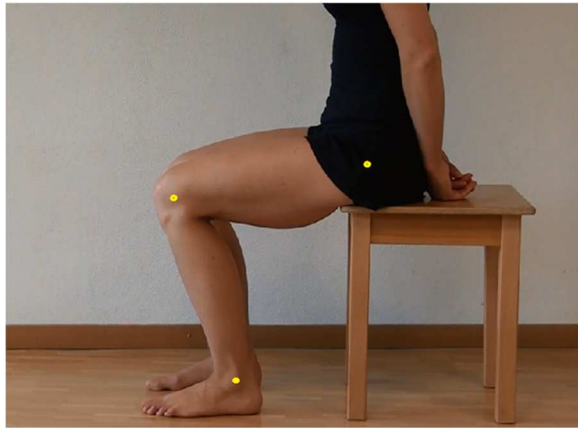
- Une flexion parce que l'EIAS se rapproche du condyle fémoral
- Une flexion parce que l'EIAS s'éloigne du condyle fémoral
- Une extension parce que l'EIAS se rapproche du condyle fémoral
- **Une extension parce que l'EIAS s'éloigne du condyle fémoral**



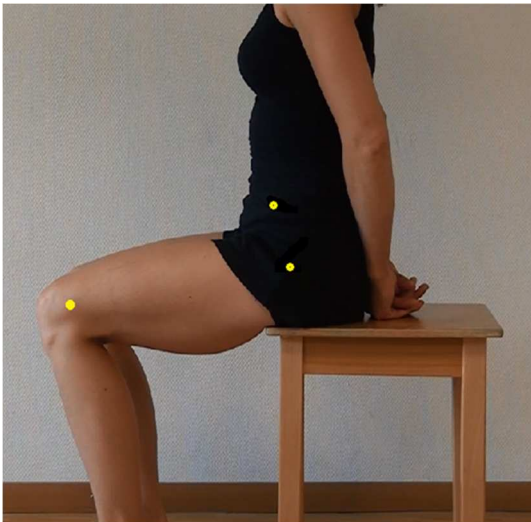
## Transfert

qT20. Sur la photo suivante, les points de repère nous permettent d'observer :

- flexion de hanche
- rotation de hanche
- flexion du genou
- flexion dorsale de cheville
- extension du genou
- extension de hanche

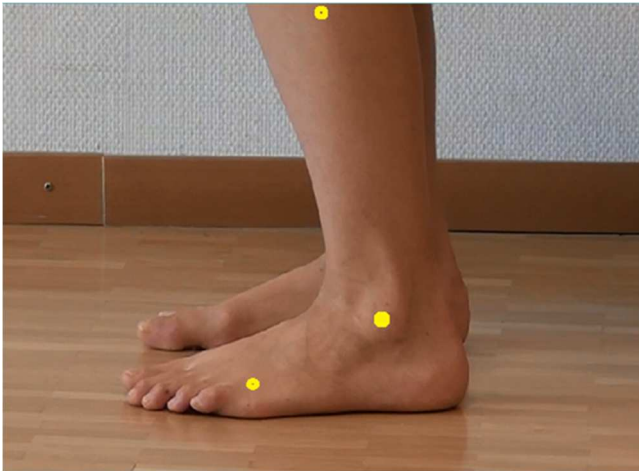


qT21. Sur la photo suivante, les points de repère nous permettent d'observer :



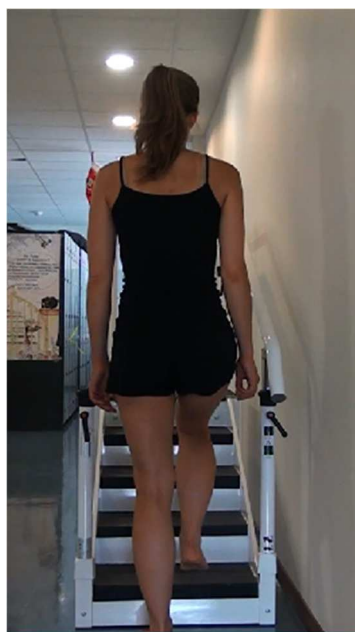
- flexion de hanche
- rotation de hanche
- flexion du genou
- flexion dorsale de cheville
- extension du genou
- extension de hanche

qT22. Sur la photo suivante, les points de repère nous permettent d'observer :



1. flexion plantaire de cheville
2. abduction du pied
3. flexion du genou
4. flexion dorsale de cheville
5. extension du genou
6. adduction du pied

qT23. Quel mouvement se produit dans le plan frontal dans la hanche gauche ?

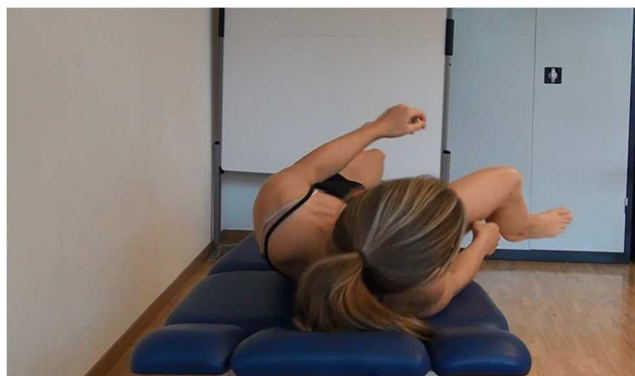


- une adduction
- une abduction
- une flexion

qT24. Dans cette vidéo de la marche, quels mouvements se produisent dans le genou dès le moment où se pose le talon ?  
(Vidéo marche de côté)

- extension, puis flexion parce que le grand trochanter et la malléole externe s'éloignent puis se rapprochent
- extension, puis flexion parce que les condyles fémoraux se rapprochent de l'EIAS(épine iliaque antéro-supérieure), puis s'en éloignent
- flexion, puis extension parce que l'EIAS et la malléole externe s'éloignent puis se rapprochent
- flexion, puis extension parce que l'EIAS et la malléole externe se rapprochent puis s'éloignent

qT25. Dans le passage de couché à assis par la droite, le sujet effectue une :



- rotation horaire (corps vertébraux vont vers la droite), parce que l'épaule droite se lève avant la gauche
- rotation antéhoraire (corps vertébraux vont vers la gauche), parce que l'épaule gauche se lève avant la droite
- rotation horaire (corps vertébraux vont vers la droite), parce que l'épaule gauche se lève avant la droite
- rotation antéhoraire (corps vertébraux vont vers la gauche), parce que l'épaule droite se lève avant la gauche

qT26. Un sujet vient consulter pour une douleur de la hanche en flexion en courant, vous cherchez à reproduire sa douleur dans votre évaluation, quelle activité comprenant une flexion de hanche pouvez-vous lui demander de réaliser ?

qT27. Dans la descente d'escaliers, décrire les amplitudes de cheville, hanche, genou dont le sujet doit disposer dans le plan sagittal. Et pourquoi ?

Film descente escaliers

- Cheville : Flexion dorsale 10°
- Cheville : Flexion plantaire 80°
- Genou : Extension 0°
- Genou : Extension 20°
- Genou : Flexion 120°
- Hanche : Extension 20°

qT28. Dans cette vidéo de la marche, quels mouvements se produisent dans la hanche dès le moment où se pose le talon ?

Film marche latérale

- Flexion, puis extension parce que l'EIAS se rapproche du condyle fémoral
- Extension, puis flexion parce que la malléole externe s'approche du grand trochanter
- Flexion, puis extension parce que le condyle fémoral est proche de l'EIAS et s'en éloigne
- Extension, puis flexion parce que l'EIAS s'éloigne puis se rapproche du condyle fémoral

### 3. Questionnaire Attrakdiff2

#### Consignes

Dans le cadre d'un projet sur l'expérience utilisateur, nous souhaiterions évaluer vos impressions sur la vidéographie Méthodologie d'analyse du mouvement. Ce questionnaire se présente sous forme de paires de mots pour vous assister dans l'évaluation du système. Chaque paire représente des contrastes. Les échelons entre les deux extrémités vous permettent de décrire l'intensité de la qualité choisie.

Ne pensez aux paires de mots et essayez simplement de donner une réponse spontanée. Vous pourrez avoir l'impression que certains termes ne décrivent pas correctement le système. Dans ce cas, assurez-vous de donner tout de même une réponse. Gardez à l'esprit qu'il n'y a pas de bonne ou mauvaise réponse. Seule votre opinion compte !

Humain	<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>	Technique
M'isole	<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>	Me sociabilise
Plaisant	<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>	Déplaisant
Original	<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>	Conventionnel
Simple	<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>	Complicé
Professionnel	<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>	Amateur
Laid	<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>	Beau
Pratique	<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>	Pas pratique
Agréable	<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>	Désagréable
Fastidieux	<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>	Efficace
De bon goût	<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>	De mauvais goût
Prévisible	<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>	Imprévisible
Bas de gamme	<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>	Haut de gamme
M'exclut	<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>	M'intègre
Me rapproche des autres	<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>	Me sépare des autres
Non présentable	<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>	Présentable
Rebutant	<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>	Attirant
Sans imagination	<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>	Créatif
Bon	<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>	Mauvais

Confus	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○	Clair
Repoussant	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○	Attrayant
Audacieux	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○	Prudent
Novateur	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○	Conservateur
Ennuyeux	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○	Captivant
Peu exigeant	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○	Challenging
Motivant	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○	Décourageant
Nouveau	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○	Commun
Incontrôlable	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○	Maîtrisable



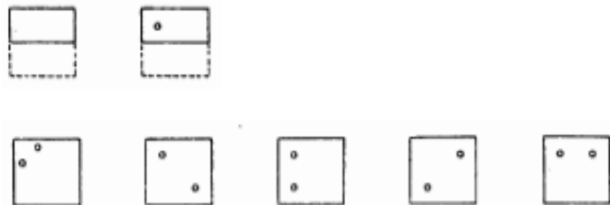
## 4. Paper Folding Test

Dans ce test, vous devez imaginer le pliage et le dépliage de morceaux de papier. Pour chaque problème de ce test, il y a une suite de figures dessinées sur la première ligne et d'autres dessinées en dessous de celle-ci.

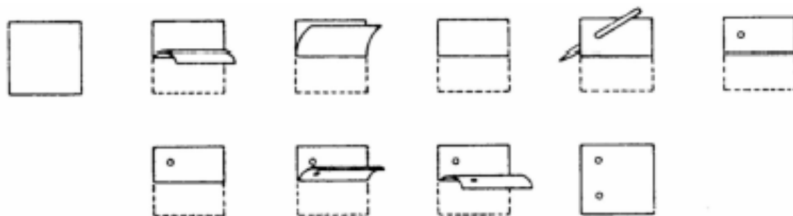
Pour chaque problème, la suite de figures dessinée représente un carré de papier qui a été plié. Sur la dernière de ces figures un petit cercle est dessiné pour montrer où le papier a été perforé. Chaque trou perce toutes les épaisseurs du papier plié.

En dessous, l'une des cinq propositions montre où les trous vont apparaître lorsque le papier est complètement déplié. Vous devez décider laquelle de ces figures est correcte et la sélectionner.

Voici un exemple :



La réponse correcte au problème ci-dessus est la réponse C. Les images ci-après montrent comment le papier était plié et pourquoi la réponse C est la bonne réponse :



Dans les différents problèmes, tous les pliages qui sont réalisés sont montrés dans la suite des figures. Le papier n'est jamais tourné ou bougé, il est uniquement plié. Rappelez-vous, la réponse correcte est la figure qui montre la position des trous lorsque le papier est complètement déplié. Votre score à ce test sera calculé en fonction du nombre de réponses correctes, moins une fraction du nombre de réponses incorrectes. Il n'est donc pas en votre avantage de deviner la réponse à moins que vous ne puissiez éliminer une ou plusieurs réponses fausses.

Le test se compose de deux parties. Vous aurez 3 minutes pour chaque partie du test.

Chaque partie comporte 10 items.

PARTIE I (3 minutes)

1.



2.



3.



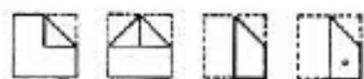
4.



5.



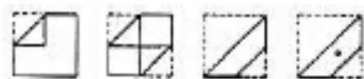
6.



7.



8.



9.

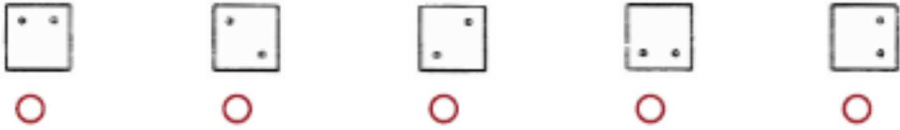


10.



PARTIE II (3 minutes)

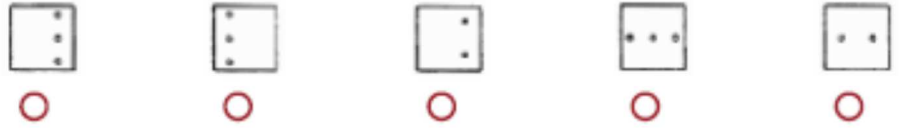
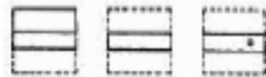
1.



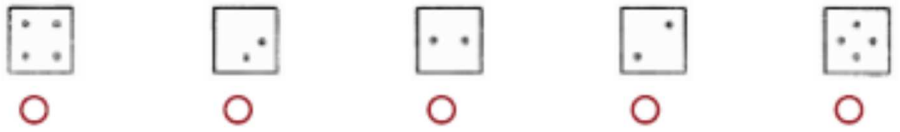
2.



3.



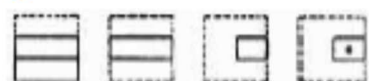
4.



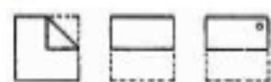
5.



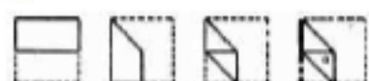
6.



7.



8.



9.



10.



## 5. Tableaux des analyses de variance ANOVA et corrélations

### I. Analyse Anova à mesures répétées : comparaison des moyennes des scores pré- et post-test pour le score total et Signalement

#### Tests des effets intra-sujets

Mesure: MEASURE\_1

Source		Somme des carrés de type III	ddl	Carré moyen	F	Signification
Comparaison	Hypothèse de sphéricité	402.099	1	402.099	35.250	.000
	Greenhouse-Geisser	402.099	1.000	402.099	35.250	.000
	Huynh-Feldt	402.099	1.000	402.099	35.250	.000
	Borne inférieure	402.099	1.000	402.099	35.250	.000
Comparaison * Signalement	Hypothèse de sphéricité	.028	1	.028	.002	.961
	Greenhouse-Geisser	.028	1.000	.028	.002	.961
	Huynh-Feldt	.028	1.000	.028	.002	.961
	Borne inférieure	.028	1.000	.028	.002	.961
Erreur (Comparaison)	Hypothèse de sphéricité	273.773	24	11.407		
	Greenhouse-Geisser	273.773	24.000	11.407		
	Huynh-Feldt	273.773	24.000	11.407		
	Borne inférieure	273.773	24.000	11.407		

## II. Analyse Anova à mesures répétées : Moment de test (comparaison des moyennes des scores pré- et post-test) pour le Score Total et Coursus Antérieur

### Tests des effets intra-sujets

Mesure: MEASURE\_1

Source		Somme des carrés de type III	ddl	Carré moyen	F	Signification
Moment_test	Hypothèse de sphéricité	377.419	1	377.419	41.227	.000
	Greenhouse-Geisser	377.419	1.000	377.419	41.227	.000
	Huynh-Feldt	377.419	1.000	377.419	41.227	.000
	Borne inférieure	377.419	1.000	377.419	41.227	.000
Moment_test * Coursus_antérieur	Hypothèse de sphéricité	54.089	1	54.089	5.908	.023
	Greenhouse-Geisser	54.089	1.000	54.089	5.908	.023
	Huynh-Feldt	54.089	1.000	54.089	5.908	.023
	Borne inférieure	54.089	1.000	54.089	5.908	.023
Erreur (Moment_test)	Hypothèse de sphéricité	219.712	24	9.155		
	Greenhouse-Geisser	219.712	24.000	9.155		
	Huynh-Feldt	219.712	24.000	9.155		
	Borne inférieure	219.712	24.000	9.155		

## III. Analyse ANOVA pour chacun des Coursus Antérieur et le Signalement en VI par rapport à la Moyenne Score Total Pré- et Post-test

### Tests des effets inter-sujets

Mesure: MEASURE\_1

Variable transformée: Moyenne

Coursus_antérieur	Source	Somme des carrés de type III	ddl	Carré moyen	F	Signification
Autre	Constante	1490.660	1	1490.660	54.401	.000
	Signalement	34.100	1	34.100	1.244	.286
	Erreur	328.814	12	27.401		
MC	Constante	2741.344	1	2741.344	110.231	.000
	Signalement	7.150	1	7.150	.288	.604
	Erreur	248.691	10	24.869		

#### IV. Tableau des corrélations entre score total de performances et CVS

		Score Total Per- formances Post- test sans épreuve de dessin	Score PFT1
	Score Total Per- formances Prétest		
Score Total Performances Pré- test	Corrélation de Pearson	1	-.049
	Sig. (bilatérale)	.474*	.811
	N	26	26
Score Total Performances Post- test sans épreuve de dessin	Corrélation de Pearson	.474*	1
	Sig. (bilatérale)	.014	.390
	N	26	26
Score PFT1	Corrélation de Pearson	-.049	1
	Sig. (bilatérale)	.811	.390
	N	26	26

\*. La corrélation est significative au niveau 0,05 (bilatéral).

#### V. Effet des facteurs CVS et Signalement sur la moyenne des scores pré-test et post-test : Anova mesures répétées

##### Tests des effets inter-sujets

Mesure: MEASURE\_1

Variable transformée: Moyenne

Source	Somme des carrés de type III	ddl	Carré moyen	F	Signification
Constante	4156.671	1	4156.671	139.925	.000
Signalement	4.914	1	4.914	.165	.688
PFT1_HT_BAS	10.084	1	10.084	.339	.566
Signalement * PFT1_HT_BAS	97.646	1	97.646	3.287	.083
Erreur	653.540	22	29.706		



## VI. Effet du Moment de Test et des facteurs CVS et Signalement sur le Score Total : Anova mesures répétées

### Tests des effets intra-sujets

Mesure: MEASURE\_1

Source		Somme des carrés de type III	ddl	Carré moyen	F	Signification	Eta-carré partiel
MomentTest	Hypothèse de sphéricité	394.655	1	394.655	33.213	.000	.602
	Greenhouse-Geisser	394.655	1.000	394.655	33.213	.000	.602
	Huynh-Feldt	394.655	1.000	394.655	33.213	.000	.602
	Borne inférieure	394.655	1.000	394.655	33.213	.000	.602
MomentTest * Signalement	Hypothèse de sphéricité	.005	1	.005	.000	.983	.000
	Greenhouse-Geisser	.005	1.000	.005	.000	.983	.000
	Huynh-Feldt	.005	1.000	.005	.000	.983	.000
	Borne inférieure	.005	1.000	.005	.000	.983	.000
MomentTest * PFT1_HT_BAS	Hypothèse de sphéricité	9.627	1	9.627	.810	.378	.036
	Greenhouse-Geisser	9.627	1.000	9.627	.810	.378	.036
	Huynh-Feldt	9.627	1.000	9.627	.810	.378	.036
	Borne inférieure	9.627	1.000	9.627	.810	.378	.036
MomentTest * Signalement * PFT1_HT_BAS	Hypothèse de sphéricité	2.729	1	2.729	.230	.637	.010
	Greenhouse-Geisser	2.729	1.000	2.729	.230	.637	.010
	Huynh-Feldt	2.729	1.000	2.729	.230	.637	.010
	Borne inférieure	2.729	1.000	2.729	.230	.637	.010
Erreur (MomentTest)	Hypothèse de sphéricité	261.417	22	11.883			
	Greenhouse-Geisser	261.417	22.000	11.883			
	Huynh-Feldt	261.417	22.000	11.883			
	Borne inférieure	261.417	22.000	11.883			

**VII. Analyse de la variance ANOVA : effet du facteur Signalement sur le score Attrakdiff2 (expérience utilisateur) et ses sous-scores**

Source	Variable dépendante	Somme des carrés de type III	ddl	Carré moyen	F	Signification
Signalement	Score Qualité Pragmatique	6.500	1	6.500	.169	.684
	Score Attractivité	13.885	1	13.885	.433	.517
	Score Qualité Hédonique-Identification	2.462	1	2.462	.123	.729
	Score Qualité Hédonique-Stimulation	9.846	1	9.846	.244	.626
	Score total Attrakdiff2	120.615	1	120.615	.527	.475

**VIII. Analyse de la variance ANOVA : effet du facteur CVS sur le score Attrakdiff2 (expérience utilisateur)**

**Tests des effets inter-sujets**

Variable dépendante: Score total Attrakdiff2

Source	Somme des carrés de type III	ddl	Carré moyen	F	Signification	Eta-carré partiel
Modèle corrigé	138.462 <sup>a</sup>	1	138.462	.607	.443	.025
Constante	17784.615	1	17784.615	78.018	.000	.765
PFT1_HT_BAS	138.462	1	138.462	.607	.443	.025
Erreur	5470.923	24	227.955			
Total	23394.000	26				
Total corrigé	5609.385	25				

a. R-deux = .025 (R-deux ajusté = -.016)

## IX. ANOVA interaction facteurs CVS et Signalement avec Attrakdiff2

### Tests des effets inter-sujets

Variable dépendante: Score total Attrakdiff2

Source		Somme des carrés de type III	ddl	Carré moyen	F	Signification	Eta-carré partiel
Constante	Hypothèse	17939.081	1	17939.081	288.607	.693	1.000
	Erreur	4.761	.077	62.158 <sup>a</sup>			
Signalement	Hypothèse	102.158	1	102.158	.638	.571	.390
	Erreur	160.004	1	160.004 <sup>b</sup>			
PFT1_HT_BAS	Hypothèse	120.004	1	120.004	.750	.546	.429
	Erreur	160.004	1	160.004 <sup>b</sup>			
Signalement * PFT1_HT_BAS	Hypothèse	160.004	1	160.004	.676	.420	.030
	Erreur	5208.762	22	236.762 <sup>c</sup>			

a.  $MS(\text{Signalement}) + MS(\text{PFT1\_HT\_BAS}) - MS(\text{Signalement} * \text{PFT1\_HT\_BAS})$

b.  $MS(\text{Signalement} * \text{PFT1\_HT\_BAS})$

c.  $MS(\text{Erreur})$

## 5. Consignes aux participants

### Prétest questions

Cher participant, chère participante,

Merci de consacrer un peu de votre temps à répondre à cette enquête réalisée dans le cadre du mémoire du Master MALTT (Master of Science in Learning and Teaching Technologies) de la Faculté de Psychologie et des Sciences de l'Éducation de l'Université de Genève.

Votre participation et vos réponses sont précieuses car elles permettent d'authentifier une forme de médiatisation de l'information.

Les données issues de cette enquête seront traitées de manière tout à fait anonyme et vos coordonnées ne seront utilisées qu'à des fins d'analyse intermédiaire puis seront détruites.

Il s'agit ici de la première étape des tests qui permet de déterminer votre niveau d'expertise préalable. Les questions peuvent vous paraître très difficiles, il se peut que vous n'arriviez pas à répondre. Dans ce cas, cochez la case : "je ne sais pas" et passez à la question suivante.

Ce test dure environ 10-15 minutes.

D'avance merci pour votre participation.

### Animation 1

Vous êtes sur le point de visualiser une vidéo. Vous avez 7 minutes pour ce faire. Si quelque chose n'est pas clair, n'oubliez pas que vous pouvez mettre sur pause, puis reprendre avec play. Lorsque vous êtes prêts, appuyez sur le bouton ci-dessous.

Lancer la vidéo

Une fois que vous avez terminé ou que le temps est écoulé, cliquez sur le lien ici

Animation 2

### Animation 2

Vous êtes sur le point de visualiser une seconde vidéo. Vous avez 10 minutes pour ce faire. Vous devrez répondre ensuite à un questionnaire, veillez donc à avoir compris le contenu de la vidéo. Si quelque chose n'est pas clair, n'oubliez pas que vous pouvez mettre sur pause, puis reprendre avec play. Lorsque vous êtes prêts, appuyez sur le bouton ci-dessous.

Lancer la vidéo

Puis il est invité à cliquer sur la touche « Retour au questionnaire »

### Echelle Attrakdiff2

Dans le cadre d'un projet sur l'expérience utilisateur, nous souhaiterions évaluer vos impressions sur la vidéographie "Méthodologie d'analyse du mouvement" (deuxième vidéo projetée). Ce questionnaire se présente sous forme de paires de mots pour vous assister dans l'évaluation du système. Chaque paire représente des contrastes. Les échelons entre les deux extrémités vous permettent de décrire l'intensité de la qualité choisie.

Ne pensez pas aux paires de mots et essayez simplement de donner une réponse spontanée. Vous pourriez avoir l'impression que certains termes ne décrivent pas correctement le système. Dans ce cas, assurez-vous de donner tout de même une réponse. Gardez à l'esprit qu'il n'y a pas de bonne ou mauvaise réponse. Seule votre opinion compte.

### Paper Folding Test (PFT)

Dans ce test, vous devez imaginer le pliage et le dépliage de morceaux de papier. Pour chaque problème de ce test, il y a une suite de figures dessinées sur la première ligne et d'autres dessinées en dessous de celle-ci.

Pour chaque problème, la suite de figures dessinée représente un carré de papier qui a été plié. Sur la dernière de ces figures un petit cercle est dessiné pour montrer où le papier a été perforé. Chaque trou perce toutes les épaisseurs du papier plié.

En dessous, l'une des cinq propositions montre où les trous vont apparaître lorsque le papier est complètement déplié. Vous devez décider laquelle de ces figures est correcte et la sélectionner.

Dans les différents problèmes, tous les pliages qui sont réalisés sont montrés dans la suite des figures. Le papier n'est jamais tourné ou bougé, il est uniquement plié. Rappelez-vous, la réponse correcte est la figure qui montre la position des trous lorsque le papier est complètement déplié.

Votre score à ce test sera calculé en fonction du nombre de réponses correctes.

Le test se compose de deux parties. Vous aurez 3 minutes pour chaque partie du test. Chaque partie comporte 10 items.