

Table des matières

Avant-propos	11
Introduction	13
Chapitre 1. Construction de la représentation de l'espace et de la perspective chez l'élève	17
1.1. La représentation de l'espace chez l'enfant selon Piaget	19
1.1.1. De l'espace perceptif à l'espace représentatif	19
1.1.1.1. Stade I : « incapacité synthétique »	19
1.1.1.2. Stade II : « réalisme intellectuel »	21
1.1.1.3. Stade III : « réalisme visuel »	21
1.1.2. L'espace projectif	24
1.1.2.1. La perspective	24
1.1.2.2. La mise en relation des perspectives	24
1.1.2.3. Les patrons (rabattements et développements de surfaces)	27
1.1.3. L'espace euclidien	29
1.1.4. Bilan	30
1.2. La représentation des objets géométriques : le statut du dessin	31
1.2.1. Le statut du dessin en mathématiques : dessin <i>versus</i> figure	31
1.2.2. L'utilisation des représentations en géométrie	34
1.2.2.1. Les trois paradigmes géométriques de Houdemont et Kuzniak	34
1.2.2.2. Le point de vue cognitif de Duval	36
1.2.3. Les trois principales fonctions du dessin en géométrie	41
1.3. De l'objet physique à sa représentation dans le plan	42

1.3.1. Le point de vue institutionnel	42
1.3.1.1. Au primaire	43
1.3.1.2. Dans le secondaire	43
1.3.1.3. Bilan sur les programmes du collège	44
1.3.2. Enseigner la géométrie dans l'espace	44
1.3.3. Les différentes représentations des objets de l'espace	48
1.3.3.1. Les maquettes	48
1.3.3.2. Les représentations planes des objets de l'espace	49
1.3.4. Le conflit entre le VU et le SU chez l'enfant	52
1.4. L'apport des nouvelles technologies et de la géométrie dynamique dans l'espace	55
1.4.1. Avantages des logiciels de géométrie dans l'espace	56
1.4.2. Limites des logiciels de géométrie dans l'espace et conséquences	58
1.4.2.1. Construction d'un cube avec Geospace	60
1.4.2.2. Construction d'un cube avec Cabri-3D	61
1.4.3. Conclusions partielles et premières hypothèses	64

Chapitre 2. Terminaux mobiles et interactions 3D 67

2.1. Pourquoi les terminaux mobiles ?	68
2.1.1. Une longue tradition en mathématiques	69
2.1.2. Un grand intérêt de la communauté éducative	72
2.1.3. Une réalité de terrain	75
2.2. Les terminaux mobiles	76
2.2.1. Les différents types de terminaux mobiles	76
2.2.1.1. Téléphones portables/ <i>smartphones</i>	77
2.2.1.2. Consoles portables de jeux vidéo	78
2.2.1.3. Ultraportables	78
2.2.1.4. Tablettes	79
2.2.2. Les systèmes d'entrée sur terminaux mobiles	80
2.2.2.1. Clavier/boutons	81
2.2.2.2. Joysticks	81
2.2.2.3. Ecrans tactiles	82
2.2.2.4. Capteurs	87
2.2.2.5. Caméra	88
2.2.2.6. Microphone	88
2.2.2.7. Notre choix matériel	88
2.3. Interactions sur terminaux mobiles et physiologie	90
2.3.1. Les spécificités des terminaux mobiles	90
2.3.2. Limitations dues aux caractéristiques physiologiques	91

2.3.2.1. L'imprécision du doigt	91
2.3.2.2. Les caractéristiques de la main	92
2.4. Techniques d'interactions 3D	94
2.4.1. Rappels mathématiques	94
2.4.1.1. Les repères	94
2.4.1.2. Les transformations	95
2.4.2. Les interactions 3D de sélection/manipulation et de navigation	97
2.4.2.1. Interactions 3D à l'aide d'une surface tactile	97
2.4.2.2. Interactions 3D à l'aide de capteurs	106
2.4.2.3. Interactions 3D à l'aide de la caméra	108
2.5. « Langage » d'interactions et classifications	110
2.5.1. Langage et grammaire de gestes	110
2.5.2. Classifications	113

Chapitre 3. Elaboration et classification des interactions 117

3.1. Approche centrée utilisateur	117
3.1.1. Une définition	118
3.1.2. Les principes de l'approche centrée utilisateur	119
3.2. Etude des besoins et des habitudes utilisateurs	120
3.2.1. Etude des logiciels de géométrie dynamique 3D existants	120
3.2.2. Etude des habitudes et besoins des utilisateurs	125
3.2.2.1. Entretiens avec les utilisateurs	125
3.2.2.2. Premières catégorisations	127
3.2.2.3. <i>Focus group</i> avec les utilisateurs	128
3.3. Notre grammaire et langage d'interactions	132
3.3.1. Classification des interactions gestuelles tactiles	132
3.3.2. Définition de la grammaire	134
3.3.3. Le prototype : <i>FINGERS (Find INteractions for GEometry leaneRS)</i>	136
3.3.3.1. Les menus (ou plutôt l'absence)	136
3.3.3.2. L'implémentation	136
3.3.4. Notre langage d'interactions gestuelles	137
3.3.4.1. Sélection/désélection	138
3.3.4.2. Translation	140
3.3.4.3. Rotation	143
3.3.4.4. Echange rotation-translation/translation-rotation	146
3.3.4.5. Patron	146
3.3.4.6. Duplication	150
3.3.4.7. Assemblage	151

3.3.4.8. Gestion du point de vue de l'observateur	152
3.3.4.9. Création	154
3.3.4.10. Suppression	155
3.4. Evaluation de l'acceptation des interactions (sélection, translation et rotation)	156
3.4.1. Les problématiques et les contraintes d'expérimentations	157
3.4.2. Evaluation préliminaire de l'acceptation des interactions de rotation et de changement de point de vue	157
3.4.2.1. Participants	158
3.4.2.2. Matériel	158
3.4.2.3. Tâche	158
3.4.2.4. Plan d'expérimentation	159
3.4.2.5. Résultats et discussion	160
3.4.3. Comparatif entre le gyroscope, le <i>face-tracking</i> et le <i>multi-touch</i>	164
3.4.3.1. Participants	165
3.4.3.2. Matériel	165
3.4.3.3. Tâche	165
3.4.3.4. Plan d'expérimentation	166
3.4.3.5. Résultats et discussion	168
3.4.4. Apprentissage de l'ensemble des interactions du prototype par les élèves	172
3.4.4.1. Participants	172
3.4.4.2. Matériel	172
3.4.4.3. Tâche	173
3.4.4.4. Plan d'expérimentation	173
3.4.4.5. Résultats et discussion	176
3.5. Conclusion et perspectives	177

Chapitre 4. Evaluation de l'apport pédagogique en géométrie dans l'espace	179
4.1. Les partenariats	180
4.1.1. Les écoles sur le terrain	180
4.1.2. L'ESPE (Ecole supérieure du professorat et de l'éducation)	181
4.1.3. Les associations de professeurs de mathématiques	181
4.2. Limites	181
4.2.1. Ethique : l'égalité des chances pour les élèves	181
4.2.2. Pratique : progression sur l'année des notions	182
4.3. Evaluation de l'aide à la résolution de problème	183
4.3.1. Sur le terrain	183

4.3.1.1. Participants	183
4.3.1.2. Tâche	184
4.3.1.3. Matériel	185
4.3.1.4. Plan d'expérimentation	185
4.3.1.5. Résultats et discussion	186
4.3.1.6. Limites	190
4.3.2. En laboratoire (EEG)	190
4.3.2.1. Un bref état de l'art	190
4.3.2.2. Mesure des capacités visuo-spatiales, de l'attention et de la mémoire de travail	192
4.3.2.3. Participants	193
4.3.2.4. Matériel	193
4.3.2.5. Tâche	194
4.3.2.6. Plan d'expérimentation	195
4.3.2.7. Résultats et discussion	196
4.4. Evaluation de l'apport dans l'apprentissage de la géométrie dans l'espace	198
4.4.1. Participants	198
4.4.1.1. Ecole Notre Dame de Pont-à-Mousson (école A)	199
4.4.1.2. Ecole Sainte Thérèse (école B)	199
4.4.2. Matériel et conditions d'expérimentation	199
4.4.3. Plan d'expérimentation	200
4.4.4. Résultats et discussion	203
4.4.4.1. Les résultats pédagogiques	203
4.4.4.2. Les retours utilisateurs	208
4.5. Conclusion	210
Chapitre 5. Conclusion et perspectives	211
5.1. Contributions	211
5.2. Perspectives	213
5.2.1. Mesure et étude de la charge cognitive	213
5.2.2. Tangible <i>versus</i> réalité augmentée	213
5.2.3. Travail collaboratif	214
5.2.4. Le reste des interactions	214
Bibliographie	217
Index	229