HAL
open science

Rôle de l'organisation de l'espace de travail sur les activités effectives et empêchées des enseignants : rôle de la configuration de la salle de sciences dans l'apprentissage de la compétence d'argumentation

Isabelle Lermigeaux

To cite this version:

Isabelle Lermigeaux. Rôle de l'organisation de l'espace de travail sur les activités effectives et empêchées des enseignants : rôle de la configuration de la salle de sciences dans l'apprentissage de la compétence d'argumentation. Education. Université Grenoble Alpes, 2018. Français. NNT : 2018GREAH019 . tel-02057064

HAL Id: tel-02057064

https://theses.hal.science/tel-02057064v1

Submitted on 5 Mar 2019

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Communauté
UNIVERSITE Grenoble Alpes

THÈSE

Pour obtenir le grade de

DOCTEUR DE LA COMMUNAUTÉ GRENOBLE ALPES

Spécialité : Sciences de l'éducation

Arrêté ministériel : 25 mai 2016

Présentée par

Isabelle LERMIGEAUX-SARRADE

Thèse dirigée par **Michel GRANGEAT, Professeur Emérite, Université Grenoble Alpes**

préparée au sein du **Laboratoire LaRAC**
dans **l'Ecole Doctorale des Sciences de l'Homme, du Politique et du Territoire** (ED 454)

Rôle de l'organisation de l'espace de travail dans les activités effectives et empêchées des enseignants :
Rôle de la configuration de la salle de sciences dans l'apprentissage de la compétence d'argumentation

Thèse soutenue publiquement le 16 Novembre 2018
devant le jury composé de :

Mme Patricia Marzin-Janvier, Professeure des Universités à l'Université de Bretagne Occidentale, École Supérieure du Professorat et de l'Éducation de Bretagne, Centre de Recherche sur l'Éducation, les Apprentissages et la Didactique (CREAD) (Rapporteure)

Mme Lucie Mottier Lopez, Professeure Ordinaire à la FPSE, Université de Genève (Rapporteure)

Mme Karine Bécu-Robinault, Maitresse de conférences HDR, ENS de Lyon, Institut Français de l'Éducation (Examinatrice)

M. Philippe Dessus, Professeur des Universités au laboratoire LaRAC (EA 602), Université Grenoble Alpes (Président du jury)

M. Michel Grangeat, Professeur émérite au laboratoire LaRAC (EA 602), Université Grenoble Alpes (Directeur)

Laurent Jeannin - BONHEURS (EA 7517) - plateforme TechSoLab Titulaire de la Chaire de Recherche : Transition2 : Des espaces en transition à la transition des espaces éducatifs (Examinateur)

“L'espace est bon pour l'âme : cela élargit l'horizon et l'esprit s'aère.”

Charlie Chaplin

Remerciements

Ce travail de thèse se termine. Quatre ans, 336 pages, 85363 mots... quelques kilos de papier, et cartouches d'imprimante.

Il va sans dire que ce travail n'aurait pas été possible sans le soutien et l'aide d'un certain nombre de personnes que je tiens à remercier vivement.

Tout d'abord, j'adresse mes remerciements à mon directeur de thèse Michel Grangeat, pour sa disponibilité, sa bienveillance souriante et la confiance. Je souhaite lui exprimer toute ma gratitude pour son écoute, ses conseils et son ouverture d'esprit. Je lui sais gré d'avoir accepté ce sujet interdisciplinaire et d'avoir su me guider tout en me laissant une grande liberté de cheminement.

J'exprime ma reconnaissance à Lucie Mottier Lopez et Patricia Marzin-Janvier qui m'ont fait l'honneur d'être les rapporteures de ce travail doctoral. Je remercie également Karine Bécu-Robinault , Philippe Dessus, et Laurent Jeannin pour avoir accepté d'évaluer ce travail.

Je remercie les chefs d'établissements qui m'ont accueillis, et les enseignants qui ont accepté d'être mes cobayes. Leur disponibilité a été un élément indispensable à la réalisation de ce travail, leur intérêt pour cette recherche et l'accueil chaleureux qu'ils m'ont réservé a été un réel appui à ce travail. Je remercie également tous les élèves qui ont accepté d'être enregistrés, et dont les paroles constituent la matière première de cette thèse.

Je remercie en particulier mon conjoint, Jean-Luc, qui non seulement m'a encouragée, supportée et soutenue pendant ses quatre ans, mais a aussi développé les applications informatiques spécifiques indispensables au traitement des données.

Je remercie aussi profondément tous mes amis et collègues, et tous les doctorants du laboratoire LaRAC, pour les moments partagés, et pour la richesse des échanges, des conseils, et des rencontres qui ont émaillé ces quatre années.

Je remercie en particulier celles et ceux qui ont pris de leur temps pour me relire, échanger ou me conseiller, qu'ils soient membres du LaRAC, ou qu'ils appartiennent à d'autres laboratoires : Cécile N, Nadia N., Laurent L., Jean-Charles Q, Kévin S., et Roland M.

Je remercie toutes celles et ceux qui ont manifesté de l'intérêt pour ce travail, en particulier les collègues passeur(e)s et les membres de l'Institut Carnot de l'Éducation, et les collègues de l'ESPE

de Grenoble.

Ma reconnaissance va enfin vers ma famille, qui m'a supportée et encouragée, et vers mes parents.

Résumé

L'organisation de l'espace de travail est un aspect du contexte instrumental d'enseignement (Grangeat & Hudson, 2015). A ce titre, l'appropriation de l'espace de la classe en tant qu'instrument (Rabardel, 1995) est susceptible de faciliter l'activité du professionnel ou au contraire réduire son pouvoir d'agir (Clot, 2008), en empêchant ou limitant certaines actions et interactions. L'espace de la classe est un espace relationnel (Löw, 2001) porteur d'un message plus ou moins fort de frontalité, qui détermine une structure de communication plus ou moins orientée entre les élèves et l'enseignant (Fisher & Fousse, 2002). Le placement des élèves a une incidence sur leurs performances (Perkins & Wieman, 2005 ; Brooks, 2011, 2012) et il semble aussi que les interactions entre élèves diffèrent selon la facilité d'accès de l'enseignant à leur espace de travail (Issaadi et Jaillet, 2017). L'espace de la classe est aussi l'espace de l'activité (Leplat, 2000), dans lequel l'enseignant se place et se déplace, en jouant sur les codes de la proxémie et en utilisant des lieux spécifiques (Hall, 1968 ; Forest, 2006). Les déplacements apparaissent comme des gestes professionnels, exprimant les connaissances professionnelles et la perception des affordances spatiales (Gibson, 1979 ; Warren & Wang, 1987) de l'enseignant.

Cette recherche a analysé les placements et déplacements de l'enseignant sous l'angle de l'analyse de l'activité, en questionnant l'accessibilité (Vickerman, 1974) de quatre espaces de classe (Îlots, Bus, Hybride et Peigne). L'objectif était d'examiner dans quelle mesure les contraintes liées à l'espace de travail modifiaient les interactions entre l'enseignant et les groupes d'élèves. La méthodologie s'est appuyée sur la cartographie comportementale de Legendre et Depeau (2003), pour croiser les données spatiales et temporelles liées aux déplacements et les données relatives aux processus d'apprentissages, reposant sur l'analyse des échanges verbaux intragroupes d'argumentation, de régulation de la réalisation de la tâche et motivationnels et sur l'analyse des échanges enseignant-groupes, dans le contexte de l'enseignement des sciences fondé sur l'investigation. Ce contexte présente des contraintes spécifiques liées à l'espace dans la mesure où le mobilier est fixé au sol, et réclame une organisation adaptée au travail en petits groupes. Deux construits, l'accessibilité potentielle et la proximité réelle ont été mobilisés dans cette recherche.

Les résultats montrent qu'une valeur d'accessibilité potentielle caractérise chaque configuration, et que la proximité effective de l'enseignant vis-à-vis des groupes d'élèves apparaît corrélée à l'accessibilité potentielle du groupe d'élèves. Ils montrent aussi que bien que les interactions verbales enseignant-groupes ne diffèrent pas selon la configuration, la qualité de la régulation intragroupe et la qualité du processus d'argumentation sont affectées par la configuration, et que leur qualité est moins bonne quand l'accès est plus difficile, ce qui questionne le rôle de la perception d'accessibilité. Les construits d'accessibilité potentielle, de proximité réelle et l'utilisation d'une méthodologie d'analyse géospatiale des interactions de classe sont proposés en tant que moyen d'évaluation des nouveaux espaces d'apprentissage qui émergent avec la généralisation des outils numériques en classe.

mots-clés : Espace de l'Activité, Cartographie comportementale, Enseignements Scientifiques Fondés sur l'Investigation, Accessibilité, Apprentissages scolaires

Abstract

The organization of the workspace is an aspect of the instrumental context of teaching (Grangeat & Hudson, 2015). The appropriation of the space of the class as an instrument (Rabardel, 1995) may facilitate the activity of the professional or on the contrary reduce the teacher's power to act (Clot, 2008), by preventing or by limiting actions and interactions. The space of the classroom is a relational space (Löw, 2001) that carries a more or less strong frontal message, determining a structure of communication more or less directed towards the teacher (Fisher & Fousse, 2002).
The layout of the students has an incidence on their performances (Perkins & Wieman, 2005; Brooks, 2011, 2012) and it also seems that the interactions between pupils differ according to the accessibility of the teacher in their workspace (Issaadi & Jaillet, 2017). The space of the classroom is also the space of activity (Leplat, 2000), where the teacher is moving, playing on the codes of proxemy and using specific places (Hall, 1968 ; Forest, 2006). The teacher's movements appear as professional gestures, expressing professional knowledge and perception of the spatial affordances by the teacher (Gibson, 1979; Warren &Wang, 1987).
This search analyzed the teacher's movements under the angle of the analysis of activity, by examining the accessibility (Vickerman, 1974) of four classroom spaces (Islands, Bus, Hybrid and Comb). The objective was to examine to what extent the constraints bound to the workspace modified the interactions between the teacher and the groups of students. The methodology used behavioral mapping following Legendre and Depeau (2003), in order to link the spatial and temporal data bound to the teacher's movements and the data concerning the processes of learning. The verbal exchanges between the students in a group – the argumentation, realization of the task and motivational exchanges- and the exchanges between the teacher and the group, were analyzed, in the context of the Inquiry Based Sciences Teaching (IBST). This context presents specific constraints bound to the space since the furniture is fixed to the ground, and needs an organization adapted to the work in small groups. Two constructs, the potential accessibility and the effective proximity were mobilized in this search.
The results show that a specific value of potential accessibility characterizes every configuration, and that the effective proximity of the teacher towards the groups of students seems correlated with the potential accessibility of the groups. They also show that, although the verbal interactions between the teachers and the groups do not differ according to the configuration, the quality of the regulatory process in a group and the quality of the process of argumentation are affected by the configuration, and that their quality is less good when the access is more difficult, what underlines the role of the perception of accessibility.
We suggest to use the constructs of potential accessibility, of effective proximity, and the methodology of geospatial analysis of the interactions of class for assessing the new learning spaces that emerge with the generalization of the digital tools in class.

Keywords: Space of the Activity, Behavioral mapping, Inquiry Based Sciences Teaching (IBST), Accessibility, School learning

Table des matières

Table des figures.....17
Table des tableaux.....23
Introduction.....25

Cadres théoriques.....29

Chapitre 1. L'activité enseignante et son inscription dans le contexte.....31

1.1 Approche ergonomique.....31

1.2 Analyse du travail : la tâche et l'activité.....33
1.2.1 Prescription, action et activité.....33
1.2.2 L'écart entre tâche et activité.....34

1.3 L'activité empêchée.....35
1.3.1 Activité réalisée, activité réelle, activité empêchée :un compromis entre des logiques en tension.....35
1.3.2 L'activité empêchée et ses conséquences.....36
1.3.3 Pouvoir d'agir, genre et style.....37

1.4 Prises de décisions des enseignants.....38
1.4.1 Savoirs processus.....38
1.4.2 PCK et modèle de l'activité de l'enseignant en contextes.....39
1.4.3 Affordances.....42

1.5 Conclusions du chapitre 1.....44

Chapitre 2. L'espace en tant que contexte.....47

2.1 Espace construit.....48
2.1.1 Espace absolu et espace relationnel.....49
2.1.2 Espace scolaire conçu, perçu, et vécu, révélateur de valeurs scolaires.....49
2.1.3 L'espace construit, artefact symbolique et réseau de relations.....51

2.2 Espace social.....54
2.2.1 Proxémie.....54
2.2.2 Densité et crowding.....56
2.2.3 Disposition des individus et structure de communication.....57
2.2.4 Choix de la place et communication.....58

2.3 L'espace d'enseignement et d'apprentissage.....59

2.3.1 Analyse proxémique des interactions de classe....59
2.3.2 Disposition de la classe, communication et nature de la tâche....60
2.3.3 Placement des élèves....62
2.3.4 Choix des places dans la classe, motivation et performances....63

2.4 Espace sensoriel....67
2.4.1 Modèles de perception visuelle de l'espace....68
2.4.2 Cadres de référence égocentré et allocentré....68
2.4.3 Trois espaces dans l'environnement visuel....68
2.4.4 Biais de la perception égocentrée des distances....70
2.4.5 Perception des affordances....70

2.5 Espace physique....72
2.5.1 Distance....72
2.5.2 Accessibilité....73

2.6 Espace et l'activité....75
2.6.1 Co-détermination de l'activité et de l'environnement....76
2.6.2 Espace de l'activité....76

2.7 Cartographie comportementale....78

2.8 Conclusions du chapitre 2....79
2.8.1 L'espace de la salle de classe....79
2.8.2 Les déplacements de l'enseignant....80

Chapitre 3. Les interactions verbales dans les apprentissages en sciences....83

3.1 Interactions verbales de régulation dans le contexte du travail en petits groupes....84
3.1.1 Approche systémique du travail de groupes....84
3.1.2 Interactions de régulation externes, entre enseignant et groupes....85
3.1.3 Interactions de régulation intragroupes....86

3.2 Le rôle du langage et de l'argumentation dans le processus d'apprentissage en sciences..88
3.2.1 Construction des concepts scientifiques....88
3.2.2 La difficulté à passer d'un langage de situation à un langage d'évocation....89
3.2.3 L'argumentation en classe de sciences....89

3.3 L'argumentation dans le contexte spécifique des ESFI (Enseignements de Sciences Fondés sur l'Investigation)....91
3.3.1 L'argumentation dans un modèle d'activité de l'enseignant lors des ESFI....91
3.3.2 Le processus d'argumentation : deux modèles pour le décrire....91

3.4 Conclusions du Chapitre 3....94

Chapitre 4. Problématique....97

4.1 Articulation des cadres théoriques....98
4.1.1 Système classe et système groupe d'élèves....98
4.1.2 Mouvements de l'enseignant et contexte....98
4.1.3 Interactions verbales enseignant-groupes d'élèves....99
4.1.4 Interactions verbales intragroupes....99

4.2 Problématique....99

4.2.1 Première question de recherche....100
4.2.2 Deuxième question de recherche....100

Méthodologie....101

Chapitre 1. Principes généraux....103

1.1 Principes méthodologiques généraux....103
1.1.1 Observation écologique et systémique....103
1.1.2 Choix des configurations de classe à comparer....104
1.1.3 Variables retenues....105

1.2 Contrôle des variables et procédure de comparaison....105
1.2.1 Situations de comparaison....105
1.2.2 Procédure choisie....106

Chapitre 2. Variable descriptive de la configuration, l'accessibilité potentielle....107

2.1 Principes....107
2.1.1 Accessibilité et contexte du travail en petits groupes....107
2.1.2 Cartographie initiale de la salle de classe....108
2.1.3 Règles pour l'implantation des nœuds....109
2.1.4 Obstacles physiques sur un chemin....109

2.2 Détermination des distances topologiques....109
2.2.1 Adaptation de la carte pour l'utilisation du logiciel....110
2.2.2 Algorithme de détermination des chemins....111

2.3 Calculs d'accessibilité....112
2.3.1 Accessibilité depuis un groupe....112
2.3.2 Accessibilité globale pour une configuration....112

2.4 Qualité de l'accessibilité pour une configuration....113
2.4.1 Accessibilité potentielle, variable de configuration ou de contexte ?....113
2.4.2 Valeur numérique de AGG et qualité de l'accessibilité....113

Chapitre 3. Variables décrivant les échanges verbaux....115

3.1 Procédure d'enregistrement et de transcription....115
3.1.1 Nombre de groupes enregistrés....115
3.1.2 Méthode de transcription....115
3.1.3 Calage temporel....116

3.2 Codages retenus pour l'analyse des échanges au sein des groupes d'élèves....117
3.2.1 Méthode de validation du codage....117
3.2.2 Codage manuel....118
3.2.3 Codage automatisé....123

3.3 Codages retenus pour l'analyse des échanges enseignant-groupes....126
3.3.1 Nature des échanges....126
3.3.2 Codages....127

3.4 Indicateurs de qualité des échanges....129

3.4.1 Qualité des échanges intragroupes....129
3.4.2 Qualité des échanges enseignant-groupes....131
3.4.3 Grain d'analyse des échanges verbaux....131

Chapitre 4. Synthèse intermédiaire....133

Chapitre 5. Recueil des données de position de l'enseignant....135

5.1 Déroulement et contexte du recueil....135
5.1.1 Établissements, enseignants et classes....135
5.1.2 Séances....136

5.2 Protocole d'enregistrement des données de position....137
5.2.1 Plan de classe....137
5.2.2 Capture de la position de l'enseignant....138

5.3 Données de position de l'enseignant....139
5.3.1 Fichier des données de position....139
5.3.2 Cartographie points par points....140
5.3.3 Densité de présence....141

5.4 Proximité de l'enseignant vis-à-vis des groupes d'élèves....141
5.4.1 Principe....141
5.4.2 Calcul de la proximité vis-à-vis d'un groupe....142

5.5 Fusion des données de transcription et de position....144
5.5.1 Données de transcription....144
5.5.2 Obtention du fichier de fusion....145

Chapitre 6. Spécificités du traitement des données spatiales....147

6.1 Analyse de données spatio-temporelles....147
6.1.1 Approche orientée objet....147
6.1.2 Objet géographique....148
6.1.3 Discrétisation, résolution temporelle et vitesse d'évolution....150
6.1.4 Auto-corrélation....150
6.1.5 Modes d'analyse retenus....151

6.2 Principes de traitement retenus....152
6.2.1 Structure multi-niveaux des données....152
6.2.2 Analyse à partir des valeurs moyennes....153
6.2.3 Analyse à partir de valeurs instantanées discrétisées....154

Chapitre 7. Synthèse méthodologie....159

7.1 Quatre étapes....159

7.2 Nature des données....161

7.3 Vue d'ensemble de la démarche....162

Résultats....165

Chapitre 1. Conditions d'obtention des données....167

1.1 Comparaison Bus -Peigne.....167
1.1.1 Contenu des séances de SVT en Bus et en Peigne.....167
1.1.2 Observation globale des placements et déplacements en Bus et Peigne.....168
1.1.3 Le lieu d'énonciation en configurations Bus et Peigne.....169

1.2 Comparaison Bus – Hybride.....171
1.2.1 Contenu des séances de SVT en Bus et en Hybride.....171
1.2.2 Observations globales des placements et déplacements en Bus et en Hybride.....172
1.2.3 Le lieu d'énonciation en configurations Bus et Hybride.....173

1.3 Comparaison Bus-Îlots.....174
1.3.1 Contenu des séances de SPC en Bus et en Îlots.....174
1.3.2 Observations globales des placements et déplacements en Bus et en Îlots.....175
1.3.3 Le lieu d'énonciation en configuration Bus et Îlots.....176

1.4 Comparaison des lieux d'énonciation dans les 4 configurations.....177

Chapitre 2. Contraintes d'accessibilité et modification des déplacements.....179

2.1 Accessibilité potentielle et proximité effective.....179
2.1.1 Contexte et accessibilité potentielle.....179
2.1.2 Contexte et proximité réelle.....182
2.1.3 Corrélation probable entre l'accessibilité potentielle et la proximité réelle.....184

2.2 Cartographie des déplacements.....184
2.2.1 Configuration Bus.....185
2.2.2 Configuration Peigne.....189
2.2.3 Configuration Hybride.....191
2.2.4 Configuration Îlot.....193
2.2.5 Parcours, contraintes de passabilité, placements et déplacements empêchés.....194

2.3 Principaux résultats relatifs à la première question de recherche.....197
2.3.1 Hypothèse 1.....197
2.3.2 Hypothèse 2.....198

Chapitre 3. Contraintes d'accessibilité et interactions verbales.....199

3.1 Cohérence entre les deux modes de codage.....199
3.1.1 mots-clés caractéristiques des échanges d'argumentation et de régulation.....200
3.1.2 Comparaison interjuge du codage humain et du codage automatisé.....201
3.1.3 Bilan concernant la cohérence du codage.....203

3.2 Nature et fréquence des différents types d'interactions verbales selon les configurations 203
3.2.1 Comparaison globale Bus - Peigne.....204
3.2.2 Comparaison globale Bus - Hybride.....207
3.2.3 Comparaison globale Bus - Îlots.....208

3.3 Analyse des corrélations entre types d'interactions, contraintes d'accessibilité et proximité effective.....208
3.3.1 Données.....209
3.3.2 Matrice des corrélations.....209

3.4 Analyse globale.....213

3.4.1 Modélisation par régression additive généralisée GAM....214
3.4.2 Nature et fréquence des interactions intragroupes....214
3.4.3 Cohérence des codages humain et informatique....216
3.4.4 Distance et temps seuils....217
3.4.5 Distances seuils et accessibilité....218

3.5 Principaux résultats relatifs à la deuxième question de recherche....219
3.5.1 Hypothèse 1....219
3.5.2 Hypothèse 2....220

Discussion....221

Chapitre 1. Questions scientifiques....223

1.1 En quoi l'accessibilité modifie-t-elle les déplacements et placements ?....223
1.1.1 Déplacements de l'enseignant....223
1.1.2 Placements des élèves et de l'enseignant....225

1.2 En quoi l'accessibilité modifie-t-elle les interactions ?....231
1.2.1 Interactions enseignant-groupes....231
1.2.2 Interactions intragroupes....233

Chapitre 2. Questions méthodologiques....237

2.1 Accessibilité potentielle et proximité réelle....237
2.1.1 Calcul a priori et mesure....237
2.1.2 Caractérisation de l'espace et indicateur de comportements....237

2.2 Analyse géospatiale des interactions de classe....238
2.2.1 Traitement géospatial des données d'interaction....238
2.2.2 Micro-cartographie de la salle de classe....239

2.3 Croisement d'un codage humain et un codage automatisé....240
2.3.1 Accord interjuges entre deux modes de codages....240
2.3.2 Extension et normalisation du corpus d'apprentissage pour le codage automatisé des échanges de régulation intragroupes....240

Chapitre 3. Limites....241

3.1 Limites méthodologiques de la méthode de comparaison....241
3.1.1 Contrôle de la variable enseignant....241
3.1.2 Contrôle de la variable classe....242

3.2 Biais de mesure de l'accessibilité potentielle....243
3.2.1 Choix de la partition euclidienne pour l'adaptation de la carte....243
3.2.2 Choix a priori de règles de passabilité....244
3.2.3 Choix du point optimal d'interaction....244

Chapitre 4. Perspectives....245

4.1 Prolongements méthodologiques....245

4.1.1 De l'accessibilité potentielle à l'accessibilité réelle.....245
4.1.2 De la proximité réelle à la mobilité de l'enseignant.....246
4.1.3 Nécessité du contrôle de la configuration dans les études des interactions lors du travail de groupes.....246

4.2 Recommandations pour la conception des espaces scolaires.....247
4.2.1 Accessibilité et proximité.....247
4.2.2 Passabilité.....247
4.2.3 Distance seuil.....247

Conclusion.....249
Bibliographie.....253
Abbréviations (classement thématique).....263
Abbréviations (classement alphabétique).....266
Annexes.....269

Table des figures

Figure 1. Recherche internet Google® images, mots clé "salles de classe", copie d'écran de la première page, 03/08/2017....25
Figure 2. Salle avec ou sans travée centrale - Photo Isabelle Lermigeaux-Sarrade....26
Figure 3. Une approche ergonomique de la compatibilité entre opérateur humain et environnement de travail d'après Karwowski (2005, p. 443)....32
Figure 4. La tâche et l'activité – adapté de Leplat (1997, p. 17)....35
Figure 5. Les quatre éléments des savoirs processus -Extrait de Grangeat (2010)....39
Figure 6. Modèle TPK de Gess-Newsome – extrait de Garritz (2015, p. 78)....40
Figure 7. Le modèle des PCK in CS – Extrait de Grangeat & Hudson (2015, p. 198)....41
Figure 8. Une affordance d'« assoyabilité »....42
Figure 9. Différences dans l'approche des affordances de Gibson et de Norman- extrait de McGrenere &Ho (2000, p. 3)....43
Figure 10. Différents types d'affordances – extrait de Gaver (1991, p. 2)....43
Figure 11. L'environnement physique, élément du contexte instrumental facilitant ou gênant l'activité de l'enseignant....45
Figure 12. Espaces scolaires et valeurs – extrait de Monnard (2017, p. 37)....50
Figure 13. Salle de classe sumérienne – extrait de Cole (2005, p. 200)....51
Figure 14. Salle de classe répondant aux prescriptions des lois Ferry extrait de Le Cœur (2011, p. 99)....53
Figure 15. Grille d'observation et distances de Hall – extrait de Hall (1968, p. 93)....55
Figure 16. Perception de crowding – Capture d'écran de YouTube Theater Heilbronn: Willi Dorner - bodies in urban spaces....56
Figure 17. Expérience de Sommer – Adapté à partir d'un extrait de Hall (1966, p. 139)....57
Figure 18. Expérience de Steinzor - adapté d'un extrait de Bender & Fracchia (1971, p. 38)....58
Figure 19. Observation proxémique – extrait de Forest (2006, p. 59). 60
Figure 20. Zone d'action – extrait de Marx, Fuhrer, & Hartig (1999, p. 254)....61
Figure 21. Un ré-arrangement dans la classe extrait adapté de Rißler, Bossen, & Blasse (2014, p. 153-156)....62
Figure 22. « Golden zone » et « Shadow zone » dans la salle frontale extrait de Park & Choi (2014, p. 758)....63
Figure 23. Salle ALC - Université du Minnesota - Cours de biologie extrait adapté de de Brooks (2011, p. 2-3)....64
Figure 24. Salle traditionnelle de comparaison - Université du Minnesota - Cours de biologie extrait adapté de de Brooks (2011, p. 2-3)....65
Figure 25. Place et résultats dans la salle SCALE-UP extrait de Kregenow, Rogers &Price (2011, p. 46 et 49)....66
Figure 26. SpaceTech - capture d'écran extrait de Issaadi et Jaillet (2017)....66

Figure 27. Observation des interactions - capture d'écran extrait de Issaadi et Jaillet (2017). 67
Figure 28. Trois espaces dans l'environnement visuel – extrait de Cutting & Wishton (1995).....69
Figure 29. Intégration de différents indices sensoriels pour l'estimation égocentrique d'une distance – extrait de Coté (2011).....69
Figure 30. Sous estimation des distances égocentrées en fonction de l'age, de la hauteur des yeux et de la distance – extrait de Bian & Anderson (2013, p. 24). 70
Figure 31. Expérience de Efran & Cheynes extrait de Morgado (2006, p. 169) d'après Efran & Cheynes (1973).....71
Figure 32. Zone personnelle asymétrique - extrait de Morgado (2014, p. 170).....71
Figure 33. Différentes distances - les distances notées * sont celles que les auteurs qualifient de « physiques » - extrait de Charron et Shearmur (2005, p. 169).....73
Figure 34. Exemple de réseau PPA - extrait et adapté de Miller (1991, p. 296).....75
Figure 35. Espace de l'activité - extrait de Heddad (2016, p. 64).....77
Figure 36. Exemple de cartographie comportementale extrait de Legendre et Depeau (2003, p. 8).....78
Figure 37. La salle de classe, espace relationnel et espace de l'activité.....81
Figure 38. Le schéma argumentatif de Toulmin – extrait de Toulmin (2003, p. 109).....92
Figure 39. Types d'échanges verbaux au sein du système "groupe d'élèves" pendant le travail en groupes lors des enseignements scientifiques fondés sur l'investigation.....94
Figure 40. Procédure de comparaison des configurations Bus et Peigne.....104
Figure 41. Exemple de cartographie initiale d'une classe.....106
Figure 42. Partition euclidienne de la carte initiale (à gauche) et représentation modélisée du mobilier et des élèves (à droite).....108
Figure 43. Positions d'interactions optimales (T) – Les « ? » montrent les alternatives 109
Figure 44. Exemple de tracé des chemins minimaux utilisant l'algorithme A Star.....109
Figure 45. Copie d'écran de l'application dédiée et d'un extrait de transcription horodaté.....114
Figure 46. Exemple d'analyse du corpus de la correction attendue par l'enseignant – séance SVT sur la division cellulaire.....123
Figure 47. Niveaux de qualité des échanges intragroupes.....127
Figure 48. Les types d'échanges enseignant-groupes.....129
Figure 49. Ensemble de caméras, visible (à gauche) et infrarouge (à droite).....136
Figure 50. Caméras « Tableau », vue infrarouge et vue en lumière visible – Bus 2 - Spot infrarouge en blanc sur l'épaule droite de l'enseignant.....137
Figure 51. Extrait du fichier de positions de l'enseignant – Bus 2.....138
Figure 52. Cartographie points par points des positions de l'enseignant à partir du fichier de positions – Bus 2.....138
Figure 53. « Densité de présence » de l'enseignant (Visualisation temporelle des positions de l'enseignant) – Bus 2.....139
Figure 54: Illustration du principe du calcul pour le groupe 7.....141
Figure 55. Exemple de classeur de transcriptions – séance du 26 mai 2016 – groupe n°1.....142
Figure 56. Exemple de fichier de fusion - séance du 27 novembre 2015 - groupe n°1.....143
Figure 57. Objet géographique – extrait de Peuquet (1999, p. 96).....146
Figure 58. Cinq questions autour des objets géographiques et trois niveaux de recherche scientifique – extrait de Claramunt, Parent et Thiériault (1998, p. 3).....147
Figure 59. Discrétisation du temps et résolution – extrait de Plumejeaud (2011, p. 32).....148
Figure 60. Représentation de l'auto-corrélation – extrait de Plumejeaud (2011, p. 108).....149
Figure 61. Fichier Centralisation.xls regroupant toutes les données disponibles pour chaque groupe d'élèves.....152

Figure 62. Exemple de cartographie spatio-temporelle - Fréquence de la modalité hors tâche (FDeEm) – Configuration Bus....156
Figure 63: Synthèse de la méthodologie....160
Figure 64. Placement face à face, latéral et en arrière - Bus (à gauche) et Peigne (au centre et à droite)....167
Figure 65. Observation du lieu d'énonciation – Configuration Bus Classe A (en haut) et classe B (en bas)....168
Figure 66. Observation du lieu d'énonciation – Configuration Peigne Classe B (en haut) et classe A (en bas)....168
Figure 67. Trois captures d'écran illustrant les interactions enseignant2-groupe, placé en face à face, latéralement et en arrière. A gauche et au centre, configuration Hybride, à droite, configuration Bus....170
Figure 68. Observation du lieu d'énonciation – Configuration Bus Classe C (en haut) et classe D (en bas)....171
Figure 69. Observation du lieu d'énonciation – Configuration Hybride Classe D (en haut) et classe C (en bas)....171
Figure 70. Quatre captures d'écran illustrant les interactions enseignant3-groupe. En haut, configuration Bus - En bas, configuration Îlots....173
Figure 71. Capture d'écran illustrant les déplacements des élèves. Configuration Îlots....173
Figure 72. Observation du lieu d'énonciation – Configuration Bus Classe F (en haut) et classe E (en bas)....174
Figure 73. Observation du lieu d'énonciation – Configuration Îlots Classe E (en haut) et classe F (en bas)....175
Figure 74. Répartition des valeurs calculées d'accessibilité potentielle pour chaque contexte Bus B1 à B6 - Peigne C1 et C2 - Hybride H1 et H2 - Îlots I1 et 12....179
Figure 75. Répartition des mesures de proximité réelle de l'enseignant pour chaque contexte Bus B1 à B6 - Peigne C1 et C2 - Hybride H1 et H2 - Îlots I1 et 12....181
Figure 76. Corrélation entre les valeurs de proximité réelle (axe vertical) et les valeurs d'accessibilité potentielle (axe horizontal). Les boites à moustaches sont reportées sur l'axe horizontal de manière à respecter l'échelle....182
Figure 77. Cartographie des déplacements – Bus1, classe A à gauche – Bus2, classe B à droite Les zones foncées correspondent aux points de mesure les plus nombreux....183
Figure 78. Positions points par points - Bus 1 et 2....184
Figure 79. Cartographie des déplacements – Bus3, classe C à gauche – Bus4, classe D à droite...184
Figure 80. Positions points par points – Bus 3 et 4....185
Figure 81. Cartographie des déplacements – Bus5, classe E à gauche – Bus6, classe F à droite.. .186
Figure 82. Positions points par points - Bus 5 et 6....186
Figure 83. Points d'interaction effectifs des enseignants dans les configurations en Bus Placement de face en rouge, latéral en vert....187
Figure 84. Cartographie des déplacements – Peigne1, classe B à gauche – Peigne2, classe A à droite....188
Figure 85. Positions points par points – Peigne1 et Peigne2....188
Figure 86. Points d'interactions effectifs des enseignants dans les configurations en Peigne Placement de face en rouge, latéral en vert....189
Figure 87. Cartographie des déplacements Hybride1, classe D à gauche – Hybride2, classe C à droite....189
Figure 88. Positions points par points– Hybride 1 et 2....190
Figure 89. Points d'interactions effectifs des enseignants dans les configurations Hybride....190

Figure 90: Cartographie des déplacements – Îlots 1, classe E à gauche – Îlots 2, classe F à droite....191
Figure 91: Positions points par points – Îlots 1 et 2....192
Figure 92. Points d'interaction effectifs des enseignants dans les configurations en Îlots Placement de face en rouge, latéral en vert....192
Figure 93. Schématisation des parcours des enseignants....193
Figure 94. Synthèse des résultats pour la première question de recherche....196
Figure 95: Type d'interactions enseignant-groupes en configuration Peigne....203
Figure 96: Interactions verbales intragroupes – 14 groupes d'élèves en Configuration Bus (à gauche) et 14 groupes en configuration Peigne (à droite)....204
Figure 97: Comparaisons de la nature des interactions enseignant-groupes, lors du changement de configuration Bus-Hybride, pour 19 groupes d'élèves....205
Figure 98: Comparaison globale des interactions intragroupes, lors du changement de configuration Bus-Hybride, pour 19 groupes d'élèves (10 groupes en configuration Bus, 9 en configuration Hybride)....206
Figure 99. Corrélations entre l'accessibilité AGGi, la proximité dPGi et les fréquences des interactions enseignant-groupes et intragroupes....208
Figure 100. Fréquence des trois types d'échanges intragroupes, toutes données confondues – Modélisation GAM pour l'ensemble des deux classes A et B....213
Figure 101: Fréquence des échanges intragroupes d'argumentation et de régulation, toutes données confondues, pour le codage humain (en haut) et automatisé (en bas)....215
Figure 102. Comparaison modélisation GAM – En haut, ensemble des configurations Bus – En bas, ensemble de toutes les configurations, données limitées à la distance et au temps seuils....216
Figure 103. Fréquence des interactions et accessibilité....217
Figure 104. Détournement de l'usage frontal A gauche, configuration Hybride, à droite, configuration Bus....226
Figure 105: Exemples d'anamorphoses depuis différents lieux d'énonciation....228
Figure 106. Distance seuil de 8,4m....232
Figure 107: Corrélations accessibilité, proximité et interactions A gauche, enseignant 1 (Bus-Peigne) - A droite, enseignant 2 (Bus-Hybride)....239
Figure 108: Comparaison de la fréquence des interactions enseignant-groupe dans la configuration Bus pour les classes A et B....240
Figure 109: Comparaison des moyennes annuelles des deux classes A et B....241
Figure 110. Découpage des fichiers - Éditeur audio et éditeur vidéo AVS4You....269
Figure 111. Rangement des fichiers Sons et Vidéos....270
Figure 112. Synchronisation des fichiers vidéo et son....270
Figure 113. Densité.Enseignant 2 - Séance 1 - Bus....271
Figure 114. Densité- Enseignant 1- Séance 1 - Peigne....280
Saisie de la position....293
Saisie de la position....294
Figure 117. Copie d'écran - Live demo de la bibliothèque PathFinding....295
Figure 118. Fichier Visites - Toutes les valeurs sont données en cm....296
Figure 119. Principe de l'algorithme d'estimation de la densité du noyau....297
Figure 120. Les fichiers utilisés pour le couplage des données spatiales et a-spatiales du groupe 2 lors de la séance du 03-12-2015....299
Figure 121. Procédure d'extraction des mots-clés de régulation....301

Figure 122. Génération des mots-clés à partir du corpus d'apprentissage et comparaison interjuge sur le corpus test....302
Figure 123: Principe de discrétisation spatio-temporelle des données....305
Figure 124. Normalisation en fréquence des données échantillonnées – A gauche un extrait du tableau de la durée des échanges HLQ, à droite les mêmes données normalisées en fréquence....307
Figure 125. Fichier Centralisation....312
Figure 126. Copie d'écran -Importation des données dans Rstudio....313
Figure 127. Nuage de points – comparaison Bus-Peigne....316
Figure 128. Vecteurs – Comparaison Bus-Peigne....317
Figure 129. Nuage de points – Comparaison Bus-Hybride....320
Figure 130. Vecteurs – Comparaison Bus-Hybride....321
Figure 131. Modélisation de la fréquence des interactions hors tâche, en tenant compte de la distance, du temps et de la fréquence des interactions de l'enseignant - Ensemble des données Configuration Bus....323
Figure 132. Deux rendus visuels de la modélisation de même variable FDeEm pour l'ensemble des données, avant (à gauche) et après (à droite) la deuxième étape du traitement....325
Figure 133. Comparaison modélisation GAM – Duplication Figure 102....327
Figure134. Fréquence des interactions et accessibilité – Duplication Figure 103....328
Figure 135. Cartographie des déplacements Bus 1 et 2 – Agrandissement figure 77....329
Figure 136. Cartographie des déplacements Bus 3 et 4 – Agrandissement figure 79....329
Figure 137. Cartographie des déplacements Bus 5 et 6 – Agrandissement figure 81....330
Figure 138. Cartographie des déplacements Peigne 1 et 2 – Agrandissement figure 84....330
Figure 139. Cartographie des déplacements Hybride 1 et 2 – Agrandissement figure 87....331
Figure 140. Cartographie des déplacements Îlots 1 et 2 – Agrandissement figure 90....331

Table des tableaux

Tableau1. Comparaison des codages humain et automatisé pour calcul du coefficient Kappa.....118
Tableau2. Codage des échanges hors tâche.....119
Tableau3. Codages des échanges se rapportant à la réalisation de la tâche.....120
Tableau4. Codage des échanges portant sur les données.....121
Tableau5. Codage des échanges de justification.....122
Tableau6. Codage des échanges de conclusion-affirmation.....122
Tableau7. Codage des échanges traduisant l'opposition.....123
Tableau8. Codage des interventions de régulation des comportements.....127
Tableau9. Codage des interventions de régulation de la réalisation de la tâche.....127
Tableau10. Codage de la régulation des processus cognitifs.....128
Tableau11. Regroupements et nature des échanges verbaux utilisés dans l'analyse.....132
Tableau12. Contextes établissements-Enseignants-Classes.....136
Tableau13. Déroulement du recueil des données.....137
Tableau14. Structure multi-niveaux des données.....152
Tableau15. Doublement discrétisation spatiale et temporelle des données.....156
Tableau16. Nature des données à traiter.....161
Tableau17. Comparaison des lieux d'énonciation.....177
Tableau18. Accessibilité potentielle pour les configurations Bus, Peigne, Hybride, et Îlots.....180
Tableau19. Proximité effective de l'enseignant dans les configurations Bus, Peigne, Hybride et Îlots.....182
Tableau20. Espaces entre rangs et largeurs de travées.....196
Tableau21. Observation des choix effectifs du point d'interaction par les enseignants.....197
Tableau22. Liste des mots-clés d'argumentation.....200
Tableau23. Listes de mots-clés associés à la régulation intragroupe extraits à partir des deux corpus.....201
Tableau24. Comparaison codage manuel vs codage automatisé.....202
Tableau25. Cohérence interjuge avec corpus d'apprentissage Bus12-Hybride12.....202
Tableau26. Cohérence interjuge avec avec corpus d'apprentissage Peigne12-Bus34.....202

Tableau27. Cohérence interjuge pour l'ensemble des échanges......203
Tableau28. Matrice des corrélations – Données Bus-Peigne-Hybride.....209
Tableau29. Significativité des corrélations – Données Bus-Peigne-Hybride.....210
Tableau30. Les choix de placement des élèves.....226

Introduction

En recherchant sur internet des images d'une salle de classe, comme l'a fait Jeannin (2017) on trouve inévitablement des images de tables alignées, faisant face à un tableau noir ou blanc.

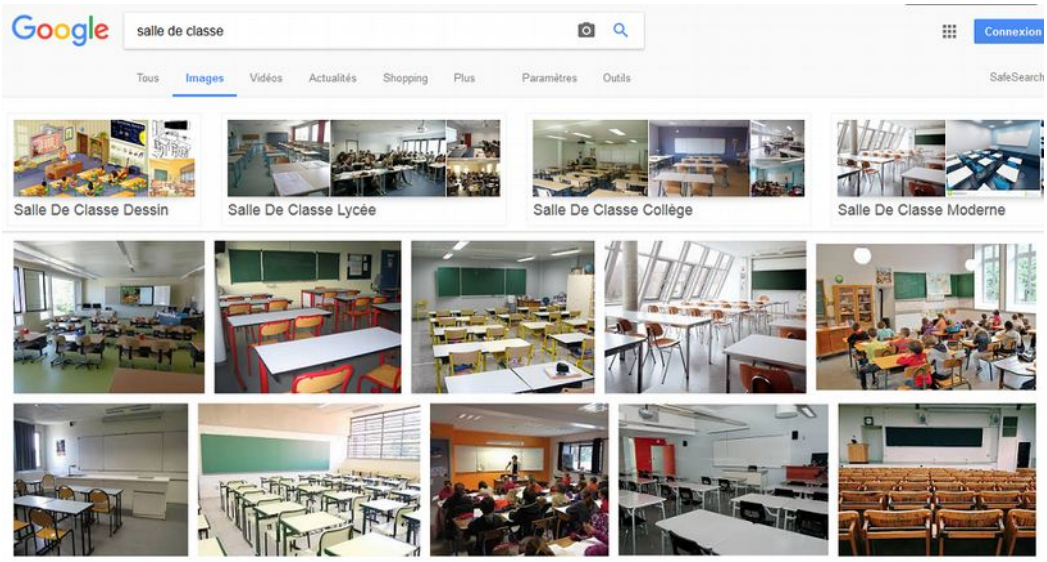


Figure 1. Recherche internet Google® images, mots clé "salles de classe", copie d'écran de la première page, 03/08/2017.

Si on recherche des images d'un enseignant dans une salle de classe, on retrouve l'enseignant debout, parlant ou écrivant devant le tableau, tous les regards (ou presque) levés vers lui (ou vers elle). L'image de la salle de classe et celle de l'enseignant au travail dans la salle de classe restent marquées par un côté statique et central de l'enseignant, qui est la représentation de l'école dans notre société. Cette représentation a peu évolué en un siècle, et semble très éloignée du travail actuel réel de l'enseignant.

Dans une étude de cas récente, Porcher, Munoz et Courchay (2016) ont par exemple mesuré plus de 80 déplacements de l'enseignant par heure (il s'agit d'une moyenne portant sur huit semaines

d'étude). Ils constatent un effet de fatigue en fin de semaine. En classe, il semble effectivement très rare pour un enseignant de s'asseoir à son bureau. La formation des enseignants stagiaires comporte souvent un module « corps et voix », en ce sens, l'institution reconnaît que le corps et la voix font partie des outils de travail de l'enseignant. Certaines salles de classe sont perçues négativement par les enseignants.

Figure 2. Salle avec ou sans travée centrale - Photo Isabelle Lermigeaux-Sarrade.

La figure 2 montre deux salles de classe qui suscitent des réactions différentes : la salle de gauche présente une travée centrale, celle de gauche comporte une longue table centrale en lieu et place de cette travée.

Je n'aime pas cette salle. Quelle horreur ! On ne peut pas circuler

Cette phrase entendue dans une conversation entre deux enseignants est le point de départ de ce travail de thèse. Elle exprime un ressenti, la perception de la qualité d'un espace. Plus précisément un ressenti par rapport à la qualité d'un espace de travail, puisque la discussion concerne deux professionnels qui parlent de leur métier. Elle exprime aussi une contrainte qui pèse sur l'activité du professionnel, la difficulté à circuler dans cet espace, autrement dit la qualité de la mobilité dans l'espace de travail. Cet empêchement de circuler est perçu très fortement et négativement. On peut supposer que cet empêchement se répercute sur la qualité réelle ou ressentie du travail du professionnel et se demander s'il a des conséquences sur les apprentissages visés par l'enseignant qui subit cette contrainte.

Mon interrogation première concerne donc l'espace de la classe et son effet sur l'activité de l'enseignant.

L'espace participe simultanément à la situation de travail, à son contexte (Grangeat, 2015), et au milieu didactique mis en place. L'organisation de la salle de classe contribue à déterminer le climat de la classe et les conditions des interactions humaines qui s'y déroulent (Burke & Grosvenor, 2008).

La question de l'adéquation entre la configuration de la classe et la pratique professionnelle de l'enseignant paraît mériter une analyse approfondie parce que cette question n'a été jusqu'à présent que partiellement explorée par la recherche.

Le développement des compétences de l'oral est une question centrale, un point de passage considéré comme nécessaire pour la maîtrise des langages, première compétence du socle commun (MEN, 2005, 2013). L'apprentissage des sciences est aussi perçu comme un enjeu majeur, et son enseignement est questionné (Hazelkorn et al., 2015 ; Rocard et al., 2007). L'enseignement des sciences fondé sur l'investigation (ESFI) s'est développé dans de nombreux pays et a été introduit en France dans les programmes de 2005. Lors des séances basées sur l'investigation, l'élève est amené à imaginer et traduire sa pensée en paroles, à défendre son point de vue, à écouter la parole de ses pairs, à prendre en compte d'autres idées, à argumenter (Grangeat, 2013) et à justifier ses positions, à communiquer ses résultats, à réagir et questionner ses pairs.

L'activité de l'enseignant consiste en partie à stimuler et accompagner ce cheminement, en favorisant ces comportements, en interagissant avec le ou les groupes d'élèves, en organisant le travail des groupes (Grangeat, 2013). Cette activité est vraisemblablement sensible à la configuration spécifique des salles dédiées à l'enseignement des sciences, car les déplacements de l'enseignant sont soumis aux contraintes de l'aménagement en place, qui stimule empêche ou limite certaines actions, et rend plus ou moins difficiles les interactions entre l'enseignant et les élèves, ou entre les groupes d'élèves. Le répertoire d'actions disponibles des professionnels est ainsi vraisemblablement supporté ou contraint par la géométrie de la salle.

On peut se demander comment cette configuration agit sur les interactions élève/enseignant et sur les interactions au sein des groupes d'élèves, et en particulier quel est son rôle dans la mise en place des actions de l'enseignant qui visent à développer le processus d'argumentation des élèves et à augmenter la qualité de leurs interactions.

Mon questionnement de départ est le suivant :

- Quelles configurations de la salle de classe favorisent/permettent les actions/déplacements de l'enseignant pour l'interaction avec les groupes d'élèves ?
- Dans quelle mesure les interactions entre élèves et la nature de l'argumentation sont-elles influencées par les déplacements de l'enseignant ?

Cadres théoriques

Dans cette première partie, je mets en place les éléments des cadres théoriques dans lesquels s'inscrit ma recherche. Trois axes principaux structurent le cadre nécessaire pour affiner le questionnement initial.

Le premier axe est le métier, car l'enseignant dans la classe exerce son métier, dans un contexte spécifique et un but défini. Le premier chapitre est ainsi consacré au métier enseignant. La théorie sous-jacente est celle de l'analyse de l'activité, particulièrement l'activité enseignante.

Le second axe est l'espace de travail de l'enseignant, puisque c'est cet élément spécifique du contexte de l'activité enseignante qui m'intéresse. L'espace de la classe sera l'objet du second chapitre, il sera envisagé en tant qu'élément spécifique du contexte d'enseignement et en tant que support des interactions.

Le troisième axe est celui de la nature des interactions verbales dans le travail en petits groupes, en particulier le rôle du langage dans la conceptualisation, et le processus d'argumentation en sciences. Le troisième chapitre aborde en particulier l'évaluation de la qualité du processus d'argumentation en tant que révélateur d'un processus d'apprentissage.

Chapitre 1. L'activité enseignante et son inscription dans le contexte

Dans ce chapitre, je m'intéresse à l'activité de l'enseignant. Je situe d'abord rapidement cette activité dans le cadre de l'approche ergonomique et de l'analyse du travail, puis je m'intéresse plus précisément à l'activité empêchée et enfin examine les mécanismes de prise de décision des enseignants.

1.1 Approche ergonomique

Je me situe dans une approche ergonomique. L'Association Internationale d'Ergonomie définit l'ergonomie comme (Karwowski, 2005, 2012) :

> *the scientific discipline concerned with the understanding of the interactions among humans and other elements of a system and the profession that applies theory, principles, data, and methods to design in order to optimize human well-being and overall system performance.*

Cette approche vise à rendre compatibles les tâches, environnements et systèmes avec les besoins, capacités et limites des humains en situation de travail, en plaçant l'humain au centre et en considérant toutes les dimensions de la situation de travail, aussi bien physiques, cognitives, sociales, environnementales qu'organisationnelles. Ses objectifs sont par exemple d'améliorer la performance, la fiabilité, de réduire la fatigue, le stress, les pertes de temps, d'améliorer l'environnement de travail, la facilité d'usage (Karwowski, 2005, 2012).

L'approche ergonomique cherche ainsi à comprendre les relations entre les humains et leur environnement de travail au sens large, en s'intéressant à une grande variété de facteurs. Ces facteurs listés par Karwowski sont multiples : les caractéristiques des personnes, les structures de communication, les dispositifs de contrôle, leur disposition et leur organisation, l'organisation du poste de travail, l'environnement physique, l'espace et la liberté de mouvements, les caractéristiques des systèmes de production et l'organisation du travail, la santé et la sécurité, les conséquences sociales et économiques du travail, les méthodes et techniques déployées.

La finalité de l'approche ergonomique est la qualité de vie au travail, comprise comme garantie de la pérennité de la performance du système (service ou production). Pour Karwowski, la performance de l'individu au travail est le résultat de la compatibilité des caractéristiques de l'individu et des exigences et opportunités (affordances) présentées par la technologie et l'environnement, comme l'illustre la figure 3.

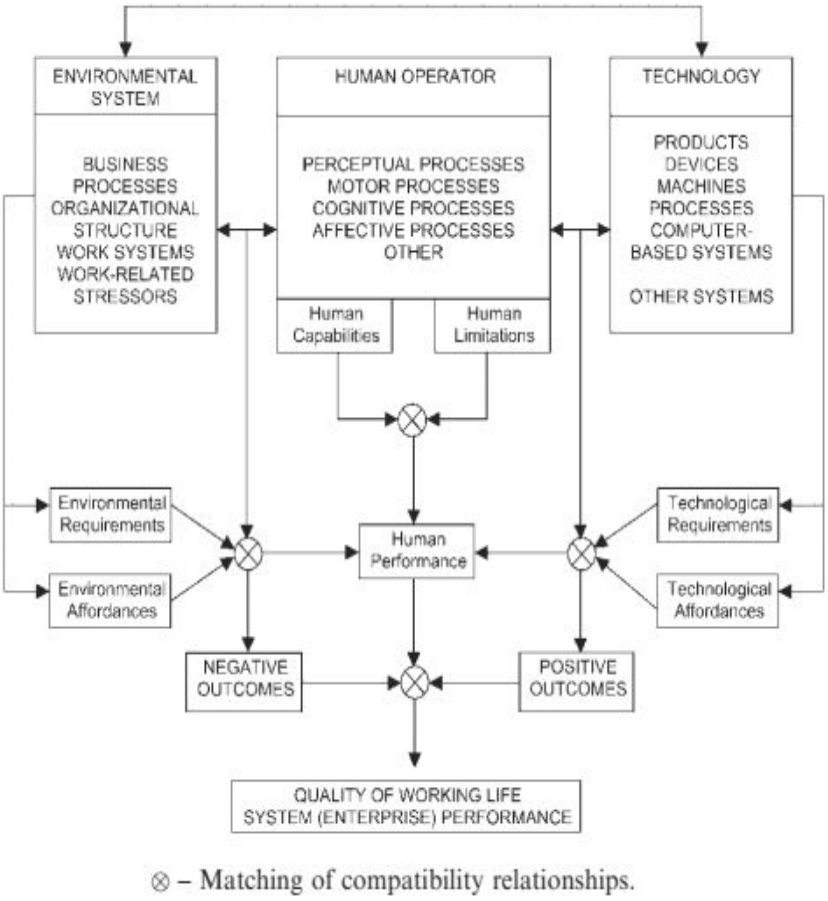


Figure 3. Une approche ergonomique de la compatibilité entre opérateur humain et environnement de travail d'après Karwowski (2005, p. 443).

Dans le schéma proposé par Karwowski, l'approche ergonomique étudie les liens entre les processus mis en œuvre par l'individu au travail, son environnement et les technologies présentes. Dans cette étude, je m'intéresse spécifiquement à l'activité de l'enseignant, telle qu'elle peut être décrite dans l'approche ergonomique de langue française. Les aspects technologiques du travail de l'enseignant ne seront pas abordés, mais uniquement les aspects environnementaux. En particulier, les affordances environnementales seront examinées dans la suite de ce chapitre au paragraphe 1.4 et les capacités humaines de perception visuelle seront abordées au chapitre 2.

1.2 Analyse du travail : la tâche et l'activité

L'analyse du travail distingue la tâche et l'activité (Leplat, 1997, 2015, Pastré, 2002, 2007). Dans cette partie, je reprends d'abord les définitions, puis je m'intéresse à l'écart entre tâche et l'activité, en particulier dans le cas du travail enseignant.

1.2.1 Prescription, action et activité

Leplat (1997, 2015) distingue dans l'analyse du travail ce qui différencie la tâche prescrite de l'activité réelle.

1.2.1.1 Prescription et action

Le travail repose sur des attentes, des prescriptions, qui peuvent prendre différentes formes telles que des fiches de postes, instructions, gammes, consignes. Pour Leplat (1997, 2015), la prescription comporte une part d'explicite, mais aussi une part d'implicite, qui correspond à la représentation que l'individu se fait de ce qui est attendu de lui par l'organisation. La tâche est le travail prescrit. L'action de l'individu répond à un but, elle est effectuée en direction du but, elle est observable et répond à la prescription (Leplat, 1997, 2015).

Dans le cas de l'enseignant, il faudrait plutôt parler des prescriptions que de la prescription. Les prescriptions sont en effet multiples, issues de différentes sources, et comportent des textes comme les programmes et référentiels. Un travail d'appropriation est rendu d'autant plus nécessaire par cette multiplicité des textes prescriptifs (Grangeat & Besson, 2005). Pastré (2007) considère la tâche d'un enseignant d'une part comme une tâche discrétionnaire dans laquelle l'écart entre résultats et moyens est à la charge de l'individu, et d'autre part comme une tâche à dimensions multiples, répondant à différentes préoccupations que l'individu gère simultanément. C'est ce que Bucheton et Soulé (2009) nomment le multi-agenda de l'enseignant. Ria (2008) souligne que la sur- prescription des objectifs associée à une certaine sous-prescription des moyens met l'enseignant dans une situation permanente de tension entre les différents objectifs éducatifs et ses conditions effectives d'enseignement.

1.2.1.2 Activité

Leplat (1997, 2015) considère l'activité comme imprescriptible dans la mesure où elle dépend étroitement du milieu dans lequel s'effectue le travail et des conditions de sa réalisation. L'activité correspond à ce qui est réellement effectué par l'individu en situation, ce qui la rend différente de la

tâche prescrite. Leplat (1997, 2015) souligne que l'activité répond à un motif qui n'est pas limité aux objectifs prescrits, mais qui inclut aussi des objectifs intériorisés par l'individu. Ces objectifs intériorisés dépendent de la représentation que le sujet a de son travail et peuvent ainsi être différents de la prescription initiale, il en découle que l'activité résulte d'un couplage entre la tâche et l'individu.

1.2.2 L'écart entre tâche et activité

On observe toujours un écart entre tâche et activité. Hubault et Bourgeois (2004) proposent une interprétation de cet écart tâche-activité en rapprochant la tâche de la conception (par un autre que celui qui réalise le travail réel), et l'activité de la réalisation (par l'opérateur). Si on adopte un point de vue systémique, comme Guérin, Laville, Daniellou, Duraffourg, et Kerguelen (1991) l'écart est inévitable et s'explique par les ajustements que l'individu doit effectuer pour faire face au caractère dynamique de la situation de travail, et aux interactions entre différents éléments de la situation. L'activité est vue comme un compromis nécessaire qui tient compte des objectifs assignés, des conditions de réalisation réelles, et de caractéristiques propres à l'individu comme ses capacités à atteindre les objectifs ou sa perception de reconnaissance sociale. Leplat (1997, 2015) considère également ces différences comme irréductibles et inhérentes à la nécessaire adaptation des individus aux situations de travail. Il insiste sur le rôle du contexte en tant que déterminant de l'activité réelle. L'activité se déroule en effet dans un contexte caractérisé par un environnement physique, des moyens techniques, et comporte aussi toujours une part de collectif. L'environnement physique peut être une gêne ou un élément facilitant. Dans ce dernier cas, il devient alors un moyen, un outil à la disposition du sujet.

Comme le montre la figure 2, l'activité telle que l'envisage Leplat (1997) résulte d'une part de la prescription institutionnelle, d'autre part de l'agent (auto-prescription, objectifs intériorisés, valeurs), qui la redéfinit, et enfin du contexte (environnement physique, moyens, interactions entre individus), qui participe à son actualisation.

Il est à noter que la tâche réalisée par l'agent n'est pas réductible à l'action et comporte une part non observable du point de vue de l'analyste (Leplat, 2015). Cette part non observable comporte la part empêchée de l'activité.

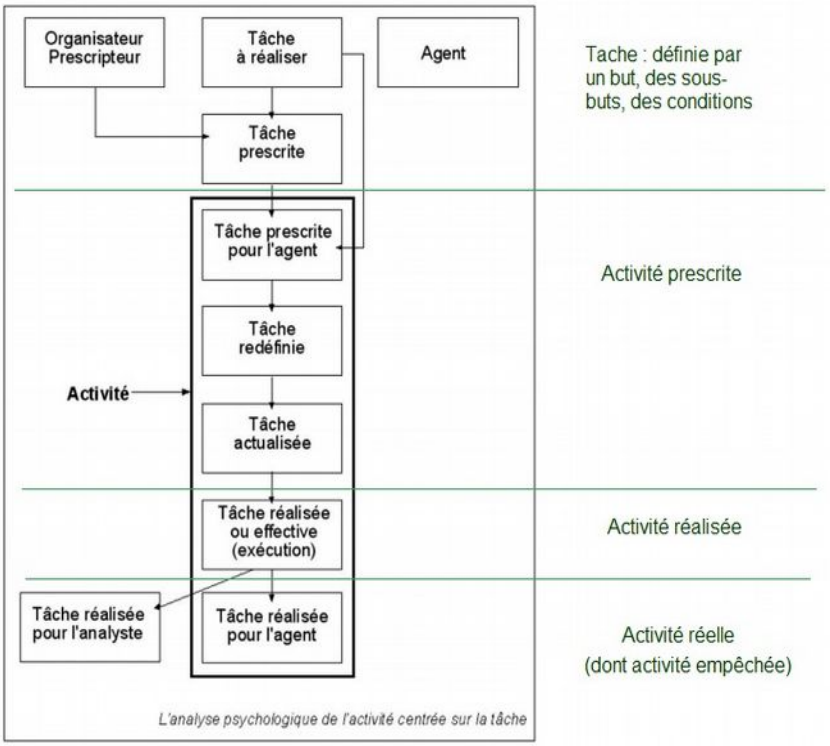


Figure 4. La tâche et l'activité – adapté de Leplat (1997, p. 17).

1.3 L'activité empêchée

Dans cette partie, je m'intéresse cette part de l'activité prévue qui n'est pas réalisée. Je décris d'abord le conflit de logiques et les compromis d'où émergent le travail réel, observable. Je mets ensuite en lumière le poids de l'activité empêchée et ses conséquences pour l'individu, en particulier le stress voire la souffrance au travail et je décris les stratégies d'adaptation pour faire face à ces situations d'activité empêchées. Je reviens sur la place du genre et du style professionnel dans le pouvoir d'agir de l'individu confronté à l'activité empêchée.

1.3.1 Activité réalisée, activité réelle, activité empêchée :un compromis entre des logiques en tension

Pour Noulin (1992), l'efficacité résulte de l'activité des individus confrontés à un conflit de logiques, qui nécessite un arbitrage : la logique technique et organisationnelle, et la logique du vivant. L'activité apparaît ainsi comme le compromis entre les exigences organisationnelles et les possibilités humaines. La recherche de l'efficacité passe alors par ce compromis entre travail prescrit et travail réel, compromis entre ce qu'il faudrait faire et ce qui semble hors d'atteinte et

utopique. Ce compromis se construit par une continuelle prise de micro-décisions, une suite d'arbitrages qui se traduisent par un comportement observable.

Cependant certaines actions ne sont pas observables puisque non réalisées, et ne sont accessibles que par l'entretien avec le sujet. Clot, Faïta, Fernandez, et Scheller (2000, p. 2) décrivent l'activité réelle comme dépassant l'activité réalisée, par cette part obscure et conflictuelle qu'elle comporte :

> *(…) selon nous, le réel de l'activité est également ce qui ne se fait pas, ce que l'on cherche à faire sans y parvenir — le drame des échecs — ce que l'on aurait voulu ou pu faire, ce que l'on pense pouvoir faire ailleurs. Il faut y ajouter — paradoxe fréquent — ce que l'on fait pour ne pas faire ce qui est à faire. Faire, c'est bien souvent refaire ou défaire.*

Le poids de cette part masquée, suspendue, non réalisée est pour eux tout aussi important que celui de l'activité réalisée.

1.3.2 L'activité empêchée et ses conséquences

L'individu n'est pas passif dans le conflit entre ce qu'il voudrait faire et ce qu'il fait réellement. Clot (1997) observe que l'individu peut tenter de détourner les contraintes du métier pour éviter de les subir. Il décrit un usage détourné par les conducteurs de train d'un système de vitesse automatique, qui perd son usage de régulation de vitesse pour devenir un outil de contrôle de sa propre vigilance. Rabardel (1995) appelle catachrèse ce détournement inventif des fonctions d'un outil. Sans doute l'enseignant dans sa classe déplace et détourne aussi certaines contraintes inhérentes à son activité.

Les actions empêchées peuvent être la cause de stress et de souffrance au travail. Clot (2015) s'attache en particulier à ce qui relève de la qualité empêchée et des situations dans lesquelles le compromis devient conflit. En ce qui concerne le travail enseignant, la perte de sens de l'activité (l'action d'enseigner) est un facteur très fort dans ce conflit, et l'adaptation aux situations de travail peut devenir difficile. Laugaa et Bruchon-Schweitzer (2005) ont décrit une stratégie d'adaptation au stress spécifique au monde enseignant, cette stratégie est le recours à un mode d'enseignement traditionnel. Elle apparaît également, sous une dénomination très semblable « adopt a conservative approach to teaching », dans la recherche de Dewe (1985, p. 36). En recourant à cette stratégie, l'enseignant maintient la discipline (les élèves doivent être tranquilles, occupés, séparés ou isolés si nécessaire), se comporte de façon autoritaire et adopte des « habitudes ».

Si le stress amène l'enseignant à se conformer aux canons du genre professionnel de cette manière formelle, on peut se demander si cette tendance est renforcée par l'adéquation de cette posture à la configuration de son espace de travail.

1.3.3 Pouvoir d'agir, genre et style

Clot (2008) est à l'origine de l'idée de « pouvoir d'agir ». Le pouvoir d'agir « mesure le rayon d'action effectif du sujet ou des sujets dans leur milieu professionnel habituel, ce qu'on appelle le rayonnement de l'activité, son pouvoir de recréation » (Clot, 2008, p. 13). Les empêchements de l'activité réduisent le pouvoir d'agir de l'individu.

Le pouvoir d'agir est hétérogène, il associe trois concepts en tension, efficacité, efficience et sens. Pour Kostulski, Clot, Litim, et Plateau (2011, p. 132) l'« efficience et le sens de l'action sont (...) les deux objectifs en tension et parfois contradictoires qui guident l'efficacité des gestes du professionnel ».

Clot (2008) identifie trois termes permettant de réfléchir aux moyens de conforter ou rétablir le pouvoir d'agir : le travail prescrit, le travail réel et le genre professionnel, qui correspond aux obligations partagées par le collectif au travail. Le genre rassemble l'implicite de l'activité et définit des façons de travailler acceptables et reconnues par le collectif. C'est ainsi la référence qui permet à l'individu de juger et d'estimer l'action des autres, de se situer et d'évaluer sa propre action.

Clot souligne que le genre a une stabilité limitée dans le temps, les individus le retouchent et l'ajustent en fonction des situations et des nouvelles contraintes. Chaque individu mobilise ses propres ajustements et agit avec son propre style professionnel. Le dialogue entre pairs est un révélateur du genre et du style qui deviennent dans l'échange des objets visibles et discutables (Clot, 2008).

L'activité est donc pour chaque individu en tension entre le métier tel qu'il est défini par la prescription, le métier des autres représenté par le genre professionnel et son métier propre représenté par son style. Dans l'enseignement, l'espace de travail ne fait pas actuellement partie intégrante de la prescription, il semble plutôt résulter d'habitudes, être un fait culturel et sociétal. La prescription réside davantage dans le type de démarche à utiliser avec les élèves. Il peut cependant exister une association entre la salle de classe traditionnelle, en rangs et le genre professionnel. Le style apparaît avec la question « Comment je fais mon métier, comme je l'entends, dans l'espace de classe spécifique qui m'est attribué ? » On peut se demander comment et dans quelle mesure le contexte matériel du travail, et en particulier l'espace physique a une action sur le pouvoir d'agir de l'enseignant et sur son style professionnel.

1.4 Prises de décision des enseignants

Dans la classe, au quotidien, les professionnels sont confrontés à des situations variables et sont amenés pour agir à prendre une multitude de micro-décisions, souvent en situation d'incertitude. Je présente dans cette partie trois modèles qui éclairent les mécanismes qui sous tendent ces prises de décision dans l'action. Le premier est le modèle des savoirs processus de Grangeat (2010), le second le modèle des TPK de Gess-Newsome (2015), le troisième est celui des TPK en contextes de Grangeat et Hudson (2015). Partant de l'idée que la perception des affordances en situation participe aux mécanismes de prise de décision de l'enseignant, je m'intéresse enfin à ce concept déjà mentionné au début de ce chapitre.

1.4.1 Savoirs processus

Le modèle des Work Process Knowledge (WPK) est issu de recherches concernant l'industrie et les services (Boreham, 2004). Il est adapté à l'approche systémique de situations complexes et incertaines. Boreham oppose aux connaissances professionnelles actives et mobilisables des connaissances inertes acquises en formation mais non appliquées ou applicables en situation. Les WPK sont construites individuellement, mais aussi collectivement. Elles s'appuient d'une part sur la culture professionnelle et d'autre part sur les outils du travail, qui constituent des ressources partagées par les acteurs (Boreham, 2004).

Grangeat (2010) s'appuie sur le cadre théorique d'Engeström (1999) pour adapter le modèle des WPK à l'enseignement : le système d'activité de l'individu prend en compte le collectif de travail et ses règles. Ce modèle souligne que l'individu n'est pas isolé au travail. Il exerce son activité au sein d'une communauté, et partage son activité avec d'autres qui travaillent à un objet commun. Le but poursuivi donne sens à l'action individuelle.

Pour Grangeat (2010) le savoir processus est une unité identifiable du système de représentation de l'activité de l'individu au travail, et la compétence d'un individu peut être estimée par l'étendue des savoir processus qu'il met en œuvre pour faire face à une situation. Le savoir processus comporte quatre éléments :

- L'indice, qui est l'information repérée comme pertinente par le sujet dans la situation en fonction du but qu'il se fixe.
- Le but, qui est le mobile de l'activité du sujet, ou le pour quoi de l'action.

- Une ou des règles d'action, qui répondent à la situation et déterminent le comment de l'action.
- Des connaissances de référence qui permettent le choix et la justification de la stratégie mise en œuvre dans l'action, ou le pourquoi de l'action.

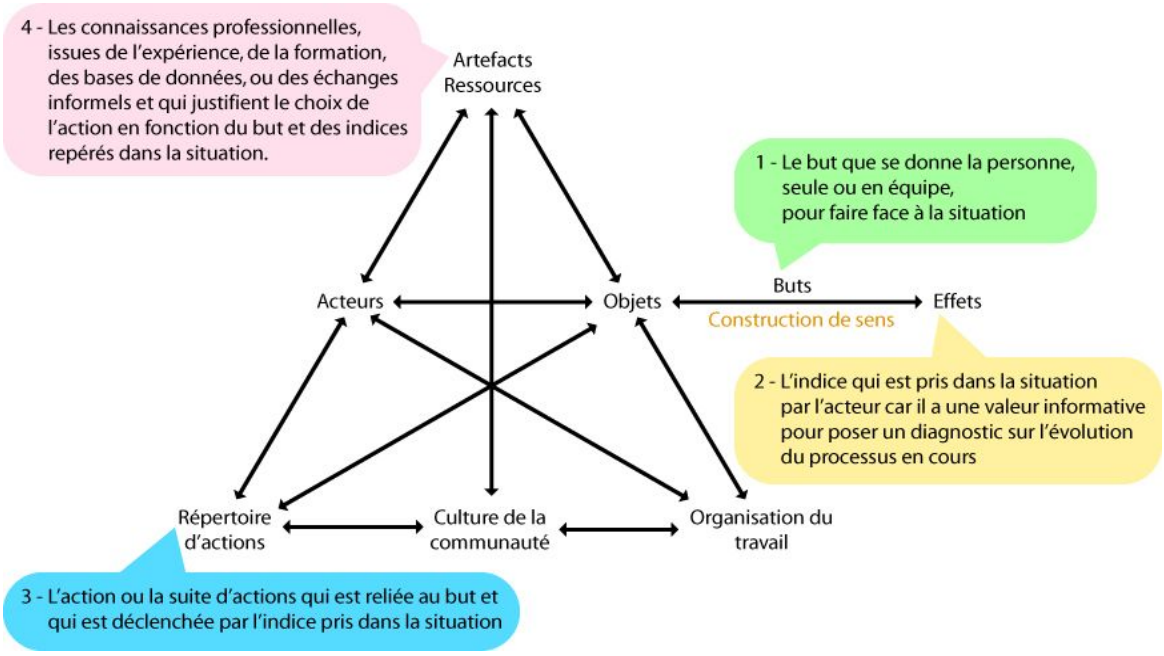


Figure 5. Les quatre éléments des savoirs processus -Extrait de Grangeat (2010).

1.4.2 PCK et modèle de l'activité de l'enseignant en contextes

Les connaissances de référence sur lesquelles l'enseignant s'appuie dans son action peuvent être envisagées comme les PCK au sens de Schulman (1986). Les PCK sont les connaissances professionnelles nécessaires pour représenter et formuler un contenu de façon à le rendre intelligible pour autrui. Elles reposent sur l'effort nécessaire à la transmission d'un contenu spécifique en s'adaptant à des élèves réels, à leurs diverses capacités et à leurs intérêts (Schulman, 1986). Une description consensuelle des PCK a été proposée lors du « PCK Summit » d'octobre 2012 (Gess-Newsome et al., 2013, in Garritz, 2015, p. 464). Elle décrit les PCK comme :

> *personal attribute of a teacher, considered both a knowledge base and an action. It is the knowledge of, reasoning behind, planning for, and enactment of teaching a particular topic in a particular way for a particular reason to particular students for enhanced student outcomes*

De même que les WPK s'appuient sur les outils du travail, l'activité des enseignants est transformée par des outils. La mise en œuvre de l'enseignement (enacment of teaching) telle qu'elle apparaît

dans la définition des PCK suppose la conception et l'utilisation d'outils de transmission du contenu par l'enseignant.

Le terme d'outils pédagogiques nécessite d'être défini plus précisément. Rabardel (1995) distingue les artefacts, outils et instruments. Il envisage l'artefact comme un objet technique détaché de sa relation avec l'utilisateur, à la différence de l'outil qui est un artefact associé à un usage possible par l'utilisateur. Il définit l'instrument comme la combinaison d'un artefact, associé à ses contraintes et potentialités d'usages et les modalités effectives d'utilisation de cet artefact par l'individu. Il souligne que les potentialités d'un instrument sont en relation avec les modalités d'usage en cours dans le métier et des expérimentations plus individuelles.

On peut donc parler d'outils dès qu'un usage est envisagé, d'instruments dès lors que l'outil est effectivement utilisé et que l'individu se l'est approprié. Les outils utilisés par l'enseignant sont de deux natures, matérielle et intellectuelle. Ils font partie de l'environnement d'enseignement dans sa globalité, autrement dit du contexte.

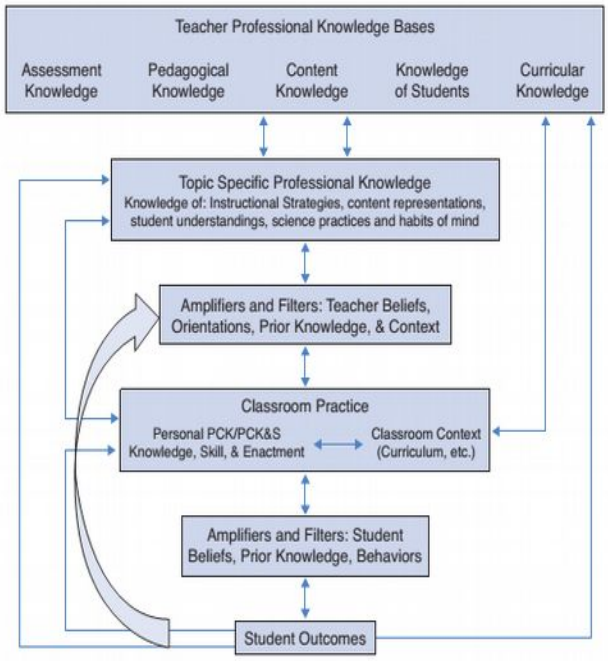


Figure 6. Modèle TPK de Gess-Newsome – extrait de Garritz (2015, p. 78).

Le contexte est présent dans le modèle de Gess-Newsome (2015). Il fait partie intégrante des Amplificateurs et Filtres. A ce titre, le contexte est susceptible de faciliter, compliquer, ou orienter la transmission d'un contenu spécifique vers les élèves et il interagit avec les pratiques de classe. Grangeat et Hudson (2015) s'intéressent au rôle du contexte, plus précisément à la médiation de l'enseignement par le contexte, et à la construction des compétences des enseignants en contextes.

Ils distinguent trois contextes qui agissent sur les connaissances professionnelles des enseignants, le contexte instrumental, le contexte de classe et le contexte social.

- Le contexte instrumental nourrit les connaissances de l'enseignant et interagit avec elles. Les connaissances sont ainsi transformées par l'utilisation des instruments. Le contexte instrumental comprend des artefacts comme les manuels, les ressources, le matériel d'enseignement, la disposition du mobilier, les technologies digitales ou non. Il comporte également le parcours de formation de l'enseignant, susceptible de transformer les pratiques de classe par les outils, artefacts et concepts discutés en formation, ou échangés avec d'autres.
- L'action de l'enseignant s'insère dans un environnement social, elle s'appuie sur une organisation collective, une micro-culture de l'établissement qui l'entoure et structure ses pratiques.
- Le contexte de classe interagit directement avec les connaissances de l'enseignant par la rétroaction permanente qu'exercent les réactions des élèves sur l'enseignement.

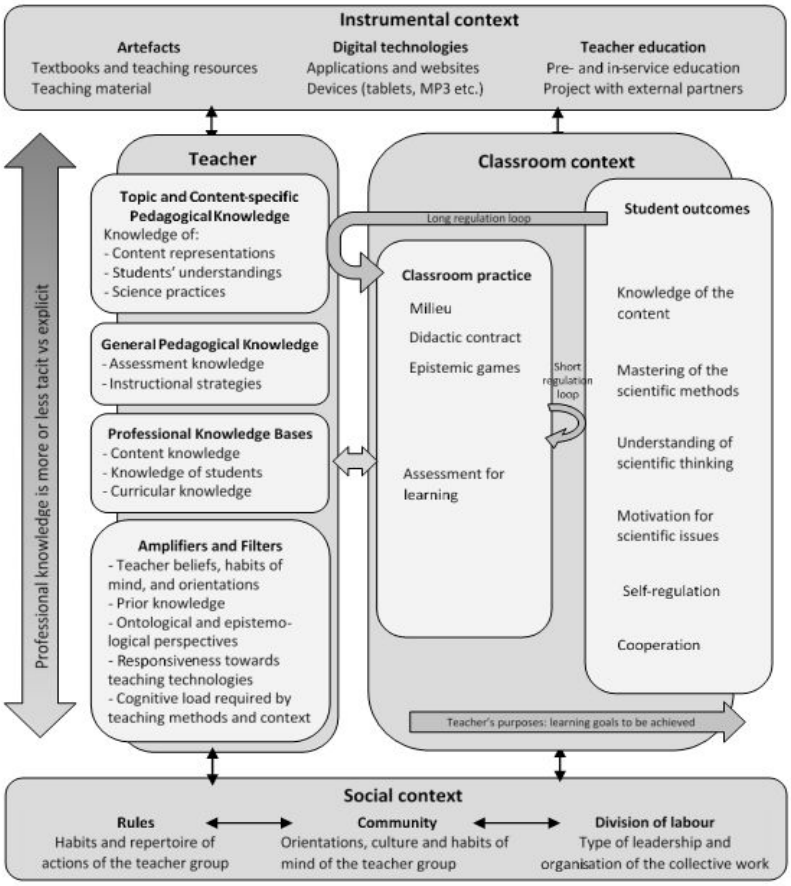


Figure 7. Le modèle des PCK in CS – Extrait de Grangeat & Hudson (2015, p. 198).

L'action de l'enseignant en contextes est guidée par un système d'amplificateurs et de filtres. Ses croyances et habitudes, ses connaissances, sa manière d'être, sa sensibilité et sa perception des technologies, la charge cognitive requise pour enseigner sont des éléments constitutifs de ces filtres et amplificateurs, qui interagissent avec sa pratique de classe.

Ces amplificateurs et filtres participent à sa capacité de reconnaissance « au fil de l'eau » des affordances présentées par la situation de classe (Grangeat & Hudson, 2015).

1.4.3 Affordances

Gibson (1979) a le premier employé le néologisme « affordance » dans le domaine de la perception visuelle des animaux. Il se situe dans une approche écologique. Il construit le mot affordance pour désigner ce que l'environnement peut offrir, pourvoir, fournir à un animal. L'affordance désigne à la fois l'environnement, l'animal et leur complémentarité dans l'action. Gibson propose de définir les propriétés physiques de l'environnement non pas de manière absolue, mais en faisant référence aux caractéristiques de l'animal considéré. Il précise par un exemple cette adaptation à l'individu : un rocher plat à hauteur de genoux pour un adulte constitue pour lui une affordance, il est « assoyable » pour l'adulte, il ne sera pas « assoyable » pour un petit enfant et ne présente donc pas d'affordance pour lui. Un outil peut ainsi présenter différentes affordances, qui sont perçues par un animal doté de mains. S'il présente une poignée, on pourra le serrer, ou le porter. Un objet pointu avec un bord fin peut servir à couper, servir de levier, de poinçon. Un objet qu'on tient bien en main peut être lancé. L'affordance est liée aux caractéristiques de l'objet et de l'individu, et indépendante de l'expérience ou la culture de l'individu, elle émerge d'un processus qui concerne le système individu-environnement (Gibson, 1979). J'illustre comment je comprends dans un premier temps cette idée en figure 8.

Figure 8. Une affordance d'« assoyabilité ».

Warren (1984) formalise mathématiquement l'affordance de « montabilité » offerte par un escalier. Son expérience compare les affordances perçues par deux groupes de personnes de tailles différentes par rapport à différents escaliers dont la contremarche est plus ou moins haute. Les personnes n'ont pas à faire l'action réelle mais à juger la « montabilité » à partir d'une image projetée. Il mesure un seuil critique de « montabilité » identique chez les deux groupes, qui est un ratio entre la taille de leur jambe et la hauteur de contremarche.

Gibson's Affordances
• Offerings or action possibilities in the environment in relation to the action capabilities of an actor • Independent of the actor's experience, knowledge, culture, or ability to perceive • Existence is binary – an affordance exists or it does not exist
Norman's Affordances
• Perceived properties that may or may not actually exist • Suggestions or clues as to how to use the properties • Can be dependent on the experience, knowledge, or culture of the actor • Can make an action difficult or easy

Figure 9. Différences dans l'approche des affordances de Gibson et de Norman- extrait de McGrenere &Ho (2000, p. 3).

McGrenere et Ho (2000) résument les principales différences entre deux approches des affordances, celle de Gibson et celle de Norman. Norman (1988) considère l'affordance comme résultant d'une interprétation mentale de la perception que l'individu a de l'objet, fondée sur ses connaissances et expériences antérieures.

Gaver (1991) soutient l'idée que le design de l'objet suggère les affordances par les informations qu'il transmet. Il distingue les affordances apparentes des affordances cachées. Il parle même de fausses affordances dans le cas d'une information visuelle trompeuse. Il considère les affordances comme la rencontre de propriétés intrinsèques à l'objet, de possibilités d'action d'un individu, de la lisibilité des informations attachées à l'objet par son système perceptif et de la pertinence des actions offertes au regard de sa culture.

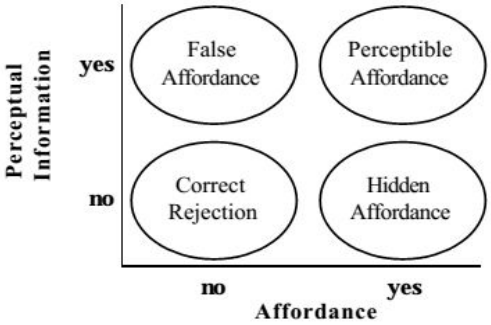


Figure 10. Différents types d'affordances – extrait de Gaver (1991, p. 2).

Deux définitions de l'affordance sont actuellement en débat dans l'approche écologique. L'affordance est vue soit comme une propriété intrinsèque de l'environnement (Turvey, 1992), soit comme une propriété de la relation individu-environnement offrant une opportunité pour l'action (Stoffregen, 2003). Dans cette seconde perspective, les affordances sont des faits qui existent en tant que propriétés du système individu-environnement. Stoffregen (2003) décrit les comportements comme le résultat de la rencontre d'une affordance et d'une intention. Il considère que les affordances sont multiples, voire illimitées dans une situation donnée, mais ne sont pas toutes exploitées. Leur exploitation résulte d'un choix effectué par l'individu.

1.5 Conclusions du chapitre 1

A l'issue de ce premier chapitre, différents point ressortent.

- **L'activité de l'enseignant est un compromis, en tension entre prescriptions et contexte**

Enseigner est un métier qui peut être décrit par une approche ergonomique. Cette approche permet l'étude de la qualité de vie de l'enseignant au travail, dans l'exercice quotidien de son activité (Karwowski, 2005, 2012). L'activité de l'enseignant résulte de prescriptions multiples, d'une auto-prescription, et du contexte d'exercice. Il existe de ce fait une tension entre les objectifs prescrits ou auto-prescrits (Leplat, 1997, 2015 ; Ria, 2008), et les conditions effectives d'enseignement. L'activité est un compromis entre différentes logiques et il peut exister des contradictions entre la prescription, le contexte, le genre et style professionnel.

La description fine de l'activité au moyen des savoir processus (Grangeat, 2010) permet de comparer l'activité et le style professionnel de différents enseignant, ou d'un même enseignant dans deux contextes différents, afin d'approcher le rôle du contexte. La spécification des savoirs processus nécessite d'accéder à quatre éléments :

- l'indice repéré par l'enseignant en situation, déclencheur de l'action,
- le but poursuivi par le sujet,
- une ou des règles d’action, modes de réponse à la situation,
- les connaissances de référence qui justifient la stratégie mise en œuvre.

Certains de ces éléments apparaissent comme dépendants du contexte. Par exemple, les indices déclencheurs de l'action dépendent de la perception qu'a l'enseignant de la situation,

dans l'environnement d'enseignement, et il existe probablement des interactions entre l'environnement et les connaissances de références

- **L'environnement physique, élément du contexte instrumental, peut gêner ou faciliter l'activité.**

L'environnement physique peut être gênant ou facilitant (Leplat, 1997, 2015). La part empêchée de l'activité génère du stress au travail (Clot, 2015). On peut se demander quelle part de l'activité de l'enseignant est effectivement empêchée par l'environnement matériel, et quelles sont les conséquences sur la posture et le style professionnels.

La disposition du mobilier dans la classe fait partie du contexte instrumental (Grangeat et Hudson, 2015). On peut se demander comment l'enseignant s'approprie son environnement physique de travail en tant qu'instrument (Rabardel, 1995), comment il utilise l'espace et comment il perçoit (et aussi apprend à percevoir) les affordances spatiales (Gibson, 1979 ; Gaver, 1991) dans la situation d'enseignement, comment il détourne son usage (Clot, 1997).

L'observation directe de l'enseignant semble pour mon étude un outil adapté pour comprendre en quoi les affordances spatiales perçues peuvent modifier les actions de l'enseignant en favorisant ou non les interactions enseignant-élève et entre élèves dans le cadre du travail en groupe dans les enseignements scientifiques fondés sur l'investigation.

La figure 11 présente une synthèse de ces différents éléments.

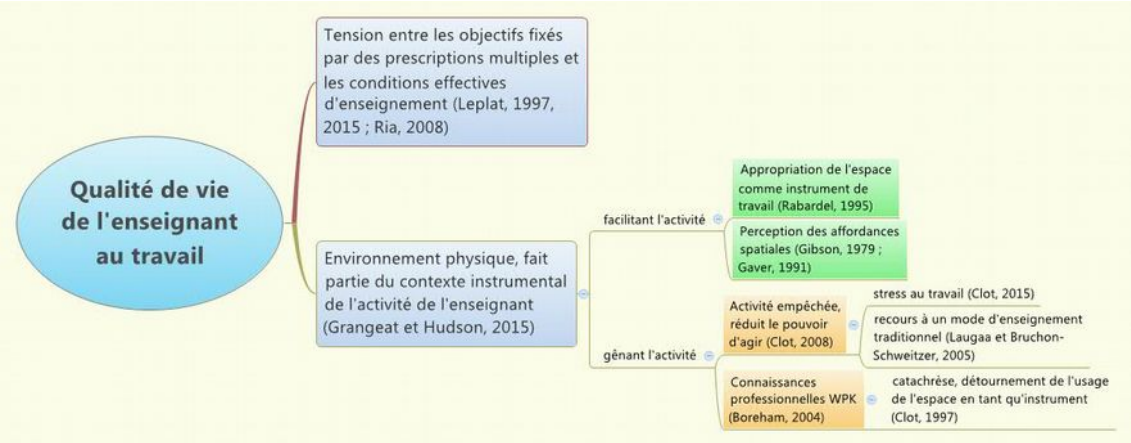


Figure 11. L'environnement physique, élément du contexte instrumental facilitant ou gênant l'activité de l'enseignant.

Chapitre 2. L'espace en tant que contexte

Les recherches sur la dimension spatiale de l'enseignement sont issues de différentes disciplines et de différents domaines.

De multiples études émanent des architectes. Ces études sur l'espace architectural sont souvent surtout centrées sur la construction de nouvelles écoles, la conception des nouveaux espaces. En particulier elles s'intéressent à la perception de l'espace par les élèves et enseignants, l'association des usagers à leur conception, et à l'évaluation des nouveaux espaces. On peut citer par exemple en Irlande l'étude de Darmody, Smyth, & Doherty (2010) qui s'appuie sur des entretiens/questionnaires avec différentes catégories d'usagers de l'école primaire (élèves, enseignants, chefs d'établissements, inspecteurs) pour faire apparaître leurs perceptions des interactions entre le «schooldesign», l'apprentissage et l'enseignement. Ils s'intéressent également aux prescriptions (guidelines of schooldesign) et discutent du rôle du « school design » en pointant les paramètres suivants : taille de l'école, taille de la classe (nombre d'élèves par classe et densité), espace intérieur, utilisation des nouvelles technologies, espaces extérieurs. Ils proposent des axes de design futur. Dans ce type d'étude, les données utilisées sont essentiellement de type auto-rapporté.

D'autres recherches sur l'espace architectural sont commandées ou portées par les institutions. Dans un article pour l'OCDE, Lippman (2010) questionne les pratiques professionnelles des architectes et souligne la nécessité de prendre en compte les usagers/utilisateurs/destinataires de l'espace. Dans un document de synthèse pour l'Unesco, Bernard (2012) recense les études centrées plus particulièrement sur le rôle de l'espace physique et de l'espace social dans les apprentissages et souligne que :

- Les fondements théoriques sur lesquels s'appuient les études de l'environnement d'apprentissage faites jusqu'à présent sont souvent des idées anciennes. Les approches récentes s'appuient sur la théorie socio-constructiviste avec des apports ponctuels des neurosciences.
- La description des « environnements d'apprentissage » et « conditions d'apprentissage » fait appel à de multiples facteurs de contexte à prendre en compte. Mesurer ces facteurs paraît important pour améliorer les apprentissages, et évaluer ces environnements.

L'objectif de ce dernier type de recherche est essentiellement l'évaluation et l'amélioration de la qualité des environnements d'apprentissage. Bernard (2012) estime que la base de connaissances constituée par la recherche n'est pas exploitée à sa juste valeur, et qu'il y a de grandes disparités mondiales dans la mise en application des connaissances dans ce domaine. Le rapport souligne qu'il y a des environnements négatifs pour les apprentissages et que l'amélioration des environnements d'apprentissage pourrait contribuer à apporter des réponses dans des domaines comme le décrochage et la violence scolaire.

Cette recherche s'inscrit dans le champ de l'éducation, dans lequel le mot espace recouvre différentes significations, espace physique, espace social, espace relationnel, espace socio-cognitif , et maintenant, espace numérique ou virtuel. L'enseignant se déplace dans la classe, qui est son espace de travail. L'espace est un élément du contexte de l'activité enseignante, c'est un élément qui peut aider à la réalisation de l'activité ou au contraire contribuer à l'empêcher.

Un des objectifs de ce travail doctoral est de qualifier l'espace vécu par l'enseignant dans la classe à partir d'éléments empiriques. C'est pourquoi je m'intéresse dans ce chapitre aux différents concepts mobilisés ou mobilisables dans des recherches empiriques sur la dimension spatiale de l'enseignement et des apprentissages.

Je présente d'abord comment les géographes caractérisent l'espace construit, en distinguant l'espace conçu, espace pratiqué, et l'espace vécu. J'aborde ensuite la dimension sociale de l'espace au travers de la proxémie, et des structures de communication définies par le placement des individus. Je m'intéresse à l'espace d'enseignement et d'apprentissage au travers des interactions observées en milieu écologique dans la classe. Je décris l'espace sensoriel en m'intéressant en particulier à la perception visuelle des distances et des affordances. J'aborde enfin la caractérisation de l'espace physique en précisant les notions de distance et d'accessibilité. Je termine enfin cette section par une synthèse.

2.1 Espace construit

On peut s'intéresser aux espaces construits à différents niveaux d'observation. La géographie, l'urbanisme, la sociologie s'intéressent à l'espace à l'échelle macroscopique. L'architecture et l'éthologie se situent à une échelle intermédiaire. L'analyse psychosociale de l'environnement étudie l'espace à un niveau microscopique (Fischer, 2011). Elle utilise des concepts de territoire, d'appropriation, d'occupation de lieux par les individus ou les groupes d'individus en les examinant à la lumière des règles et des usages culturels spécifiques à un groupe social. (Fischer et Fousse,

2002). Cette étude s'intéresse à l'espace dans une approche microscopique. Elle examine également les apports des concepts utilisés au niveau macro et au niveau méso. Après m'être située par rapport aux concepts d'espace absolu et relationnel, je présente dans cette partie les espaces dit « de vie scolaire » en tant qu'espaces vécus révélateurs de valeurs spécifiques, et l'espace de la salle de classe en tant qu'artefact symbolique supportant un réseau de relations.

2.1.1 Espace absolu et espace relationnel

Rißler, Bossen, et Blasse (2014) mentionnent deux conceptions de l'espace. La première conception est celle de l'espace absolu (*absolute container model*), qui s'attache à l'espace physique dans sa matérialité et aux effets des arrangements spatiaux sur les individus. C'est un espace considéré comme statique et neutre (Ahrens, 2009, in Rißler, Bossen, & Blasse, 2014). Dans cette approche, les effets sur les individus relèvent de l'interprétation subjective qu'il se font de l'espace. Le concept d'espace relationnel (*relational-spatial model*) s'oppose à cette première approche. Löw (2001) argumente que le concept d'espace absolu ne permet pas d'offrir un modèle explicatif des phénomènes sociaux qui s'y déroulent. Elle propose un modèle relationnel comportant deux composantes interdépendantes, l'ordonnancement spatial des biens et des personnes, et les actions résultant de cet ordonnancement. Dans cette étude, je me situe dans cette dernière approche.

2.1.2 Espace scolaire conçu, perçu, et vécu, révélateur de valeurs scolaires

Cette triplicité de l'espace est conceptualisée par Lefebvre (1974). Martin (2006) décrit ainsi les trois idées qui fondent la pensée spatiale de Lefebvre :

> *La première, celle de« production de l'espace » a fini par être admise, malgré les réticences. La seconde, celle de « triplicité de l'espace », souvent reprise, reste néanmoins source de confusions. La troisième, celle de « conflictualité de l'espace » reste pour beaucoup, du fait de sa mise en cause du « consensus spatial », toujours la plus difficile à admettre.*

L'idée de production de l'espace suggère que l'espace est un produit social, qui est un instrument de la pensée et de l'action. La triplicité de l'espace propose de faire une distinction entre l'espace perçu, l'espace conçu et l'espace vécu. La conflictualité de l'espace suppose que l'espace n'est pas un cadre inerte où se déroule l'action, mais il peut en être un instrument, et un changement social suppose la production simultanée d'un espace approprié (Martin, 2006).

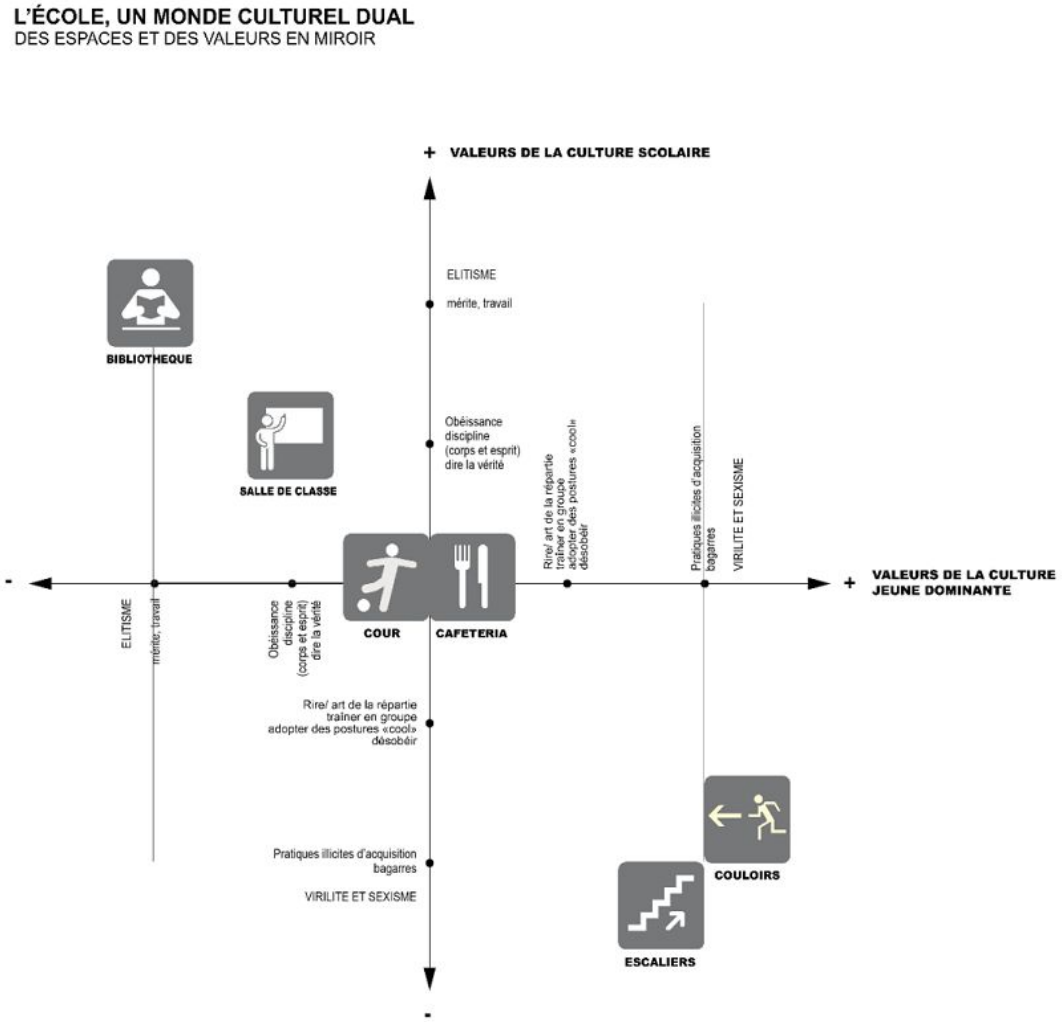


Figure 12. Espaces scolaires et valeurs – extrait de Monnard (2017, p. 37).

Monnard (2017) étudie l'espace scolaire sous l'angle ethnographique en partant de l'idée de triplicité de l'espace. Elle considère l'espace scolaire ***conçu*** comme un dispositif spatial, qui offre aux élèves des ressources et des contraintes pour se construire entre pairs. L'espace scolaire ***perçu*** est l'espace tel qu'il est pratiqué par les élèves, qui se le sont approprié. Cet espace intègre des normes territoriales d'allocation de l'espace et d'usage. L'espace scolaire habité et ***vécu*** est un espace social, clos, et à forte densité, où les élèves cohabitent ou vivent ensemble. Cet espace ***vécu*** détermine pour partie la perception de bien-être à l'école. L'auteure réalise par exemple une observation fine des usages et une cartographie des territoires, dans trois établissements genevois, en s'intéressant en particulier aux espaces qu'on appelle en France de « vie scolaire », autrement dit les espaces de circulation, de récréation, de culture, de restauration. Son étude révèle des relations sociales spatialisées très hiérarchisées selon l'âge, le genre, la culture juvénile et le milieu social. Elle propose une représentation des espaces scolaires et des valeurs qui s'y rattachent sur deux axes

représentant la culture scolaire et la culture juvénile. Les deux extrêmes dans cette représentation sont la bibliothèque, symbole d'élitisme, et les couloirs et escaliers, où s'expriment les valeurs de sexisme et de virilité. Il est à noter que la salle de classe, se situe à un niveau intermédiaire, entre la bibliothèque et la cour.

2.1.3 L'espace construit, artefact symbolique et réseau de relations

Fischer et Fousse (2002) proposent une lecture psychosociale de l'espace à deux niveaux.

Le premier niveau est celui de l'espace architectural, et sa lecture repose sur la notion d' « artefact symbolique » proposée par Davis (1984).

> *Davis appelle artefact symbolique les aspects de l'environnement physique qui orientent, individuellement ou collectivement, l'interprétation donnée à l'aménagement ; les artefacts symboliques véhiculent ainsi quatre messages principaux : la nature des activités et leurs priorités, le statut des individus (reconnaissance de la valeur personnelle et pouvoir), l'orientation vers une tâche et la qualité de l'environnement .*

(Fischer et Fousse, 2002, p. 4)

Le second niveau est celui de l'aménagement intérieur porteur d'un réseau de relations, qui amène les individus à être plus ou moins proches les uns des autres, et qui organise et oriente les communications.

2.1.3.1 Espace architectural

L'école en tant qu'espace spécifique dédié à l'éducation apparaît à l'âge du bronze, dans la vallée de l'Euphrate, avec l'écriture. Les archéologues ont trouvé une multitude de tablettes d'exercice à l'écriture cunéiforme, et les fouilles ont mis au jour la première salle de classe (Cole, 2005)

Figure 13. Salle de classe sumérienne – extrait de Cole (2005, p. 200).

Le bâtiment scolaire est une construction humaine, autrement dit un artefact, dont la fonction première est d'abriter les activités d'enseignement et d'apprentissage.

Burke & Grosvenor, (2008) retracent l'évolution des bâtiments scolaires dans l'histoire, dans une enquête internationale très complète, illustrée par de nombreuses photos et archives sur l'étude et la construction des bâtiments, et par des écrits tels que *handbooks* et recommandations officielles. Ils mettent en évidence que l'évolution de l'architecture a été liée dans un premier temps à des aspects sociaux (architecture calquée sur industrie par exemple, après avoir suivi les modèles du couvent, de l'église, de la caserne). Ils montrent que l'architecture scolaire a ensuite répondu à des besoins de représentation, d'affichage politique et idéologique (évoquer l'ordre, la puissance, la richesse) et qu'elle retrace aussi des besoins économiques (l'histoire du système éducatif, la massification). On retrouve ici la fonction d'artefact symbolique du bâtiment.

2.1.3.2 Aménagement intérieur

L'aménagement intérieur a fait l'objet de prescriptions depuis les années 1800. On trouve par exemple cet extrait du manuel de Sarazin pour l'enseignement mutuel (1829) cité dans le dictionnaire de Ferdinand Buisson (1911).

> *Au milieu de la salle, dans toute la longueur, des rangées de tables, de 15 à 20 places chacune, portant à l'une des extrémités (celle de droite) le pupitre du moniteur et la planchette des modèles d'écriture, surmontée elle-même d'une tige ou télégraphe, qui servait à assurer, par des inscriptions d'une lecture facile, la régularité des mouvements ; sur les côtés, et tout le long des parois, des séries de demi-cercles autour desquels se répartissaient les groupes d'enfants ; sur les murs, à hauteur du regard, un tableau noir où se faisaient les exercices de calcul et auxquels étaient suspendus les tableaux de lecture et de grammaire ; tout à côté, à portée de la main, la baguette dont s'armait le moniteur pour diriger la leçon ; enfin, au fond de la salle, sur une vaste et haute estrade, accessible par des degrés et entourée d'une balustrade, la chaire du maître, qui, s'aidant tour à tour, suivant des règles déterminées, de la voix, du bâton ou du sifflet, surveillait les tables et les groupes, distribuait les encouragements et les réprimandes, et réglait, en un mot, comme un capitaine sur le pont de son navire, toute la manœuvre de l'enseignement.*

L'aménagement intérieur est utilisé ensuite par le nouveau Régime comme un moyen de contraindre et hiérarchiser les relations entre élèves dans un souci de contrôle des Lycées considérés comme de foyers d'irréligion et de désordre (Le Cœur, 2011). Ce contrôle s'appuie alors sur une gestion séparée des entrées des élèves externes et internes, et la remise en place du banc d'honneur. En 1843, le dispositif spatial de la chaire et des gradins préconisé dans les instructions officielles de construction instaure des relations « de haut et de loin » entre enseignant et élèves. Plus tard, les prescriptions s'appuient sur les travaux des hygiénistes et l'aménagement est pensé de façon rationnelle en prenant en compte les besoins physiologiques des élèves. Les textes réglementaires

qui accompagnent les lois Ferry en sont le témoignage. Ils instaurent une salle de classe dont la configuration se généralise en même temps que le cours magistral (Le Cœur, 2011). Elle est caractérisée par de grandes fenêtres, placées préférentiellement à gauche des élèves, de hauts plafonds, et des rangées de tables faisant face au tableau.

Figure 14. Salle de classe répondant aux prescriptions des lois Ferry
extrait de Le Cœur (2011, p. 99).

Cette configuration de salle de classe spécifique définit un réseau de relations au travers de son agencement spatial. Il en est de même pour des espaces différents, tels que ceux que décrivent par exemple Burke et Grosvenor (2008), en recherchant le lien entre ces espaces et la pédagogie mise en place. Les auteurs évoquent Crow Highland School, (Dewey), Third teacher (pédagogie Reggio Emilia), l'espace porteur de situations pédagogiques (pédagogie Montessorri), l'espace répondant aux besoins de bien être de l'enfant (Piaget).

Pour revenir aux deux niveaux de lecture de l'espace de Fischer et Fousse (2002), la salle de classe de la figure 14 peut être examinée comme artefact symbolique et comme réseau de relations :

L'aménagement de cette salle de classe est un artefact symbolique qui transmet des messages tels que : dans cet espace, l'activité est l'enseignement et l'apprentissage, les individus ont des statuts différents, l'enseignant est la personne importante qui détient l'autorité, la tâche d'apprentissage suppose l'écoute et l'observation de ce qui se passe sur le devant de la salle, où se situe le tableau qui attire l'attention, l'environnement est lumineux et aéré. Cet environnement suggère par son ordonnancement l'action de regarder « devant », de regarder et d'écouter la personne debout et adulte, qui se trouve « devant ».

Cet espace définit aussi un réseau de relations, entre les élèves et l'enseignant et des élèves entre eux, simplement par l'agencement des individus. Ce réseau, support de la communication et des interactions constitue l'espace social.

2.2 Espace social

Dans cette section, je m'intéresse à l'espace dans son aspect social, en tant que support des communications verbales et non verbales. Je présente successivement comment la proxémie, la densité et la perception de *crowding*, la disposition des individus et la structure de communication qui en résulte, le choix de leurs places par les individus construisent l'espace social, c'est à dire l'espace des interactions.

2.2.1 Proxémie

Le terme proxémie appelle une définition. Ce terme vient de l'anthropologie. Edward T. Hall, (1966) a étudié les rapports de l'homme à l'espace, et a développé la notion de proxémie. Les éthologues ont montré chez l'animal l'existence de distances spécifiques qui régulent les comportements. Rapprochant ses propres observations de celles d'Hediger chez les grues cendrées (1955), Hall repère des distances que les hommes maintiennent autour d'eux, comme le font les animaux. Pour Hall, la perception de l'espace par l'homme fait appel à des récepteurs à distance, comme le nez, les yeux, les oreilles et à des récepteurs d'environnement proche, comme la peau, les muqueuses et les muscles. Il explique que l'espace à distance est dominé par la réception visuelle, qui est la plus performante.

Hall distingue trois types d'espace, associés à un niveau d'organisation : l'espace à organisation fixe, l'espace à organisation semi fixe, et l'espace informel. Il décrit l'espace à organisation fixe comme l'espace bâti. Dans la conception de Hall, la classe correspond à un espace à organisation semi fixe, dans la mesure où le mobilier peut être plus ou moins facilement déplacé.

Hall décrit aussi l'association entre les types d'espaces et les contacts entre les individus. Il distingue ainsi des configurations qui provoquent des contacts et sont qualifiées de sociopètes, d'autres qui cloisonnent et qu'il désigne par sociofuges. Pour lui, certaines organisations d'un espace semi fixe sont sociofuges et d'autres sont sociopètes.

L'espace semi-fixe de la salle de classe peut donc être, selon sa configuration, une organisation de l'espace sociopète ou sociofuge.

Hall décrit aussi l'espace informel, qui est une construction culturelle définie par les distances que nous établissons dans nos contacts avec autrui. Pour les animaux, il distingue dans cet espace informel les distances critiques (animal acculé), de fuite, personnelle (neutre), et sociale (animal isolé en situation de détresse). Pour l'homme, Hall décrit quatre distances : intime, personnelle,

sociale et publique. Il s'appuie sur des observations à partir d'une population nord américaine de la classe moyenne pour mettre en évidence quatre distances à partir d'une grille d'observation très détaillée :

- La distance intime est réservée au partenaire amoureux et aux enfants, elle appartient à la sphère privée : du contact jusqu'à 45 cm.
- La distance personnelle marque l'affectivité et la proximité quotidienne dans la vie publique : de 45 cm à 1,25 m.
- La distance sociale marque la limite de la portée de voix sans effort : de 1,25 m à 3,60 m.
- La distance publique correspond à une prise de parole hiérarchisée, elle marque une différence de statut entre orateur et auditeurs.

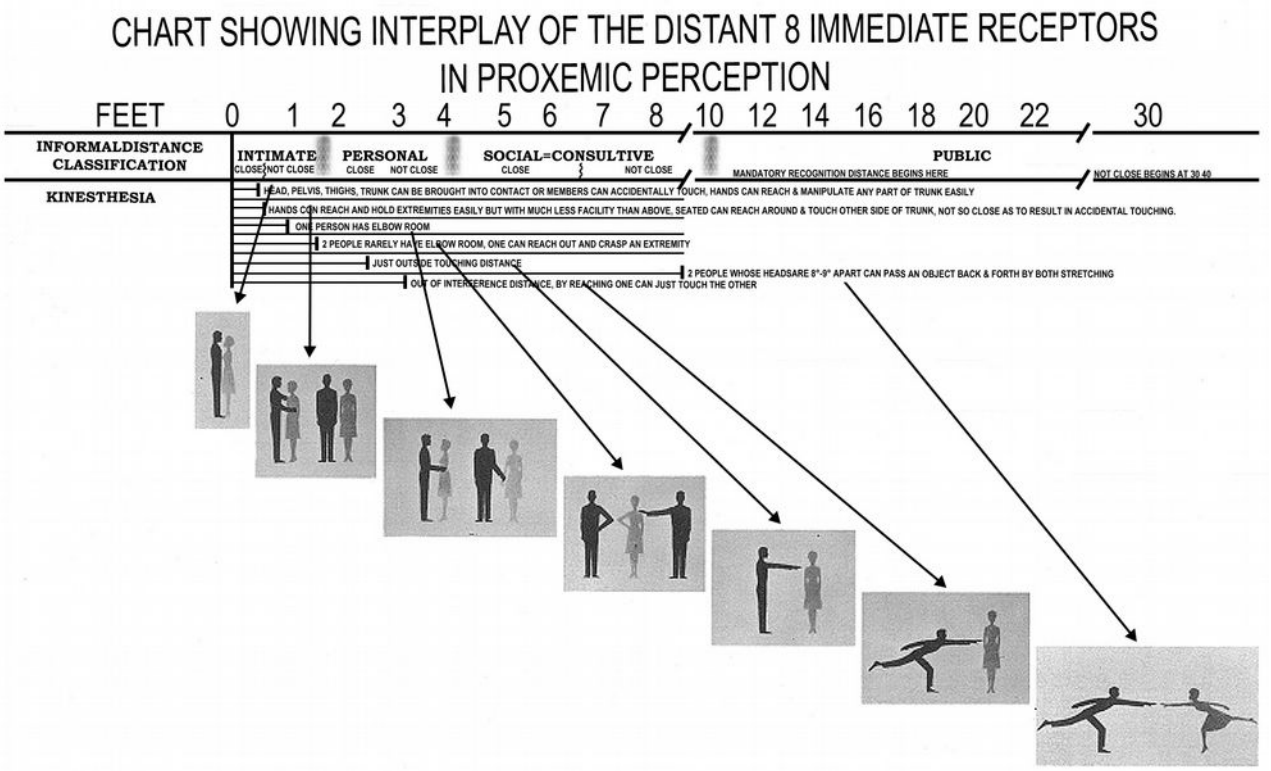


Figure 15. Grille d'observation et distances de Hall – extrait de Hall (1968, p. 93).

Hall distingue une distance publique proche de 3,60 m à 7,50 m et une distance publique lointaine, au delà de 7,50 m. Il explique que le lien entre l'auditoire et l'orateur se fait de plus en plus par la posture.

Il est à noter que Hall parle de sphères concentriques. Cette représentation est remise en cause par des expériences récentes conduites par Barnaud, Morgado, Palluel-Germain, Diard & Spalanzani

(2014), qui tendent à montrer que l'espace personnel aurait une forme dissymétrique, plus réduite à l'arrière de l'axe des épaules, et plus allongée en avant de l'individu.

2.2.2 Densité et crowding

Dans la salle de classe, les élèves étant proches les uns des autres, il est probable qu'ils entrent parfois dans la sphère intime de leurs voisins. Le manque d'espace disponible a été étudié de longue date. Il peut être mesuré par la densité, qui correspond au nombre d'élèves par unité de surface disponible, mais il existe aussi un facteur plus subjectif qui notre ressenti vis-à-vis de cette densité objective, il s'agit de la perception de *crowding*.

Figure 16. Perception de *crowding* – Capture d'écran de YouTube
Theater Heilbronn: Willi Dorner - bodies in urban spaces.

McClelland & Auslander, (1976) décrivent la perception de *crowding*, comme une combinaison de différents facteurs : nombre de personnes, espace disponible, distances interpersonnelles, éclairage, type d'activités, facteurs sociaux. Leur étude a concerné 68 personnes confrontés à 144 images évoquant des situations de *crowding* dans des lieux variés (restaurants, magasins, stades, etc). Ils établissent qu'il y a un lien fort entre *crowding* et plaisir (r = -.63). Leur étude montre que la corrélation entre *crowding* et plaisir est négative excepté dans les cas où la présence des autres fait partie intégrante de l'activité (manifestation sportive, concert). La sensation de *crowding* est aussi plus forte dans un contexte de travail.

Stokols (1972) précise la différence entre densité et *crowding*. Il définit le *crowding* en tant que la perception de densité, perception qui est subjective et affirme que cette perception de *crowding* a un effet sur les conflits, la réussite scolaire, et la santé des étudiants. De manière générale, de hauts

niveaux de densité créent de l'insatisfaction, diminuent les interactions et ont des effets délétères sur le comportement (Regoeczi, 2008 ; Weinstein, 1979). Des réactions dépressives, de repli, ou d'agressivité, différentes selon le genre, ont été observées par ces auteurs, dans l'école et dans l'habitat. La communication entre les individus en est affectée. D'autres facteurs liés à l'espace interviennent dans la communication, comme le caractère sociofuge ou sociopète de l'espace.

2.2.3 Disposition des individus et structure de communication

Le caractère sociofuge ou sociopète de l'espace tel que décrit par Hall a suscité différentes recherches, rapportées par Hall (1968, p. 139). Par exemple, le médecin Humphrey Osmond a observé que ses patientes âgées dépérissent dans un environnement refait à neuf dans le service de gériatrie où il exerce et se demande si l'espace sociofuge n'en serait pas responsable. A sa demande, Sommer (1967) observe les configurations adoptées spontanément lors de conversations du personnel dans l'espace de pause de l'hôpital. Il constate que les conversations autour des tables rectangulaires se font préférentiellement entre deux personnes placées en coin (une chaise en bout de table, et une chaise proche sur un des cotés), puis côte à côte, et enfin face à face, dans un rapport 6-3-1.

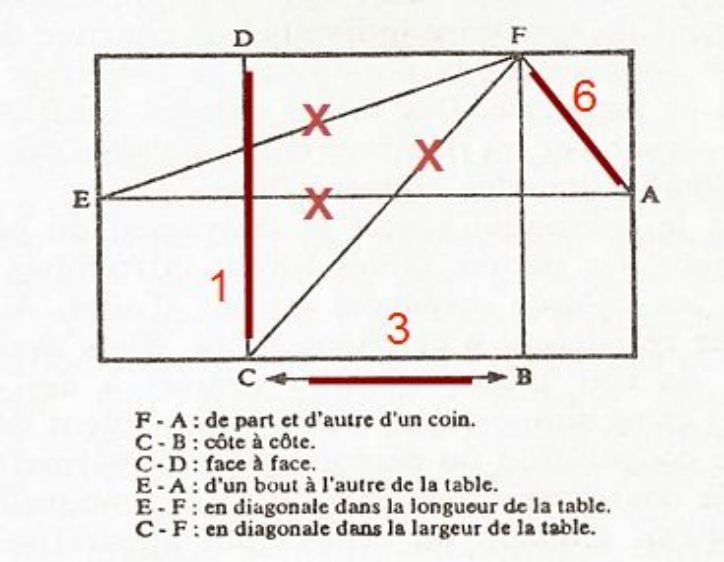


Figure 17. Expérience de Sommer – Adapté à partir d'un extrait de Hall (1966, p. 139).

Lécuyer (1975) dresse une revue des principales recherches effectuées entre 1950 et 1974 se rapportant aux relations spatiales et à leurs impacts sur les relations sociales en particulier au sein des groupes. Il s'agit de recherches expérimentales empiriques.

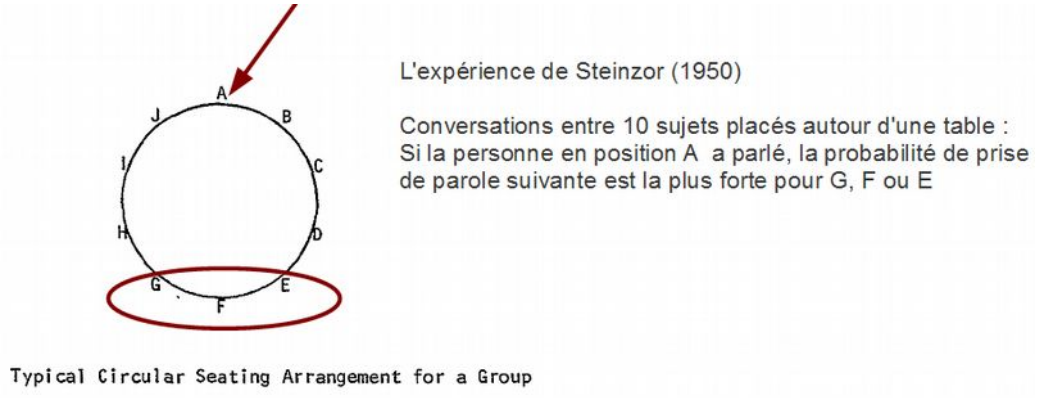


Figure 18. Expérience de Steinzor - adapté d'un extrait de Bender & Fracchia (1971, p. 38).

L'expérience de Steinzor (1950), décrite par Lécuyer (1975), Bender & Fracchia (1971), tend à montrer que l'interaction est favorisée par le contact visuel entre les individus. Steinzor montre ainsi qu'autour d'une table ronde, les interactions se font majoritairement en face de la première personne qui prend la parole.

L'expérience de Hearn (1957, cité par Lécuyer, 1975) montre que la présence d'un leader directif tend a perturber l'effet Steinzor, et que dans cette condition, les sujets parlent davantage à leurs voisins qu'à des sujets plus éloignés leur faisant face. Strodtbeck et Hook (1961, cité par Lécuyer, 1975) proposent la notion de distance fonctionnelle en tant que distance physique corrigée par l'accessibilité visuelle. Howells et Becker (1962, cité par Lécuyer, 1975) confirment que l'accessibilité visuelle permet le contrôle de la communication et que la disposition spatiale modifie la structure de communication. Ces différentes considérations sont reprises dans un *handbook* de la Nasa en 1971, pour la conception des environnements préservant la stabilité des équipages dans les espaces confinés.

L'espace induit donc une structure de communication, qui repose sur la configuration et l'accessibilité visuelle et qui intègre des phénomènes de leadership. Le choix du placement n'est pas sans conséquence.

2.2.4 Choix de la place et communication

Sommer (1961) montre que le choix d'une place autour d'une table rectangulaire dépend de la place du leader, de la proximité et des contacts visuels. Il montre aussi (Sommer, 1965) que le choix de la place dépend du nature de la tâche à réaliser. Ses recherches montrent que les sujets se placent ainsi spontanément plus loin et en face à face pour des tâches individuelles ou pour cohabiter à une table,

ils se placent côte à côte ou en angle pour un travail collaboratif ou pour discuter, ils sont face à face pour une tâche compétitive.

Le choix de la place dépend aussi de la place de la porte (Moore et Feller, 1971, in Lécuyer, 1975). En particulier, la place « dos à la porte » est évitée.

Plus récemment, C. Forest observe les places choisies et occupées dans une salle de cinéma, et l'ordre de sortie de la salle (2012) en notant la répartition genrée et l'âge des individus.. Il déduit de ses observations que le choix des places et l'ordre de sortie des spectateurs semble pouvoir être rapproché des comportements et placements des primates non humains (comportements de dominance/protection, encadrement du groupe par les mâles dominants), ce qui laisse supposer que des déterminants primitifs inconscients et des mécanismes sociaux complexes interviennent dans le choix des places (C. Forest, 2012).

Les interactions proxémiques et la détermination spatiale des structures de communication sont deux angles possibles d'observation de l'espace en tant que milieu didactique.

2.3 L'espace d'enseignement et d'apprentissage

En quoi et comment l'espace intervient-il dans l'enseignement et les apprentissages ? La proxémie, la disposition de la classe, le placement des élèves et les caractéristiques de la structure de communication qui s'y installe ont été explorées et apportent un éclairage sur la manière dont l'espace façonne le milieu didactique. Je présente différentes recherches empiriques dans cette section.

2.3.1 Analyse proxémique des interactions de classe

L'enseignant se déplace et passe de sphère publique à sphère sociale, de sphère personnelle à autre sphère personnelle. A la lumière de la proxémie, se déplacer dans l'espace de travail semble être un geste professionnel complexe.

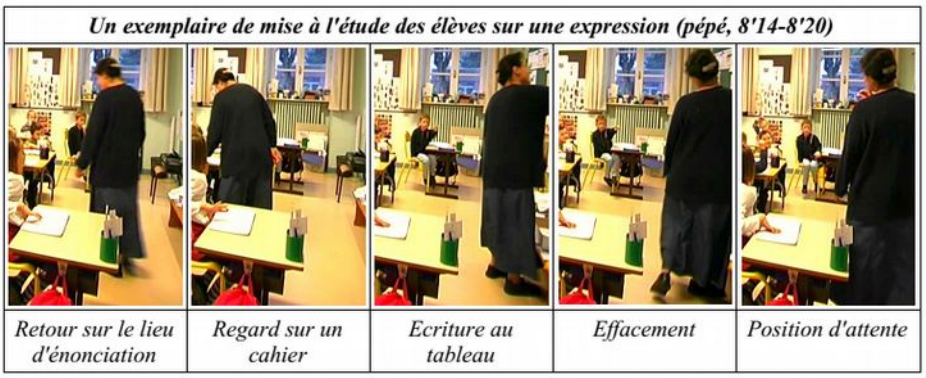


Figure 19. Observation proxémique – extrait de Forest (2006, p. 59).

D. Forest s'est intéressé à l'utilisation de la proxémie par l'enseignant dans les interactions didactiques (2006). Il réalise une étude empirique qui utilise les données issues de l'analyse de vidéo de classe in situ pour étudier en quoi la proxémie intervient dans les interactions didactiques et les apprentissages des élèves. Son analyse des interactions débute par un visionnage des vidéos « à la sourde » (sans le son), qui lui permet d'identifier ce qu'il nomme des « épisodes », c'est à dire des moments spécifiques d'interaction. Il croise ensuite cette première interprétation avec l'écoute de l'enregistrement audio des interactions. Son étude met en évidence des lieux spécifiques dans la classe pour des actions spécifiques de l'enseignant, par exemple il montre qu'il existe un lieu « d'énonciation », que l'enseignant réserve pour ce type d'interaction. Il montre aussi qu'il y a parfois des interprétations divergentes, en apparence contradictoires entre verbal et non verbal, qui révèlent ce qu'il qualifie d'adressage multiple, c'est à dire l'émission d'un double message destiné d'une part à la classe entière et d'autre part à un élève en particulier. Il utilise dans sa méthodologie l'auto-confrontation, selon deux modalités, « à la sourde »(son coupé), et avec le son. Les données proxémiques qu'il relève concernent la position et les déplacements (observés à partir de la vidéo), la position du corps (penchée, droite), la direction du regard.

L'espace de la salle semble donc susceptible de modifier le positionnement de l'enseignant.

Différents travaux ont montré qu'il détermine également pour partie la structure de communication.

2.3.2 Disposition de la classe, communication et nature de la tâche

Weinstein (1992) recense dans une revue de littérature les effets de la disposition et du placement sur le comportement des élèves en classe. Elle s'interroge sur la cohérence entre le message transmis par la disposition et les pratiques effectivement mises en place et les comportements attendus par les enseignants. Après avoir recensé les différents effets rapportés dans la littérature, qui paraissent

parfois contradictoires, elle en retire une cohérence qui est fondée sur la nature de la tâche, individuelle ou collective. La disposition en rang est adaptée à des tâches individuelles, car les rangs minimisent les contacts sociaux et soutiennent la focalisation sur des tâches individuelles. La disposition en îlots convient mieux à des travaux de groupe car elle favorise les contacts visuels proches. La disposition en cercle est propice à la discussion collective, car elle favorise les contacts visuels et l'observation du non-verbal. Elle explique logiquement ces dernières conclusions par l'effet Steinzor et par les perturbations de l'effet Steinzor par les phénomènes de leadership.

Weinstein retient deux points en conclusion de cette revue. Le premier est que la disposition dans laquelle intervient l'enseignement n'est pas un simple arrière plan. La disposition et le placement ont pour elle deux effets sur l'enseignement. Le premier est un effet direct issu des comportements qu'autorise la disposition. Le deuxième est un effet indirect, produit par le message que transmet l'environnement mis en place, message qui peut être cohérent ou au contraire en opposition avec le comportement attendu. Elle explique ainsi que placer les élèves en îlot pour leur faire faire un travail individuel est une aberration, car cette disposition les incite à la discussion et au travail collaboratif. Le second point est que penser la cohérence entre la tâche à réaliser et la disposition semble un levier possible pour maximiser les apprentissages. Elle reprend l'idée de « environmental competence » en souhaitant voir cette compétence prise en compte dans l'enseignement.

> *Fred Steel (1973) has coined the term « environmental competence » to refer to an awareness of the physical environment and its impact and the ability to use or change that environment to suit one's needs.*

Marx, Fuhrer et Hartig (2000) ont observé ce qu'ils appellent la zone d'action.

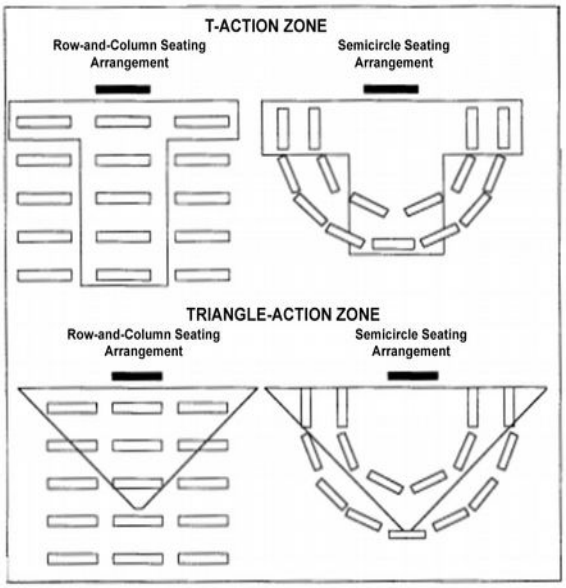


Figure 20. Zone d'action – extrait de Marx, Fuhrer, & Hartig (1999, p. 254).

La participation des élèves en classe se concentre dans cette zone en forme de triangle ou de T. Les places occupées par les élèves dans cette étude avaient été assignées aléatoirement, aussi la plus grande participation ne peut pas être imputée à une plus grande motivation où à des caractéristiques spécifiques liées au choix de la place.

2.3.3 Placement des élèves

Les enseignants placent les élèves dans la classe, ou leur laissent liberté de choix. Rißler, Bossen, & Blasse, (2014) ont étudié l'arrangement des élèves dans la classe, à partir des notions d'espace absolu, et d'espace relationnel. Il s'agit d'une étude empirique. Le matériau de leur étude est le plan de classe et ses réarrangements. L'enseignante observée a le souci « d'embarquer tous les élèves », c'est ce qui justifie pour elle le choix de réarranger périodiquement les élèves. Les auteurs soulignent que l'établissement du plan de classe repose entre autres sur des considérations liées au genre et qu'il répond à une logique égalitaire. Ils observent que malgré les réarrangements, mis en place dans ce souci d'égalité, certaines constantes émergent et font perdurer des inégalités dans la classe. Pour eux, cela tient au fait que des réarrangements « à la marge » sont faits après coup et tendent à restaurer l'état initial.

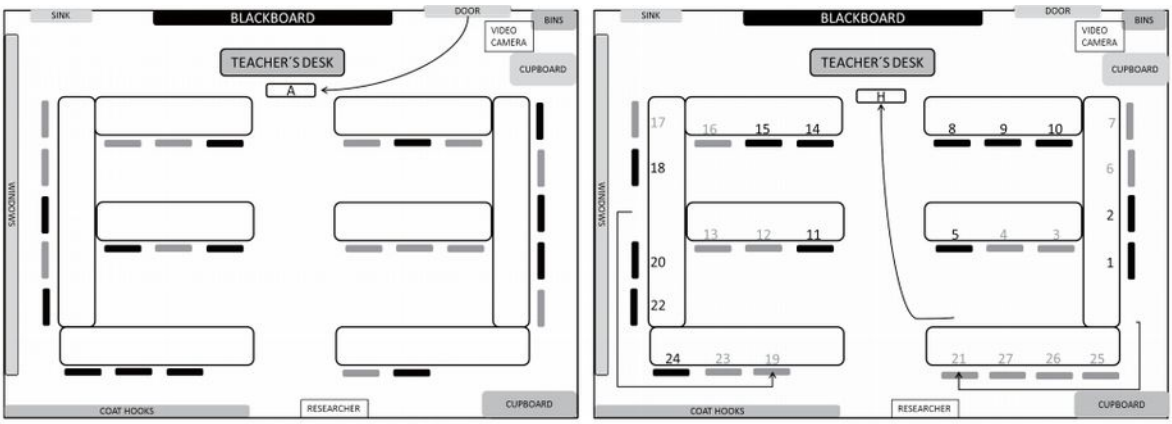


Figure 21. Un ré-arrangement dans la classe

extrait adapté de Rißler, Bossen, & Blasse (2014, p. 153-156).

Les filles et garçons sont représentés par des symboles différents (gris pour les filles, noirs pour les garçons). Les nombres indiquent l'ordre dans lequel est effectué le replacement. Les auteurs remarquent que bien que le placement soit annoncé comme aléatoire par l'enseignante, les garçons qui dérangent souvent le cours se retrouvent à des places (premier rang) où elle peut aisément les surveiller.

2.3.4 Choix des places dans la classe, motivation et performances

2.3.4.1 Choix de la place en configuration frontale

L'enquête réalisée par Park & Choi (2014), dans une université coréenne, fait apparaître des zones spécifiques dans la salle traditionnelle en configuration frontale, la « golden zone », appréciée par les étudiants, et la « shadow zone », qu'ils disent éviter. Il semble donc que les choix des étudiants se portent dans la zone d'action.

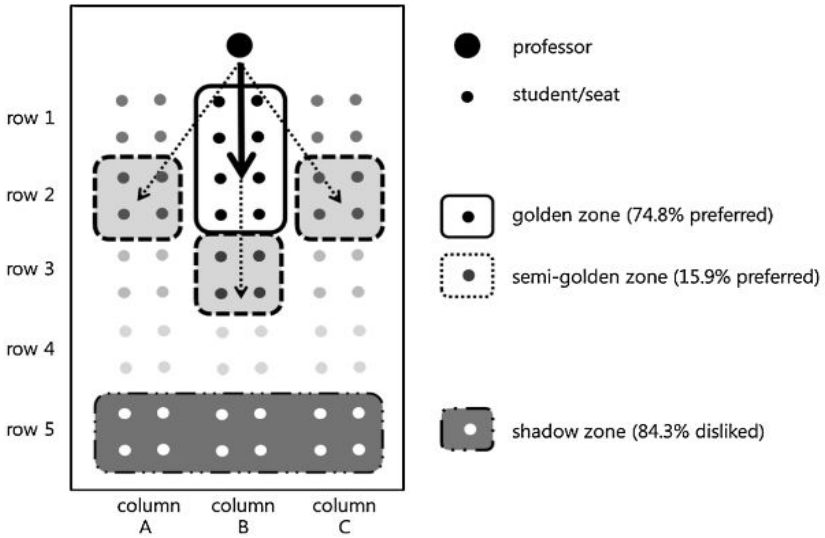


Figure 22. « Golden zone » et « Shadow zone » dans la salle frontale
extrait de Park & Choi (2014, p. 758).

Toujours dans l'enseignement supérieur, Perkins & Wieman (2005) attribuent aléatoirement des places aux étudiants de sciences dans un amphithéâtre. Le cours mis en place sollicite une participation active des étudiants qui doivent répondre plusieurs fois par séance à des questions posées via des boîtiers de vote. Ils montrent que la place attribuée en début de période a un effet significatifs sur les résultats de l'étudiant. Ils ont observé une plus grande fraction de « A », pour les étudiants placés devant, et que cette proportion de « A » décroît significativement (27 % vs 18%) pour des étudiants placés plus loin dans la salle. A mi-période, le placement est inversé. Les étudiants dont la place était initialement devant conservent leurs résultats malgré le changement, et leur participation élevée se maintient.

Pour des élèves plus jeunes, d'autres paramètres semblent intervenir. Tagliacollo, Volpato, & Pereira (2010) cherchent si les résultats scolaires sont corrélés à la position choisie dans la salle de classe, pour des élèves d'école élémentaire, au Brésil. Leurs résultats indiquent un lien significatif entre la

position choisie dans la classe et les résultats, et aussi un lien fort entre la position choisie et l'absentéisme. Les élèves qui choisissent de se placer devant ont de meilleurs résultats et sont moins absents. Les élèves qui choisissent de se placer devant disent en majorité faire ce choix parce qu'ils ont envie d'apprendre, ceux qui se placent au milieu à cause de liens d'amitié, ceux qui sont derrière, par envie de s'isoler.

2.3.4.2 Comparaison des résultats des étudiants entre configuration frontale et salle en îlots

Dans l'enseignement supérieur, le projet SCALE-UP (Student-Centered Activities for Large Enrollment Undergraduate Programs) décrit par Beichner, Saul, Abbott, Morse, Deardorff, Allain, Bonham, Dancy, & Risley (2007) a donné lieu à une évaluation dans des conditions quasi scientifiques des effets de l'espace sur les performances des étudiants. Cette étude s'inscrit dans le cadre d'un projet de rénovation de l'enseignement des sciences à l'Université du Minnesota. Une configuration en tables rondes de 9 étudiants a été mise en place dans des salles pouvant accueillir 50 à 100 étudiants. Cette configuration nommée ALC (Active Learning Classrooms) est associée à un modèle pédagogique dans lequel l'expérimentation et le travail en groupe prend une part importante et vient remplacer l'enseignement en cours magistraux. Beichner & al. (2007) ont constaté lors de ce projet des améliorations significatives dans plusieurs domaines comme la compréhension des concepts, l'attitude de recherche, la résolution de problèmes en particuliers pour les filles et les représentants des minorités. Cette configuration ALC existe dans différentes université aux USA, comme celle de Caroline du Nord, celle du Michigan, ou du Massachusetts.

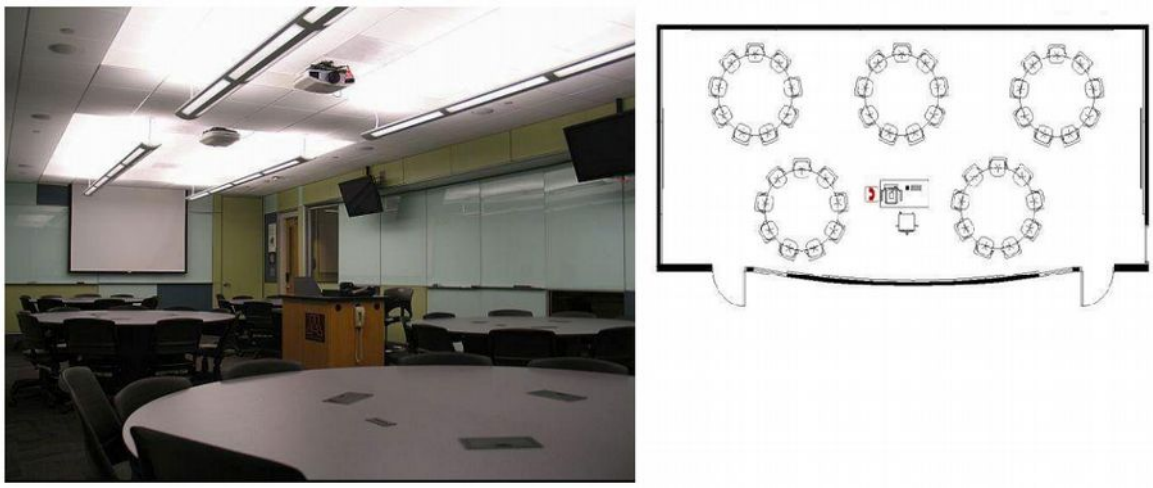


Figure 23. Salle ALC - Université du Minnesota - Cours de biologie
extrait adapté de de Brooks (2011, p. 2-3).

Brooks (2011, 2012) vérifie que, toutes choses égales par ailleurs, la configuration des ALCs améliore les performances des étudiants. Les étudiants sont affectés aléatoirement et reçoivent le même enseignement de biologie avec le même enseignant, soit dans la salle traditionnelle, soit dans la salle ALC. Brooks compare leur performance effective à leur performance prévue sur la base de tests ACT prédictifs. La forme en tables rondes apparaît comme un point clé. Le fait que les étudiants se voient en face à face favoriserait la formation plus naturelle de groupes de travail. Elle agirait aussi sur les comportements de l'enseignant et des étudiants : le rôle de l'enseignant devient davantage facilitateur, et les étudiants sont davantage engagés dans la collaboration entre pairs.

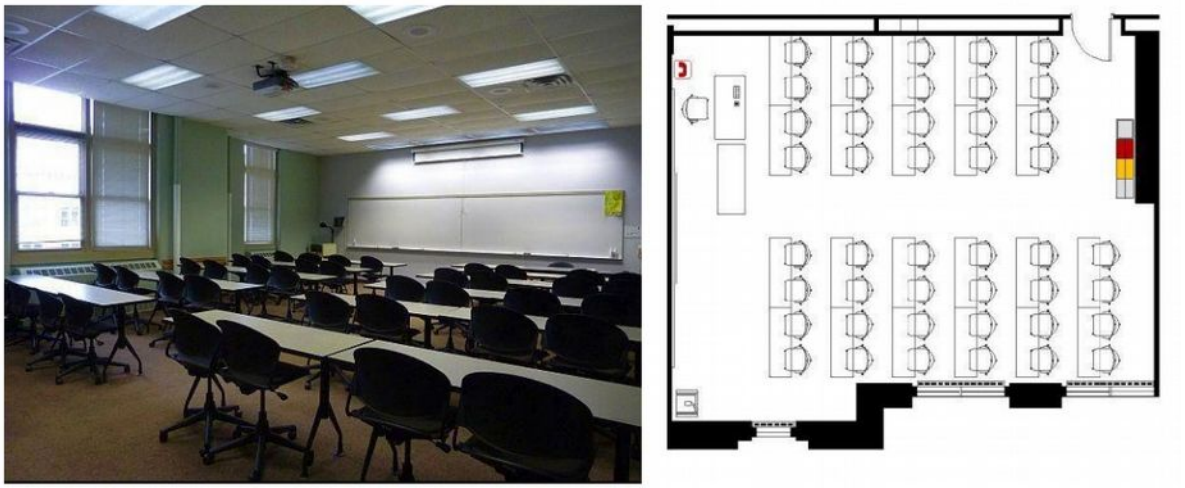


Figure 24. Salle traditionnelle de comparaison - Université du Minnesota - Cours de biologie extrait adapté de de Brooks (2011, p. 2-3).

A l'université de Caroline du Nord, Kregenow, Rogers, & Price, (2011) examinent comment les étudiants se placent dans la salle de cours, en comparant le placement dans la salle traditionnelle frontale, et dans une salle spécifique SCALE-UP. Dans la mesure où l'enseignant se trouve en position centrale dans cette dernière salle, ils se demandent si l'effet de la « golden zone » persiste dans la configuration SCALE-UP, et comment cet effet se traduit éventuellement dans cette nouvelle disposition. Ils montrent que dans la salle frontale, les étudiants les plus performants sont devant, les étudiants les moins performants sont au fond. Ils observent ensuite que dans la salle SCALE-UP, la répartition n'est plus identifiable, les étudiants sont mélangés. Les auteurs notent que bien que les étudiants soient libres de s'asseoir comme il l'entendent, leurs choix restent très stables tout au long du semestre, et leurs placements se font par affinité.

Il ressort de ces différentes études, d'une part que certaines configurations contribuent aux inégalités scolaires, et d'autre part qu'il est important de rechercher une certaine adéquation entre l'espace et la nature des activités d'enseignement.

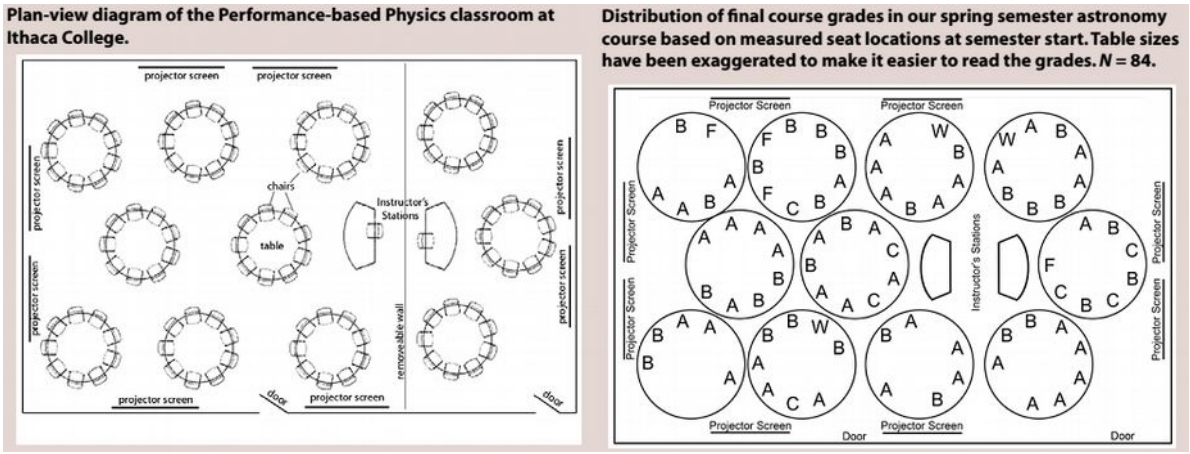


Figure 25. Place et résultats dans la salle SCALE-UP
extrait de Kregenow, Rogers &Price (2011, p. 46 et 49).

Issaadi et Jaillet (2017) ont observé le placement libre des étudiants dans une salle spécifique, le SpaceTech, en s'intéressant à l'ordre d'occupation des tables. La table centrale est la dernière à être occupée. Les auteurs considèrent que les tables 4 et 5 sont les plus difficiles d'accès pour l'enseignant.

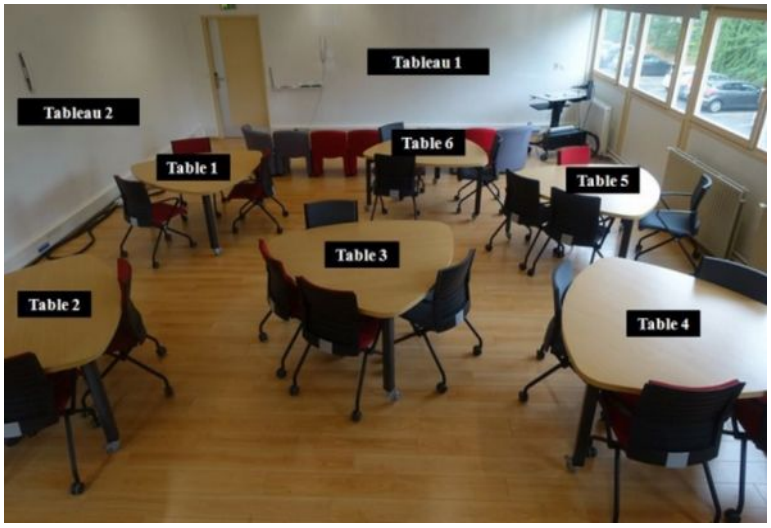


Figure 26. SpaceTech - capture d'écran extrait de Issaadi et Jaillet (2017).

En observant les interactions entre les étudiants, Issaadi et Jaillet constatent que les tables 4 et 5, et en particulier la table 5, qu'ils qualifient de « table en or », concentrent les interactions entre les

étudiants. Les étudiants placés à ces tables, d'accès difficile, interagissent davantage et apparaissent comme les plus autonomes.

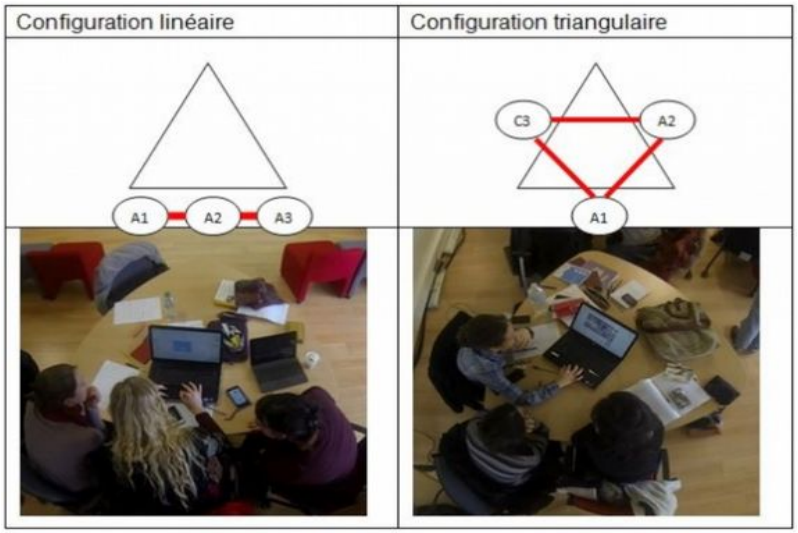


Figure 27. Observation des interactions - capture d'écran extrait de Issaadi et Jaillet (2017).

Les auteurs s'intéressent également aux effets de la disposition linéaire ou en triangle. Ils observent deux types d'interactions, l'interaction entre les étudiants, et l'interaction artefactielle entre les étudiants et le matériel informatique. La disposition linéaire ou en triangle ne semble pas avoir pas d'effet significatif. Ils interprètent l'intensité des interactions entre étudiants comme liée aux déplacements potentiels de l'enseignant qui développerait des espaces sociopètes ou sociofuges.

Au final, il ressort de ces différentes études que le placement dans l'espace n'est pas neutre. Le placement détermine une structure de communication, et il est motivé par différents paramètres propres aux individus. On peut supposer que l'enseignant perçoit le placement et que les étudiants perçoivent par le placement de l'enseignant ses possibilités d'accès à leur espace. Ces différentes perceptions définissent un espace sensoriel spécifique.

2.4 Espace sensoriel

La perception de l'espace est multimodale (Coté, 2011), le mode visuel constituant une part importante de notre perception. Je décris dans cette section deux modèles reconnus de la perception visuelle, et les trois espaces attachés au caractère multimodal de notre perception de l'espace. Je présente ensuite les biais de la perception égocentrée des distances. Je m'intéresse pour finir à la perception des affordances de « passabilité », autrement dit de la possibilité de passage entre deux obstacles.

2.4.1 Modèles de perception visuelle de l'espace

Toye (1986) décrit deux modèles de perception visuelle, l'approche classique, et l'approche écologique de Gibson.

L'approche classique réduit l'espace visuel à un système de coordonnées euclidiennes. La perception de profondeur provient des mécanismes de stéréoscopie, de convergence et de la prise d'indices visuels de perspective et de parallaxe. Le coté statique de cette approche a été critiquée.

L'approche écologique de Gibson est une alternative dans laquelle l'observateur est un composant essentiel du processus perceptif. Le mécanisme de perception dans l'approche de Gibson repose sur l'existence de cinq invariants (Goldstein, 1981). Ces invariants sont (1) l'augmentation du gradient de densité des textures avec la distance, (2) le défilement des motifs structuraux lors du mouvement, (3) la conservation de structure entre deux vues successives, (4) la cohérence des recouvrements entre structures, (5) la conservation des affordances, c'est à dire de la signification que les objets et structures ont pour l'observateur. Goldstein souligne que dans l'approche de Gibson, l'observateur est en mouvement.

L'approche classique de perception serait donc peut-être plus adaptée aux élèves, assis, et l'approche de Gibson à l'enseignant, en action.

2.4.2 Cadres de référence égocentré et allocentré

La psychologie de la perception emploie deux cadres de références principaux. Le cadre de référence égocentré est axé sur le corps ou sur une partie du corps (plan de la rétine, tête, tronc, épaule, main). Le cadre de référence allocentré est associé à un objet de l'environnement.

Milner et Goodale (1995) ont montré que le codage des informations visuelles emprunte deux voies distinctes au niveau du cerveau :

- La voie « dorsale » traite les propriétés extrinsèques des objets, comme leur position spatiale, et se baserait sur un cadre de référence égocentré.
- La voie « ventrale » traite les propriétés visuelles intrinsèques, comme la couleur ou la forme, et serait basée sur un cadre de référence allocentré.

Dans cette étude, le cadre de référence égocentré paraît donc comme le plus approprié.

2.4.3 Trois espaces dans l'environnement visuel

Cutting et Vishton (1995) proposent de diviser l'espace visuel d'un observateur, en trois sous espaces, qui font partiellement écho aux distances de Hall (1968).

Ils distinguent l'espace personnel, l'espace d'action et l'espace éloigné. Pour les auteurs, la perception visuelle repose sur un ensemble de modalités de perception, qui nous fournissent des informations distinctes mais complémentaires. Les délimitations entre les trois espaces qu'ils proposent reposent sur le passage de relais entre ces modalités. L'espace personnel a un rayon de 2 mètres. L'espace d'action est celui de l'action individuelle publique, par exemple celui pour parler, jeter un objet sur autrui, ou enseigner, c'est un espace compris entre 2 et 30m. L'espace éloigné est au delà de 30m. Les distances égocentrées sont sur-estimées dans l'espace personnel, et sous estimées dans l'espace d'action et l'espace éloigné.

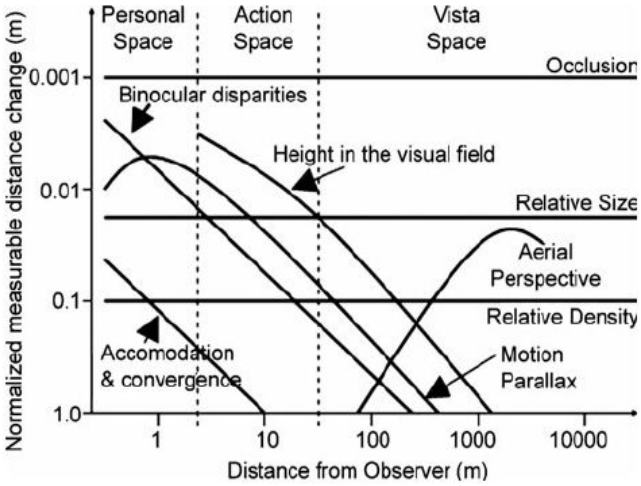


Figure 28. Trois espaces dans l'environnement visuel – extrait de Cutting & Wishton (1995).

Coté (2011) s'intéresse à la perception multimodale de l'environnement dans une perspective de comparaison d'environnement réels et virtuels. Il schématise le processus de quantification multimodale d'une distance par la combinaison des indices sensoriels visuels et auditifs.

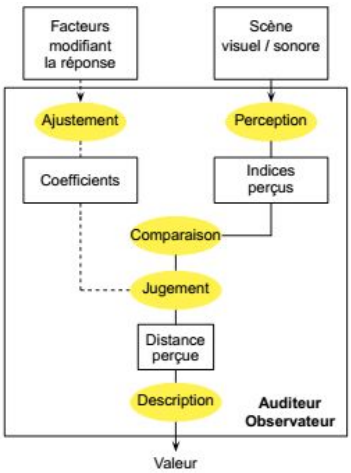


Figure 29. Intégration de différents indices sensoriels pour l'estimation égocentrique d'une distance – extrait de Coté (2011).

2.4.4 Biais de la perception égocentrée des distances

On distingue la distance égocentrée, qui sépare le centre de la tête du sujet et l'objet de la distance allocentrée, entre deux objets.

Il y a une sous-estimation par l'être humain de la distance égocentrée (Loomis, Da Silva, Fujita, & Fukusima, 1992). Cette sous estimation dépendrait de l'âge du sujet, de la hauteur de ses yeux, et de la distance. La sous-estimation serait plus forte pour des sujets plus jeunes (Collins, 1976, Bian & Anderson, 2013). Collins (1976) réalise des observations pour des âges échelonnés entre cinq ans et l'âge adulte. Il observe une brusque amélioration de l'estimation des distances vers 8 ans, et une amélioration de la perception de distance égocentrée avec l'âge. Bian et Anderson (2013) comparent expérimentalement les performances d'étudiants et de sujets âgés. Ils sont surpris de constater la meilleure estimation pour des sujets âgés. Il suggèrent que cette meilleure estimation proviendrait d'une meilleure utilisation par ces sujets des indices visuels présents dans l'environnement proposé.

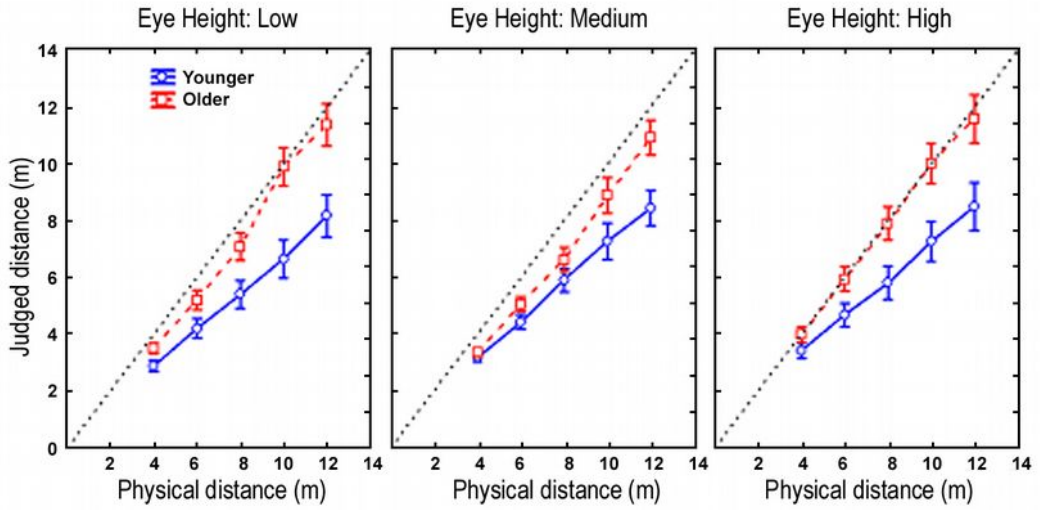


Figure 30. Sous estimation des distances égocentrées en fonction de l'age, de la hauteur des yeux et de la distance – extrait de Bian & Anderson (2013, p. 24).

2.4.5 Perception des affordances

Morgado (2014) décrit l'expérience de Efran et Cheyne (1973). Les expériences sont faites dans trois couloirs de largeurs différentes. Un compère est adossé au mur, l'autre lui fait face et ils sont engagés dans une discussion. Les participants sont simplement les personnes amenées à passer dans le couloir. Les compères notent le passage choisi une fois la personne sortie du couloir. Plus la distance augmente entre A et B, plus la probabilité que le participant passe entre eux s'élève.

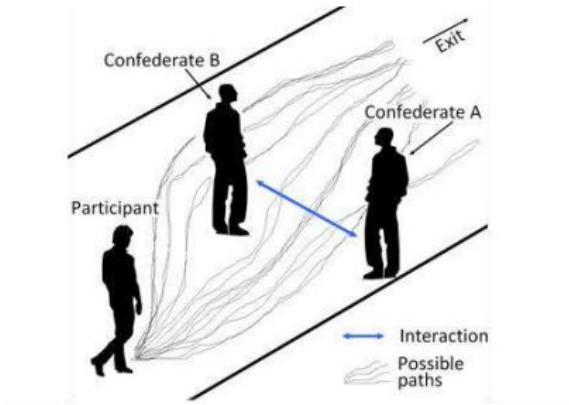


Figure 31. Expérience de Efran & Cheynes
extrait de Morgado (2006, p. 169) d'après Efran & Cheynes (1973).

Morgado (2006) réplique cette expérience avec un robot, qui doit passer entre les deux personnes, en conservant un comportement humain, c'est à dire en suivant les probabilités de passage observées par Efran et Cheynes. Il teste plusieurs modèles et conclut qu'un modèle prenant en compte la zone personnelle de Hall convient, à condition d'en modifier la forme, ce qui tend à montrer que la « sphère » personnelle a en fait une forme asymétrique, plus grande en face du sujet.

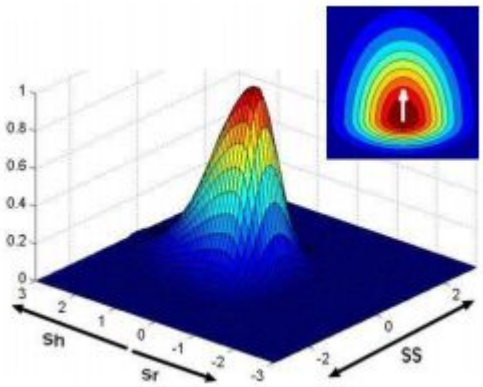


Figure 32. Zone personnelle asymétrique - extrait de Morgado (2014, p. 170).

L'enseignant s'appuie donc très certainement sur cette perception de la zone personnelle des élèves quand il circule dans la classe.

Warren & Whang (1987) s'intéressent à l'action guidée par la perception visuelle, et à la « passabilité » dans une ouverture. Ils réalisent une expérimentation dans laquelle des sujets de différentes morphologies et largeurs d'épaule (S) doivent marcher et traverser des ouvertures de différentes largeurs (A). L'enregistrement vidéo leur permet la détermination expérimentale d'un

seuil critique A/S nécessitant la rotation de l'axe des épaules. Ils font ensuite une seconde expérimentation dans laquelle les sujets doivent estimer si le passage est possible sur la base de la seule observation visuelle monoculaire statique de la situation. Les seuils obtenus par les deux expériences sont très cohérents (respectivement de 1,3 et 1,17). Les auteurs attribuent la différence à un possible biais introduit par la consigne donnée aux sujets, et leur conclusion va dans le sens d'une estimation précise du seuil de passabilité, que le sujet soit en mouvement ou statique.

La perception de la passabilité de l'enseignant entre les rangs est donc probablement assez précise tant du du point de vue des élèves assis que du point de vue de l'enseignant.

2.5 Espace physique

La localisation des objets dans l'espace physique fait appel aux notions de distance et de facilité d'accès.

Avant d'aborder la notion de distance, Caloz & Collet (2011) décrivent les notions de relations spatiales en soulignant que la localisation d'un objet dans l'espace fait appel aux deux notions de position et de voisinage. La position fait référence à la mesure de l'éloignement et utilise un système d'axes perpendiculaires. La notion de voisinage fait référence aux relations topologiques pour prendre en compte la réalité spatiale et les contraintes qui lui sont rattachées, à savoir les obstacles ou difficultés associées au trajet.

2.5.1 Distance

Les géographes doivent mesurer les distances et utiliser différents types de distances en fonction de l'espace qu'ils doivent décrire. Charron & Sheamur (2005) distinguent ainsi «l'univers métrique» et «l'univers topologique». Ils précisent en quoi la distance métrique euclidienne ne suffit pas à décrire la réalité de l'espace. Par exemple, dans une ville, le trajet du point A au point B doit respecter les rues existantes, aussi la distance de A à B ne peut pas être mesurée par une distance métrique euclidienne.

Caloz & Collet (2011) décrivent l'espace réel comme isotrope, et suggèrent qu'en conséquence une distance pondérée, c'est à dire topologique est plus adaptée pour décrire cette réalité. Charron & Shearmur (2005) listent les différentes notions de distance et retiennent que les distances réticulaires topologiques sont adaptées pour décrire l'environnement urbain, en tenant compte des blocs de bâtiments qui entravent les déplacements.

Univers	Distance	Définition	Unité de Mesure
Métrique	Euclidienne*	Distance minimale dans un système de coordonnées.	Longueur
	Rectilinéaire*	Distance minimale dans un système de coordonnées composé de deux segments perpendiculaires.	Longueur
Topologique	Réticulaire*	Chemin le plus court sur un réseau sans friction autre que la longueur des segments.	Longueur
	Coût	1. Chemin le plus court sur un réseau dont les segments sont associés à différents coûts. 2. Coûts de déplacement.	Dollars, énergie, etc
	Temps*	1. Chemin le plus court sur un réseau dont les segments sont associés à différents temps. 2. Temps de déplacement.	Temps
	Interaction	Intensité des relations.	Déplacements, flux, etc
Individuel	Perçue	Distance représentée individuellement	Près, éloigné, etc
Social	Sociale	Distance construite socialement.	Rapports de force, identités, etc

Figure 33. Différentes distances - les distances notées * sont celles que les auteurs qualifient de « physiques » - extrait de Charron et Shearmur (2005, p. 169).

Pour le calcul de la distance réticulaire topologique, l'espace est modélisé comme un réseau, les différentes rues constituent ce réseau de nœuds et de trajets. La distance réticulaire topologique est décrite comme chemin le plus court d'un point à un autre sur ce réseau considéré comme sans friction. Sans friction signifie dans cette définition un réseau isotrope, où chaque trajectoire offre la même facilité : du point A au point B, chaque chemin est une bonne route goudronnée, aucun n'est un chemin boueux avec des ornières profondes. Dans un réseau sans friction, on considère qu'il n'y a pas de différence de vitesse de déplacement entre les nœuds.

Dans la classe, il n'est pas question de route goudronnée ou de chemin boueux, mais les trajectoires peuvent présenter des facilités différentes. La présence d'obstacles comme les sacs des élèves peut constituer une friction à prendre en compte.

2.5.2 Accessibilité

Dumolard (1999) oppose l'accessibilité à la distance qu'il qualifie de mesure abstraite.

Vickerman (1974, p: 676) définit l'accessibilité par la combinaison de deux éléments, la position d'un nœud sur un plan et les caractéristiques des liaisons entre les différents nœuds qui déterminent un réseau sur le plan.

> *a combination of two elements: location on a surface relative to suitable destinations, and the characteristics of the transport network or networks linking points on that surface.*

Différentes approches de l'accessibilité sont listées par Pirie (1978) dans une revue ciblant ce concept. Pirie souligne que l'accessibilité peut être mesurée de différentes manières, dépendant de la conception que l'on s'en fait. Il examine différentes façons de la mesurer, qui peuvent être résumées par les deux points suivants :

- L'accessibilité peut être considérée comme relative ou totale. L'accessibilité relative désigne l'accessibilité d'un lieu par rapport à un autre lieu. L'accessibilité totale est l'accessibilité d'un lieu par rapport à tous les autres lieux. Vickerman (1974) détaille comment calculer l'accessibilité relative et l'accessibilité totale.
- L'accessibilité peut être mesurée en terme de distance entre deux lieux, ou de nombre de liens entre différent nœuds d'un réseau. Une pondération peut être introduite dans le comptage des liens entre nœuds (probabilité d'un trajet) pour prendre en compte le caractère attractif d'un nœud , en tant que facteur agissant sur les choix de déplacements. (Pirie, 1978 ; Vickerman, 1974).

Pirie (1978) relève deux hypothèses principales qui sous tendent la notion d'accessibilité : l'hypothèse de destination (tous les nœuds du réseaux sont des destinations potentielles), et l'hypothèse d'origine (le nœud de départ est connu). Considérant ces deux hypothèses comme limitantes, il propose une réflexion sur la mesure d'une accessibilité intégrant des considérations spatiales et temporelles *(space-time)* et cite le modèle PESAPS de Lenntorp (1976).

Le développement de l'outil informatique et des systèmes d'information géographique (GIS) rend l'approche *space-time* applicable concrètement au début des années 1990. Miller (1991) modélise l'accessibilité dans ce cadre qui repose sur l'idée que tous les événements et interactions de la vie d'un individu s'inscrivent à la fois dans l'espace et dans le temps, et qu'ils sont soumis de ce fait à des contraintes spatiales et temporelles. L'approche *space-time* examine quels lieux peuvent être atteint par un individu pour un intervalle de temps donné et dans un contexte donné. Cette mesure suppose la connaissance de la position de l'individu pour chaque intervalle de temps, avec un niveau de résolution spatiale compatible avec l'objectif de l'étude. Miller (1991) décrit les concepts de *space-time path (*trajectoire d'un individu dans l'espace et le temps), et de *space-time prism* ou *potential path space* (PPS) en tant que « *a three-dimensional entity existing in the region of bounded space-time* ». Le modèle demeure complexe et Miller présente la notion de *potential path area* (PPA) comme plus facilement utilisable. Le PPA est représenté en deux dimensions. Le déplacement entre chaque nœud du réseau emprunte un chemin de coût temporel minimal. Chaque chemin possible est associé à un coût temporel.

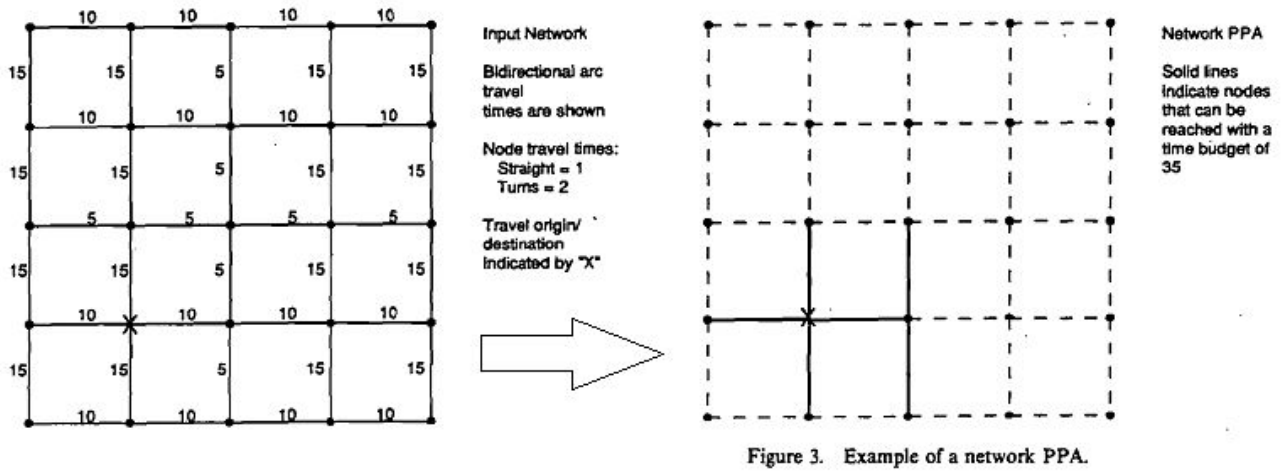


Figure 34. Exemple de réseau PPA - extrait et adapté de Miller (1991, p. 296).

Dans l'exemple de réseau PPA de la figure 33, les chiffres figurant sur les chemins représentent les coûts temporels de déplacement unidirectionnel entre chaque nœud du réseau. Les lignes pleines dans l'image de droite correspondent aux trajets possibles pour un coût temporel de 35 depuis le point marqué d'un X.

Dumolard (1999) définit l'accessibilité comme une mesure contextuelle et concrète d'écartement, l'accessibilité d'un espace à un lieu central étant « l'ensemble des chemins minimaux de tous les lieux à ce centre ». Il décrit deux méthodes de calcul. La première est la méthode PERT (chemin critique dans l'ordonnancement temporel d'actions) qui utilise l'algorithme dit « du voyageur de commerce », énoncé par Dijkstra (1959), pour déterminer dans un réseau les plus courts chemins d'un lieu à tous les autres. La seconde méthode de calcul est celle des frictions spatiales. Il s'agit de qualifier pour chaque chemin sa résistance au déplacement, et d'intégrer ce paramètre dans le calcul. L'accessibilité peut alors être représentée :

- en deux dimensions, sous forme d'isochrones si le coût du déplacement est temporel, ou des isovales si le coût est estimé autrement qu'en temps,
- ou par anamorphose (Dumolard, 1999).

2.6 Espace et l'activité

L'espace d'activité est une notion que Leplat (2000) aborde en ergonomie de l'activité sous l'angle de l'environnement. Heddad (2016) propose également la notion d'espace de l'activité. Je présente dans ce qui suit ces deux approches.

2.6.1 Co-détermination de l'activité et de l'environnement

Leplat (2000) insiste sur la nécessité de prise en compte de l'environnement dans toute analyse de l'activité. Il distingue l'environnement objectif et l'environnement subjectif qu'élabore le sujet au cours de son activité. Il soutient que l'environnement agit sur l'action par les conditions de réalisation qu'il lui imprime. Il distingue les conditions centrales agissant comme des invariants spécifiques à la tâche, et les conditions périphériques qui influencent la réalisation sans pour autant la définir. Leplat note que le sujet étend ou réduit son environnement spatial et temporel en prenant ou non en compte certaines conditions de son environnement, en fonction de sa fatigue et de ses compétences. L'extension de l'environnement tant spatial que temporel modifie l'action en permettant l'anticipation indispensable à la conduite de processus dynamiques. La « situation awareness » inscrit ainsi l'action du sujet dans l'anticipation, « à l'intérieur d'un volume défini d'espace et de temps » (Endsley, 1995, cité par Leplat, 2000). Les propriétés de l'environnement influencent son mode d'utilisation au travers de mécanismes désignés par cognition distribuées, compétences incorporées, ou encore affordances (Norman, 1993, cité par Leplat, 2000). L'organisation d'un espace dessine ainsi l'« arène de l'action » (Conein et Jacopin, 1993, p.60, cités par Leplat, 2000), dans laquelle les conditions externes de l'environnement et les conditions internes au sujet se rencontrent et se transforment mutuellement. Leplat souligne la co-détermination de l'activité et de l'environnement, et l'importance de la qualité de ce couplage.

2.6.2 Espace de l'activité

Heddad (2016) identifie deux approches existantes en ergonomie, l'espace physique et l'espace social. De ces deux approches découlent pour elle trois manières d'analyser l'espace :

- L'approche par les conditions matérielles de travail attachées à l'espace physique (études de postes, études de locaux).
- L'approche par les interactions sociales (études sur le travail collectif, la coopération, la communication).
- L'approche par les raisonnements en situation et la prise de décisions (études de situations de crise, de risques, de milieux dynamiques).

Elle défend l'idée que l'espace est à la fois un artefact dans une approche instrumentale et un support émergeant des interactions en situation. Elle propose le concept d'espace de l'activité (Heddad, 2016, p. 64) :

(...) l'espace de l'activité est une production locale d'ordre. Il y a construction conjointe des espaces et des activités en situation. L'espace de l'activité participe du processus de réalisation de l'activité. Il en est à la fois un support et un produit dans une dynamique , spatiale et temporelle, le reliant à l'activité.

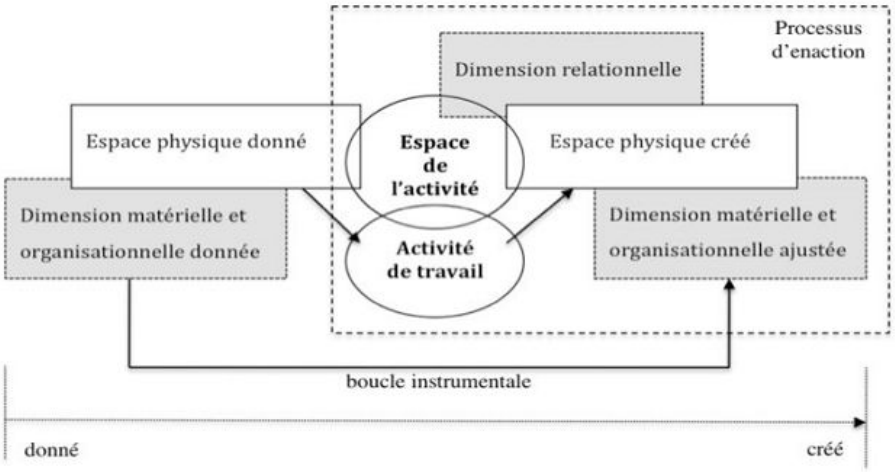


Figure 35. Espace de l'activité - extrait de Heddad (2016, p. 64).

Ce modèle distingue l'espace physique donné de l'espace physique créé. Il est à noter que dans le contexte de l'enseignement des sciences, le mobilier fixé au sol limite fortement la possibilité de création de l'espace physique.

Pour Heddad (2016), l'espace de l'activité est inscrit dans deux cadres théoriques :

- C'est un espace instrument au sens de Rabardel (1995), modifié et ajusté au cours du processus continu de réalisation de l'activité.
- C'est aussi un espace d'énaction. Darras et Belkhamsa (2008, p.137) décrivent l'énaction ou action incarnée comme résultant de « l'expérience d'un être possédant un corps doté de capacités sensorimotrices et de l'action de ce corps dans un environnement biologique, psychologique et culturel» . L'espace d'énaction serait donc un espace qui est à la fois un produit et un support de l'activité, dans une évolution réciproque.

Pour analyser l'espace de l'activité, elle propose d'abord une double lecture de la dimension matérielle de l'espace physique, en tant qu'espace conçu, et en tant qu'espace transformé par les opérateurs. Cette approche est complétée par deux niveaux d'approche de la dimension immatérielle de l'espace, le premier niveau est celui de l'espace mental (approche cognitive de l'activité), le second est celui des relations, interactions et communication (activité collective).

2.7 Cartographie comportementale

Legendre & Depeau (2003) proposent d'utiliser la cartographie comportementale telle que décrite par Ittelson, Rivlin et Prohansky (1970c, in Legendre & Depeau, 2003) pour explorer la relation entre la disposition spatiale et les comportements, et déterminer dans quelle mesure un espace donné favorise, limite, ou empêche certains comportements. Les auteurs indiquent que cette approche qui s'appuie sur l'observation des comportements a été utilisée dans différents domaines de recherche, tant une échelle microscopique comme celle de la salle de classe qu'à une échelle macroscopique comme l'espace public. Ils soulignent son intérêt pour étudier finement les interactions sociales et l'usage de l'espace par les individus dans leurs interactions avec autrui.

La méthode repose sur l'observation des comportements spatiaux, plus précisément des positions et trajectoires des individus dans un espace donné, et la durée de leurs stations dans des lieux précis. En parallèle d'autres dimensions comportementales sont mesurées et mises en regard des comportements spatiaux. Legendre et Depeau décrivent par exemple l'utilisation de la cartographie comportementale pour l'étude de l'occupation d'une salle de crèche en fonction de la compétences des enfants à interagir avec leurs pairs, mesurée à partir de temps d'interaction (figure 36).

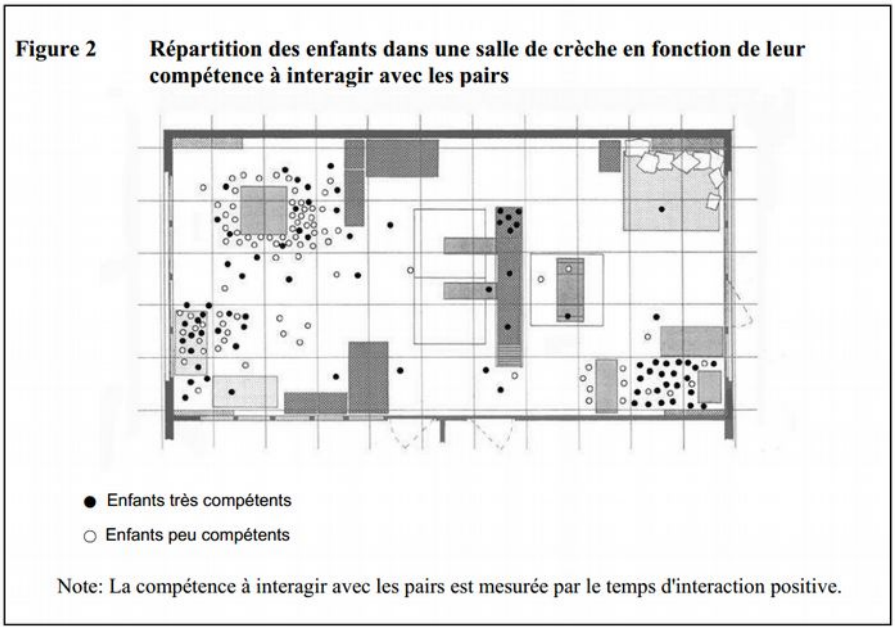


Figure 36. Exemple de cartographie comportementale
extrait de Legendre et Depeau (2003, p. 8).

Les auteurs soulignent les points à prendre en compte pour la mise en œuvre de cette méthode. Il en ressort en particulier que l'association comportement-emplacement nécessite l'utilisation d'une

interface pour coupler la représentation cartographique de l'espace à un logiciel gérant les données comportementales (par exemple un système d'information géographique, ou SIG). Pour être utilisable par l'interface, l'espace étudié doit au préalable être partitionné, c'est à dire divisé en mailles. Cette partition peut être topologique ou euclidienne, la partition euclidienne permet plus facilement la comparaison de différents espaces. Le choix de l'interface dépend ensuite de la question de recherche et des comportements étudiés (Legendre & Depeau, 2003).

2.8 Conclusions du chapitre 2

Ce chapitre a permis d'examiner différents concepts mobilisables pour qualifier empiriquement l'espace de la salle de classe, élément du contexte du travail de l'enseignant. Je les résume dans ce qui suit.

2.8.1 L'espace de la salle de classe

L'espace de la classe est un espace construit, et il est ici considéré en tant qu'espace relationnel, ni neutre, ni statique. Au delà de l'ordonnancement du mobilier et des personnes, il s'agit d'étudier les actions qui résultent de la disposition de l'espace (Löw, 2001), et d'analyser l'espace social vécu, en tant qu'élément participant au bien être à l'école (Monnard, 2017).

- **L'espace de la salle de classe transmet un message et structure la communication**

Pour commencer, la salle de classe est associé à des valeurs d'obéissance et de discipline, perçues comme positives dans la culture scolaire, et négative dans la culture jeune dominante (Monnard, 2017). Elle est un artefact symbolique qui transmet un message plus ou moins fort de **frontalité** (Fischer et Fousse, 2002). Le caractère plus ou moins frontal de la salle installe une structure de communication entre les individus, plus ou moins **isotrope**, dirigée plus ou moins vers le devant de la salle, où se concentre la présence de l'enseignant et du tableau.

- <u>Les placements et déplacement de l'enseignant dans la classe sont un langage</u>

Les comportements sont colorés par la proxémie et la densité. L'enseignant se déplace en pénétrant dans les distances spécifiques mises en évidence par Hall (1968), qui sont confirmées par les recherches sur la perception visuelle humaine de l'espace (Cutting et Vishton, 1995). L'enseignant utilise ces distances spécifiques dans les interactions didactiques, et choisit de se placer en des lieux spécifiques, de s'approcher ou de s'éloigner des élèves, et parvient par le jeu des placements à s'adresser simultanément à un élève en particulier et en même temps à

l'ensemble de la classe. (Forest, 2006). La perception que les élèves ont de la position de l'enseignant dans la classe a un caractère égocentré (Loomis et al., 1992).

- **Le placement des élèves n'est pas neutre**

Le placement des élèves n'est pas sans conséquence sur les performances (Perkins & Wieman, 2005 ; Brooks, 2011, 2012). La disposition des élèves et leurs choix de place déterminent un espace social caractérisé par un réseau de relations (Davis, 1984) et une structure de communication spécifique (Lécuyer, 1975). La disposition de la salle est ainsi plus ou moins adapté au type d'activités proposé et aux attentes de l'enseignant quant au comportement des élèves (Weinstein, 1992). L'intensité des interactions entre les étudiants pourrait être liée à la perception qu'ils ont des déplacements potentiels de l'enseignant et de ses possibilité d'accès à leur espace (Issaadi et Jaillet, 2017)

- **L'espace de la salle de classe est porteur d'affordances spatiales**

La perception par l'enseignant des affordances présentées par l'espace de la classe, par exemple la « passabilité » entre deux rangs, pourrait agir sur ses décisions de déplacement (Efran & Cheynes, 1973, Warren & Wang, 1987, Morgado, 2006). L'espace de la classe est un espace professionnel qui peut être considéré comme un espace d'activité (Heddad, 2016), qui est à la fois un espace instrumental (Rabardel, 1995) et un espace d'énaction.

2.8.2 Les déplacements de l'enseignant

L'environnement objectif et subjectif agit étroitement sur l'action de l'individu au travail (Leplat, 2000). Il est vraisemblable que les propriétés de l'espace de la salle de classe influencent la manière dont l'enseignant se déplace.

- **Les déplacements de l'enseignant apparaissent comme des gestes professionnels**

Les déplacements de l'enseignant en tant que gestes professionnels, indices observables révélant une part de son activité, expression de connaissances professionnelles (PK) en action ont semble-t-il été peu étudiés, et n'ont a priori pas été abordés sous l'angle de l'analyse de l'activité enseignante.

- **Analyser les déplacements au regard de l'accessibilité de la salle de classe**

Ces déplacements se traduisent dans l'espace physique de la classe par différentes distances et

sont probablement attachés à l'accessibilité des lieux spécifiques de l'espace de classe. Les notions de distance topologique réticulaire (Charron et Shearmur, 2005), de chemin de coût minimal (Dijkstra, 1959) et d'accessibilité (Vickerman, 1974) semblent appropriées pour approcher les déplacements du professionnel dans l'espace physique qui est le support de son espace d'activité. L'accessibilité peut être calculée (Vickerman, 1974) et représentée sur une carte de la salle de classe (Dumolard, 1999).

- **Mettre en regard les déplacements et les interactions verbales en utilisant les méthodes de cartographie comportementale.**

Il apparaît donc pertinent d'enregistrer les déplacements et positions de l'enseignant et de les mettre en regard des interactions verbales traduisant les processus d'apprentissage au sein des groupes d'élèves, en utilisant une méthode de cartographie comportementale découpant l'espace en mailles telle que décrite par Legendre et Depeau (2003).

La figure ci-dessous résume les éléments apparaissant comme essentiels pour cette recherche doctorale.

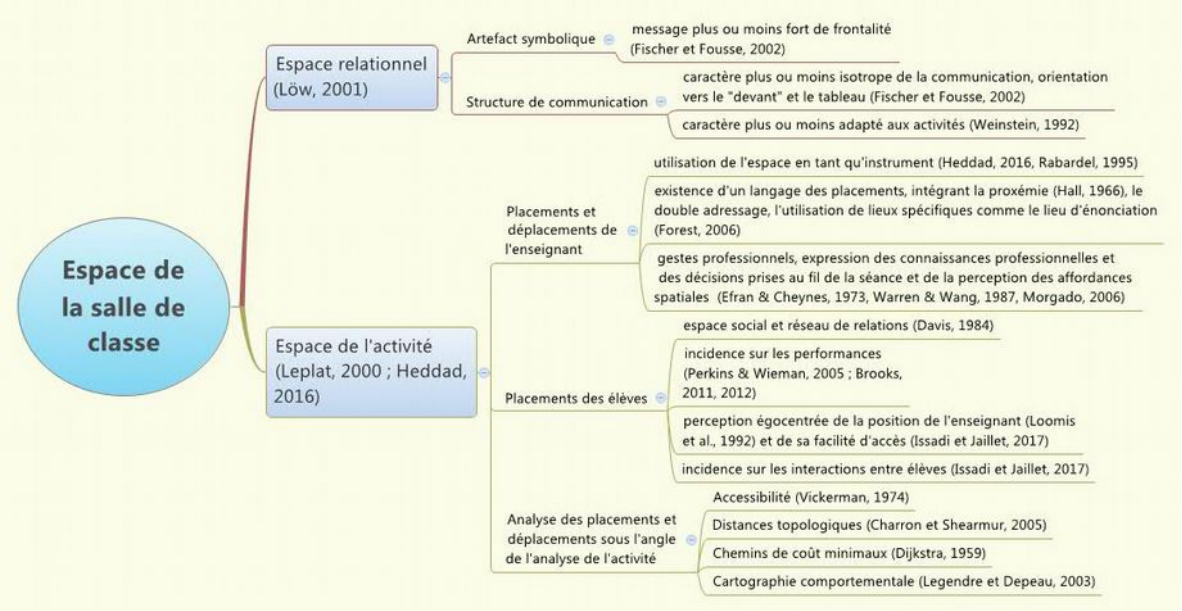


Figure 37. La salle de classe, espace relationnel et espace de l'activité.

Il est nécessaire de décrire à présent le cadre d'étude des interactions verbales dans les apprentissages en sciences.

Chapitre 3. Les interactions verbales dans les apprentissages en sciences

Dans le cadre de l'enseignement obligatoire, les compétences des élèves français en compréhension de l'écrit ne sont pas satisfaisantes, à la lecture des dernières évaluations internationales. Une piste d'amélioration de la compréhension de l'écrit apparaît être la maîtrise de la langue orale. Dans le cadre du plan national de prévention de illettrisme, le Ministère de l'Éducation Nationale affirme que « le rôle crucial de l'école est, d'abord, de favoriser l'entrée dans le langage et son appropriation à travers l'expression orale, puis d'apprendre à tous les enfants à lire, à comprendre les textes, à s'exprimer à l'oral et à l'écrit de manière fluide et efficace ». Bessonat (1998) analyse les difficultés courantes dans l'apprentissage de l'oral :

> *«Ce qui pèche dans le fonctionnement de classe habituel, c'est au plan des verbalisations, une conduite d'empêchement : tous les échanges passent le plus souvent par le maître sous forme d'un ping-pong en questions/réponses et la répartition du temps de parole entre l'enseignant et les élèves est fortement déséquilibrée au détriment de ces derniers qui ne trouvent pas l'opportunité de verbaliser, d'élaborer oralement leur savoir ».*

Kermen et Barroso (2013) observent l'activité ordinaire d'une enseignante de chimie en classe de terminale et notent que les contraintes de temps amènent l'enseignante à réduire les contributions orales des élèves et à travailler sous la forme de « monstration-exposition » : durant ces épisodes, elles mesurent que le nombre de mots prononcés par l'enseignante est environ vingt fois plus élevé que celui des élèves. Pourtant en sciences, les différentes phases de la démarche d'investigation offrent l'opportunité de travailler les compétences d'argumentation orale.

La démarche d'investigation permet autant l'argumentation autour de protocoles expérimentaux que l'argumentation concernant les résultats des expériences mises en œuvre. Ces pratiques d'argumentation pourraient contribuer à équilibrer la répartition du temps de parole entre enseignant et élèves, et aider les élèves à mieux maîtriser la langue orale. D'autre part, Vygotski (1934) souligne que l'apprentissage se fait au travers du langage, et qu'il existe un lien profond entre notre pensée et notre langage, qu'il considère comme un élément de la construction de notre pensée. Une

pratique régulière de l'argumentation lors du travail en petits groupes d'élèves pourrait ainsi contribuer à une meilleure conceptualisation. Dans ce qui suit, je m'intéresse d'abord aux interactions et à leur nature dans le contexte du travail en petits groupes. J'aborde ensuite le rôle du langage et de l'argumentation dans la construction des concepts scientifiques. Je précise la place de l'argumentation dans le modèle d'activité de l'enseignant pendant les séances d'enseignement des sciences fondées sur l'investigation et présente ensuite deux modèles de description du processus d'argumentation. Je termine par les conclusions de ce troisième chapitre de mon cadre théorique.

3.1 Interactions verbales de régulation dans le contexte du travail en petits groupes

Je considère la classe et également chaque groupe d'élèves comme un **système**, défini comme un « ensemble d'éléments en interaction dynamique, organisés en direction d'un but » (De Rosnay, 1975, p. 93).

J'aborde dans ce qui suit ce qu'induit cette approche systémique. Je m'intéresse ensuite aux interactions à caractère de régulation qui concernent le système du groupe d'élèves, en examinant d'abord les interactions externes entre l'enseignant et les groupes, puis les interactions internes aux systèmes des groupes d'élèves.

3.1.1 Approche systémique du travail de groupes

La classe est un système qui est constitué de l'enseignant et de l'ensemble des élèves. Chaque groupe d'élèves est un système complexe et ouvert.

Le système du groupe d'élèves échange des flux d'informations d'une part en interne et d'autre part en externe avec les autres systèmes (l'enseignant et les autres groupes). Il s'y déroule des transformations plus ou moins contrôlées et conformes au processus attendu, qui peuvent être décrites par la dynamique des systèmes (Jacobson & Wilenski, 2006 ; Lapointe, 1993).

Une part des informations échangées au sein du groupe relève du contenu relatif à l'apprentissage visé, et d'un processus d'argumentation rationnelle, l'autre part des échanges relève de processus de régulation, rétroaction et contrôle, décrits par Lapointe (1993) comme partie intégrante de la dynamique des systèmes en éducation.

Dans une phase de travail en groupe, on peut considérer les interactions externes comme étant essentiellement des interactions avec l'enseignant, dans la mesure où ce type de travail suppose peu d'échanges entre les groupes.

3.1.2 Interactions de régulation externes, entre enseignant et groupes

3.1.2.1 Deux types d'interactions enseignant-groupes

Les préoccupations de l'enseignant dans ses interactions avec les groupes d'élèves sont de deux natures imbriquées et indissociables (Sieber, 2000). L'enseignant cherche d'une part à faire progresser le processus d'apprentissage et il veille d'autre part à maintenir un climat conciliable avec ce processus. Sieber (2000) se réfère à Doyle (1986) pour décrire ces deux dimensions de l'action de l'enseignant dans une perspective systémique de l'(in)discipline en classe. Les deux types d'interactions qui en résultent ont des fonctions différentes :

- gérer, réguler les comportements, c'est à dire assurer l'apprentissage des règles sociales dans la classe,
- réguler les apprentissages, c'est à dire veiller au déroulement des processus qui leur sont associés.

3.1.2.2 Interactions visant à réguler les comportements

Pour gérer les comportements, l'enseignant émet des messages « de discipline » en réaction à des comportements non souhaités, ces messages peuvent être des interventions directes (remontrances, clarification du comportement attendu) ou indirectes (diversion centrée sur les apprentissages, intervention centrée sur les comportements adressée à un autre groupe, ou encore intervention centrée sur les apprentissages adressée à un autre groupe)(Sieber, 2000).

3.1.2.3 Interactions visant à réguler le déroulement des processus d'apprentissage

Pour ce qui relève de la régulation des apprentissages, Allal et Mottier Lopez (2005) distinguent trois formes de régulation utilisées par les enseignants dans des approches formatives de l'évaluation :

- La régulation interactive fournit un feedback (c'est à dire une rétroaction) et des étayages au fil de l'apprentissage, dans la zone de développement proximal de l'élève. Elle permet à l'élève de percevoir ce qu'il est en train de faire.
- La régulation rétroactive survient à la fin d'une phase et permet à l'apprenant de faire un bilan d'étape pour corriger son travail ou surmonter une difficulté. L'élève perçoit ainsi ce qu'il a déjà fait.

- La régulation proactive est utilisée dans une perspective d'anticipation de la différenciation. Elle permet de planifier et donne à l'élève la cible à atteindre.

Les processus d'apprentissage reposeraient donc sur des interactions de type rétroaction ou feedback (régulation interactive et rétroactive) et des interactions de type anticipation ou feedforward, proches de la métacognition (interactions proactives) (Allal et Mottier Lopez, 2005)

3.1.2.4 Feedback et métacognition

Georges et Pansu (2011) évoquent la polysémie du terme feedback. Ils distinguent en particulier :

- Les feedbacks de conception restreinte qui n'apportent aux élèves qu'une information de résultat (Good & Brophy, 1970). Ils sont fournis durant l'activité ou en fin d'activité.
- Les feedbacks de conception large qui apportent une information plus large concernant la performance, telle une réponse correcte, une correction, une stratégie ou un encouragement (Hattie & Timperley, 2007). Ces informations plus larges fournissent aux élèves des pistes d'amélioration de leur production ou des moyens de surmonter un obstacle.

Lepareur (2016) examine la pluralité des définitions de la métacognition qui ont fait suite aux premiers travaux de Flavel (1985). Elle revient à la distinction que fait Flavel entre cognition et métacognition et pointe les difficultés pour les distinguer si on les réduit à leur objet (contenus externe *vs* opérations internes) ou leur fonction (résoudre un problème *vs* réguler des actions). Elle retient que cognition et métacognition s'exercent à des niveaux différents. Lepareur souligne que la métacognition suppose un processus de contrôle et de régulation qui nécessite une certaine distanciation du sujet vis-à-vis de sa propre activité, c'est à dire un jugement, une appréciation concernant ses opérations internes. La régulation proactive de l'enseignant pourrait être envisagée comme visant cette distanciation, donc facilitant la métacognition.

3.1.3 Interactions de régulation intragroupes

Je m'intéresse ici aux interactions relevant des processus de régulation internes aux groupes d'élèves. Les interactions qui relèvent du processus d'argumentation seront décrites dans les paragraphes 2 et 3.

Dans sa note de synthèse, Cosnefroy (2010/2) identifie cinq modèles majeurs de l'apprentissage auto-régulé (Winne, Pintrich, Corno, Zimmerman et Boekaerts). Pour lui, chacun de ces modèles apporte des éléments qui précisent les processus qui interviennent lors de l'auto-régulation des apprentissages. Les quatre premiers modèles apparaissent comme davantage centrés sur la

régulation de la tâche, le cinquième fait apparaître des processus motivationnels. Je les détaille dans ce qui suit.

3.1.3.1 Quatre modèles de régulation de la réalisation de la tâche

- Winne : l'apprenant intervient sur l'action et cherche à la contrôler en fonction du jugement qu'il se fait de l'avancement de l'activité en cours.
- Pintrich : le contrôle que l'apprenant exerce sur l'action est piloté par des buts d'accomplissement qui constituent un cadre de référence par rapport auquel l'apprenant évalue sa propre action.
- Corno : pour atteindre ses buts, l'apprenant met en place des stratégies de contrôle de soi et de contrôle de son environnement.
- Zimmerman : il existe deux dimensions de l'autorégulation : l'auto-régulation proactive, qui se caractérise par l'anticipation des résultats de l'action, et l'auto-régulation réactive qui permet de franchir les obstacles présents entre le but et la situation actuelle.

3.1.3.2 Un modèle de régulation motivationnelle

- Boekaerts : les émotions sont aussi à prendre en compte dans la définition des buts qui pilotent l'action, car l'apprenant cherche à maintenir l'équilibre entre ses apprentissages et le maintien d'un sentiment de bien être en se protégeant des émotions négatives qui peuvent advenir pendant l'activité.

Cosnefroy souligne que le travail en groupe, demande aux élèves des stratégies spécifiques d'apprentissage et ne peut être efficace que si chacun des membres du groupe s'engage dans la réalisation de la tâche et conserve un niveau de motivation suffisant pour la mener à terme.

Il pointe également trois caractéristiques de l'apprentissage auto-régulé importants dans le travail en groupes

- un découpage en trois phases révélatrices de l'avancée de la tâche,
- la présence de buts multiples et qui sont progressivement redéfinis au cours de la tâche,
- un caractère dynamique piloté par des stratégies dont les fonctions sont en tension, les unes favorables et les autres défavorables à l'apprentissage.

Il souligne que dans un groupe, les fonctions de contrôle de l'action sont partagées entre les différents membres, et que l'efficacité du travail dépend de cette répartition du contrôle. Au sein du

groupe, la comparaison sociale (menace sur les compétences) peut détourner une partie de l'attention et nuire à la performance (Cosnefroy, 2010/2).

Dans le cadre de cette étude, on peut supposer que le groupe d'adolescents engagés dans une démarche d'investigation est certainement encore plus soumis à cette difficulté de répartition du contrôle et de préservation de l'image de soi au sein du groupe que les groupes d'adultes étudiés par Cosnefroy.

3.2 Le rôle du langage et de l'argumentation dans le processus d'apprentissage en sciences

Les échanges qu'attend l'enseignant dans le travail en groupe sont aussi des échanges à caractère d'argumentation, en lien direct avec le contenu enseigné. Je présente dans la suite de ce chapitre dans un premier temps en quoi ces échanges argumentatifs font partie intégrante du processus de construction des concepts scientifiques. Je précise les difficultés attachées au langage que présente l'argumentation pour les élèves et, pour finir, je décris les spécificités de l'argumentation en classe de sciences.

3.2.1 Construction des concepts scientifiques

Pour Vygotski (1934), la formation des concepts scientifiques se fait au moment de l'adolescence, quand l'enfant devient capable de passer de la pensée par complexe à la pensée par concept. A ce stade, Vygotski note qu'il peut y avoir une différence entre l'utilisation d'un concept et sa prise de conscience effective, comme il peut exister une différence entre l'action et sa verbalisation. Vygotski décrit la conceptualisation comme un processus qui fait appel aux opérations mentales de généralisation et de jugement, la signification du mot se figeant à l'issue de ce processus. Il souligne que la construction des concepts scientifiques (apportés par les apprentissages scolaires) évolue en parallèle avec la construction des concepts quotidiens (apportés par la vie quotidienne) et que la conceptualisation passe par l'interaction sociale. Il met aussi en évidence l'importance de l'interaction avec l'adulte dans l'apprentissage.

Différentes recherches ont étudié le rôle du langage dans la conceptualisation en sciences, certaines se sont intéressées aux productions langagières des élèves lors de l'élaboration de protocoles expérimentaux, et d'autres au rôle du langage dans l'élaboration des connaissances au travers de situations de débats autour de controverses socioscientifiques. Bisault (2008) observe que la discussion entre élèves peut être un outil d'expression des conceptions initiales ou un outil de

structuration des connaissances et d'émergence de la conceptualisation en appui sur la situation matérielle expérimentale de départ. Albe (2006) soulève la question de l'impact de la situation pédagogique sur les discours des élèves et du rôle des interventions de l'enseignant dans les situations pédagogiques où des groupes d'élèves argumentent autour de questions vives socioscientifiques.

3.2.2 La difficulté à passer d'un langage de situation à un langage d'évocation

Vygotski (1934) observe que lors du développement de l'enfant, la pensée devient verbale et le langage devient intellectuel. Il souligne l'importance du langage dans notre pensée.

Les termes de langage d'évocation et de langage de situation sont abondamment utilisés dans les écrits institutionnels. (Bouysse, 2006) décrit le langage en situation comme le langage de l'« ici-maintenant », attaché à une situation précise, à un moment et un lieu, et laissant une part importante à l'implicite. Un des objectifs de l'école maternelle est d'amener les enfants à progressivement utiliser le langage d'évocation, qui leur permet d'entrer dans le récit, et de raconter à autrui une situation qu'il n'a pas vécu ni partagé avec eux, sans support matériel. Le langage d'évocation est explicite. Vygotski (1934) mentionne le retour à un langage implicite quand la situation à résoudre présente une difficulté importante, par conséquent on peut se demander si, déstabilisés face à une situation d'investigation, des adolescents se retrouvent à nouveau plongés dans cette difficulté de passage d'un langage de situation, appuyé sur une situation matérielle à un langage d'évocation, plus précis et abstrait.

3.2.3 L'argumentation en classe de sciences

L'argumentation en classe de sciences apparaît avoir des caractéristiques spécifiques :

Elle nécessite le maniement d'un vocabulaire spécifique et de langages différents du langage ordinaire. Lieury (2003) réalise un inventaire du vocabulaire spécialisé des matières du collège pour estimer l'importance des mémoires lexicales et sémantiques mises en jeu dans les apprentissages. Il estime que 24000 mots sont à mémoriser pour un élève de troisième, en plus du vocabulaire courant. Canac et Kermen (2016) s'intéressent à l'apprentissage du langage de la chimie. Elles pointent la nécessité d'un apprentissage spécifique pour aider les élèves à relier les symboles aux autres connaissances disciplinaires.

L'argumentation en sciences apparaît ainsi comme un fondement de l'activité de modélisation, que Robinault (2015) décrit comme un des objectifs de l'enseignement scientifique et qu'elle identifie

comme un apprentissage crucial et difficile. Elle souligne que l'apprentissage en sciences s'effectue quand l'élève parvient à établir des liens entre les situations et expérimentations effectuées en classe et les modèles théoriques, en utilisant un vocabulaire scientifique spécifique. Il devient ainsi capable de prévoir ou d'expliquer les phénomènes observés. L'élève a besoin pour cela de s'appuyer sur le réel. La langue naturelle peut constituer un obstacle dans la mesure où le sens commun des mots s'oppose parfois à leur signification scientifique. Robinault (2015) précise ce que recouvre la notion de modèle en sciences. Elle précise sa fonction d'explication du monde réel, son caractère de simplification, et décrit ses propriétés à partir du schéma proposé par Guillaud et Robardet (1997), présenté en figure 38.

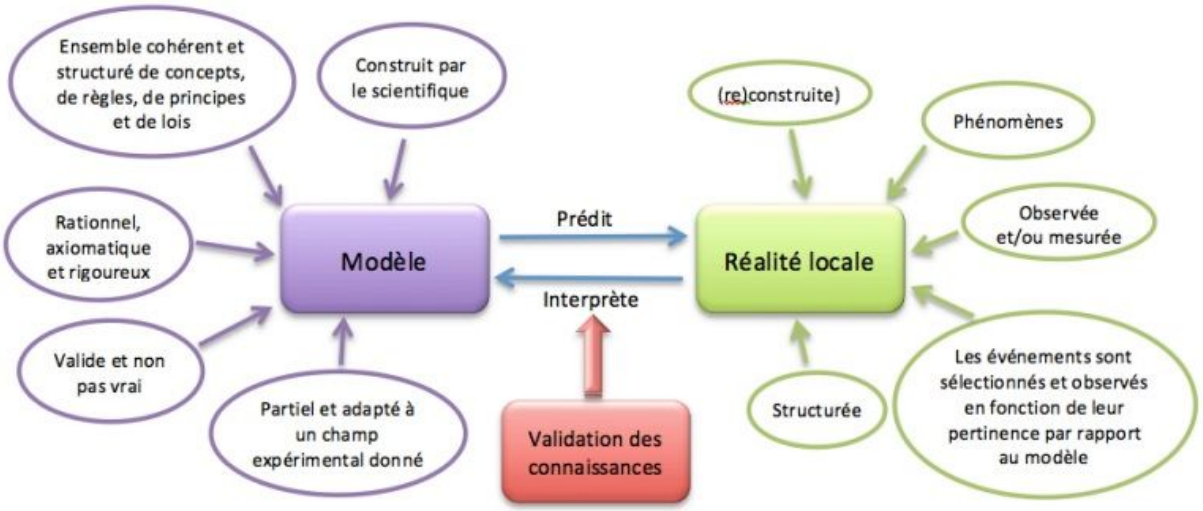


Figure 38. Les propriétés d'un modèle selon Guillaud et Robardet (1997), extrait de Robinault (2015, p. 75)

Robinault (2015) s'appuie sur les travaux de Tiberghien (1994) et distingue les modèles naïfs et scientifiques et considère que l'apprentissage de la physique passe par le processus d'articulation entre l'univers tangible des objets et évènements et l'univers des théories. Elle précise que cette articulation passe par trois langages, la langue littéraire, le langage des symboles graphiques et le langage mathématique.

Buty, Badreddine et Régnier (2012) analysent les interactions en classe de sciences en recherchant les paramètres qui s'articulent pour la construction des savoirs scientifiques. Pour eux, l'argumentation en classe de sciences constitue un moyen langagier de transformation des points de vue des apprenants lors de cette construction. Ils pointent une spécificité de la représentation des savoirs scientifiques, l'association de plusieurs registres sémiotiques, qui est partie intégrante des interactions langagières en sciences. Ils soulignent aussi que l'argumentation ne se réduit pas à

l'échange d'arguments rationnels, mais que des phénomènes de motivation et d'engagement des acteurs interfèrent dans les échanges.

Il parait utile de s'intéresser aux échanges oraux des élèves en situation d'investigation, pour suivre la construction du savoir au travers du langage oral qu'ils emploient.

3.3 L'argumentation dans le contexte spécifique des ESFI (Enseignements de Sciences Fondés sur l'Investigation)

L'activité de l'enseignant lors des enseignement fondés sur l'investigation (ESFI) a été décrite par Grangeat (2013). Je présente ce modèle d'activité de l'enseignant dans un premier temps, afin de discerner la part qui revient à l'argumentation dans les préoccupations de l'enseignant de sciences.

Pour Micheli, (2011) l'argumentation constitue « un mode spécifique d'organisation du discours visant à justifier un point de vue à propos duquel un désaccord est possible ou plausible ». Je présente dans la suite de cette section les modèles de Plantin (2005) et de Toulmin (1958) qui comportent tous deux ces dimensions de justification et d'opposition.

3.3.1 L'argumentation dans un modèle d'activité de l'enseignant lors des ESFI

L'argumentation est une des dimensions du modèle d'analyse de l'activité enseignante lors des ESFI proposé par Grangeat (2013). Ce constat donne une première information sur la place faite à l'apprentissage de l'argumentation dans une séance. Pour décrire l'activité de l'enseignant lors des ESFI, six dimensions critiques sont utilisées dans ce modèle. La cinquième concerne la place de l'argumentation, elle comporte quatre modalités.

- L'enseignant facilite la communication entre les élèves dans les petits groupes.
- L'enseignant fait communiquer à la classe les propositions des élèves.
- Les élèves sont encouragés à prendre en compte les arguments d'autrui.
- Les élèves sont encouragés à justifier leur réponses par des connaissances ou des résultats.

La communication au sein de petits groupes, l'écoute, la justification des réponses font donc partie des préoccupations de l'enseignant lors des séances ESFI.

3.3.2 Le processus d'argumentation : deux modèles pour le décrire

Driver, Newton et Osborne (1997) s'intéressent à ce qu'on entend par argumentation, à la place de l'argumentation, à sa fonction et son utilisation dans l'éducation aux sciences. Le cadre de leur recherche fait apparaître l'argumentation comme une pratique humaine inscrite dans un champ

social spécifique, pratique individuelle ou en groupe. Il s'agit d'avancer une raison pour ou contre une proposition, pour persuader autrui. La construction d'un argument suppose d'envisager les alternatives à la proposition émise. Les auteurs sont convaincus que la pratique de l'argumentation en groupe est un mécanisme fondamental pour étayer l'apprentissage individuel de l'argumentation.

Erduran, Simon et Osborne (2004) utilisent le modèle de Toulmin (1958) qui est essentiellement centré sur la structure de l'argumentation. C'est un modèle adapté au cadre de l'enseignement puisqu'il permet d'évaluer la qualité du processus d'argumentation, qui est bien un objectif d'apprentissage.

3.3.2.1 Modèle dialogal de Toulmin

Les préoccupations de Toulmin sont purement philosophiques quand il présente son schéma argumentatif en 1958. Il se dit d'ailleurs étonné que son schéma ait été rebaptisé « le modèle de Toulmin » par les spécialistes de la communication dans la préface de la dernière ré-édition (2003) de son ouvrage.

Toulmin compare le processus d'argumentation à un organisme, avec de grandes structures (il parle même d'« organes ») qui sont les grandes phases de la progression de l'argumentation. A l'intérieur de ces grandes phases, il identifie des structures beaucoup plus fines, auxquelles il s'intéresse. Il détaille la structure de ces micro-arguments et recherche un motif général.

Il distingue d'abord « claim » et « data » :

- les « data » (D) sont les éléments factuels, les informations dont on dispose, les données,
- les « claim » (C) sont les affirmations, les conclusions auxquelles on arrive.

Il décrit ensuite ce qu'il nomme « warrants » (W) ou garanties, ce sont les éléments qui permettent de relier « claim » et « data », des éléments qui légitiment, justifient le lien qui est établi entre « data » et « claim ».

Il s'interroge sur la possibilité de distinguer complètement « data » et « warrant » et complète le schéma par ce qu'il appelle « backing » (B), ce sont les fondements d'où sont issus les « warrants ». Dans la perspective d'une utilisation de ce modèle dans le cadre des ESFI, « warrants » et surtout« backings » seraient des lois et modèles scientifiques éprouvés et reconnus.

Un « claim » est associé à une certaine dose de probabilité (vraisemblable, probable, certain), que Toulmin décrit dans son schéma par « qualifier » (Q). Il peut aussi être réfuté, ce qui est traduit sur le schéma par « rebutal » (R).

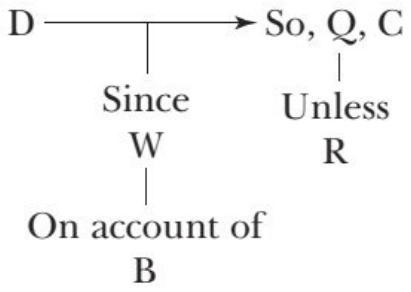


Figure 39. Le schéma argumentatif de Toulmin – extrait de Toulmin (2003, p. 109)

Mello, Marzin-Janvier, & de Almeida (2018) utilisent ce schéma argumentatif pour analyser les arguments développés dans le domaine scientifique par des élèves de lycée travaillant sur des situations problèmes implantées sur la plateforme numérique LabBook. Cette plateforme permet de structurer la démarche d'investigation en proposant un étayage pour la rédaction du rapport expérimental. Les auteurs soulignent l'intérêt du modèle de Toulmin et sa pertinence pour approcher la complexité des arguments émis par les élèves.

En revanche, Driver, Newton et Osborne (1997) pointent certaines limites du modèle de Toulmin : pour eux, ce modèle apparaît comme trop décontextualisé, il ne prend pas en compte le contexte dans le processus d'inférence, il ne fait pas apparaître les éléments implicites, ignore la non séquentialité d'un cours naturel de discussion, et ne prend pas en compte les éléments non verbaux. Il leur paraît nécessaire de prendre en compte aussi la dimension sociale des interactions dans l'analyse de l'argumentation au sein d'un groupe.

Le modèle dialogal de Plantin est centré sur les interactions.

3.3.2.2 Modèle dialogal de Plantin

Plantin (1996) le présente comme un modèle « dialogal », (c'est à dire couvrant les situations de dialogue et d'interaction), centré sur la gestion des interactions entre les locuteurs. Le modèle proposé par Plantin (1996) repose sur l'idée de la contradiction lors de ce qu'il nomme une situation argumentative. Dans ce modèle, le point de départ est une contradiction (différentes propositions opposées). Cette contradiction fait émerger une Question qui donne lieu à la confrontation des différents acteurs de l'argumentation, que Plantin nomme le Proposant (P), l'Opposant (O), et le Tiers (T). Le Proposant adopte une position, l'Opposant le contredit, le Tiers énonce la Question. Pour Plantin, l'argumentation va de pair avec le doute, et chaque acteur prend position devant cette situation de doute. Les situations sont porteuses d'un caractère argumentatif plus ou moins marqué,

aussi Plantin souligne que l'argumentation peut devenir polémique si l'acteur s'identifie à son rôle dans la situation argumentative, et se laisse emporter par des aspects affectifs.

3.3.2.3 Des points communs et des spécificités

De ces deux modèles, on peut retenir que :

- La qualité de l'argumentation apparaît comme étroitement liée au doute et au questionnement (Toulmin et Plantin).
- L'opposition (Plantin) semble incontournable pour faire émerger une conclusion solide, qui s'est frottée à la contradiction par les pairs.
- La place de la justification et des fondements est affirmée comme un élément de qualité (Toulmin).
- Le modèle de Toulmin est pertinent pour analyser des arguments produits par des élèves dans le cadre d'enseignements scientifiques fondés sur l'investigation.
- Les aspects affectifs et sociaux (Plantin) semblent particulièrement nécessaires à prendre en compte dans le contexte du collège et des interactions entre des adolescents.

3.4 Conclusions du Chapitre 3

Le travail en petits groupes d'élèves dans le contexte des ESFI permet à la fois l'apprentissage de l'argumentation et du raisonnement et la construction des concepts scientifiques. Les interactions verbales entre l'enseignant et les groupes d'élèves, et au sein des groupes relèvent de différents registres et mécanismes.

Le système « groupe d'élèves » est un système ouvert (De Rosnay, 1975 ; Lapointe, 1993) qui interagit avec l'enseignant. L'enseignant interagit avec le groupe avec deux finalités, d'une part réguler les comportements (Sieber, 2000) et d'autre part réguler les apprentissages. La régulation des apprentissages peut être à visée rétroactive ou proactive (Allal et Mottier-Lopez, 2005). Les interactions de l'enseignant avec chacun des groupes sont réparties entre les groupes et s'inscrivent dans un système « classe ». Ce dernier est fermé, et comporte l'enseignant et tous les groupes d'élèves.

Les échanges intragroupes reflètent la résolution du problème au travers du processus d'argumentation rationnelle qui se met en place pour faire face à la situation d'investigation proposée. L'analyse du processus d'argumentation rationnelle fait appel à différents modèles

qu'il est nécessaire de combiner pour réellement prendre en compte ce qui se joue dans son déroulement. Les modèles de Toulmin (1958) et de Plantin (1993) ont des points communs et spécificités pertinents pour cette analyse. La qualité du processus d'argumentation peut être approchée par l'observation de la présence dans les échanges entre pairs d'opposition, de doutes, et de questionnement, et de justifications des affirmations. La qualité du langage

employé, la précision du vocabulaire permettent aussi d'inférer le niveau de conceptualisation (Vygotski, 1934 ; Bouysse, 2006) atteint lors du travail de groupe.

Les échanges intragroupes ne relèvent pas tous de l'argumentation rationnelle. Ils reflètent aussi en particulier

- Des phénomènes de régulation motivationnelle entre les acteurs, la réalisation de la tâche nécessitant le maintien de l'implication des élèves lors des étapes successives.
- Des préoccupations de régulation de réalisation de la tâche, faisant apparaître l'anticipation et la planification des étapes, ou encore l'estimation de la qualité de réalisation (Cosnefroy, 2010).

Pour résumer, la figure 39 liste les éléments apparaissant comme pertinents pour caractériser les interactions verbales entre les élèves pendant les phases de travail en groupe lors des séances d'enseignement des sciences fondées sur l'investigation.

Ces éléments, révélateurs des apprentissages en cours de construction, seraient à examiner pour établir une cartographie comportementale afin d'analyser le rôle de la configuration de l'espace dans les interactions enseignant-groupes, et entre élèves.

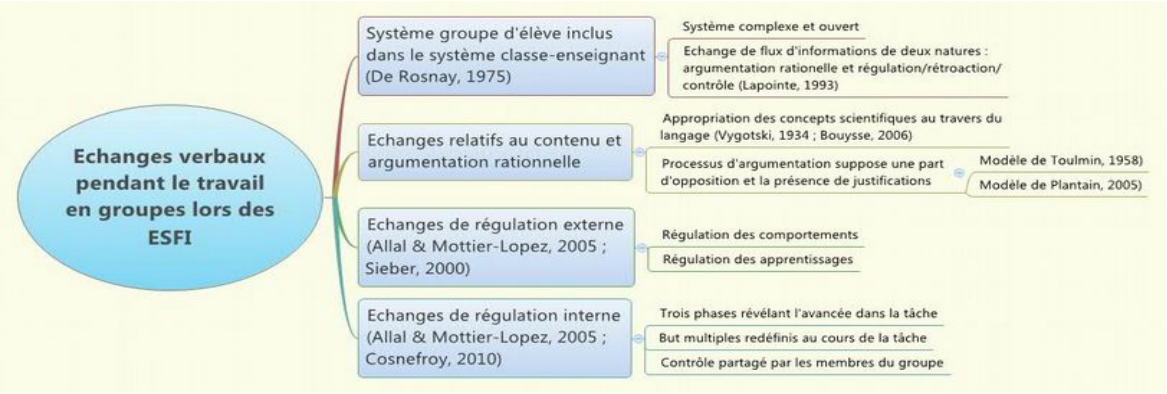


Figure 40. Types d'échanges verbaux au sein du système "groupe d'élèves" pendant le travail en groupes lors des enseignements scientifiques fondés sur l'investigation.

Chapitre 4. Problématique

Mon questionnement de départ est la comparaison de deux salles de classes et l'analyse de l'adéquation entre la configuration de la classe et la pratique professionnelle de l'enseignant.

L'enseignement des sciences basé sur l'investigation ESFI est recommandé en France et dans de nombreux pays pour améliorer la compréhension du monde par les étudiants et promouvoir l'éducation scientifique. Les interactions enseignant-élève lors des ESFI sont supposées être différentes de celles des autres types de cours. Par exemple, le travail de groupe occupe une place prépondérante dans ces approches (Grangeat, 2015). En parallèle, la promotion des approches interactives en classe fait évoluer les espaces d'enseignement dans le sens d'une mobilité accrue (Jeannin, 2017). L'enseignement des sciences soulève un problème spécifique dans la mesure où les professeurs de sciences doivent s'adapter à un espace de travail fixe puisque les paillasses de laboratoire sont souvent boulonnées au sol.

La question centrale de cette recherche est de savoir comment les différentes configurations des espaces de travail en classe pourraient influencer les interactions dans la classe. Plus précisément, je cherche à savoir si les configurations de l'espace de travail ont un impact sur les interactions élèves-enseignants et entre les pairs pendant le travail de groupe lors des ESFI.

Peu de recherches empiriques ont examiné l'impact de la configuration sur les interactions élèves-enseignant et sur les interactions entre pairs, en particulier dans les classes de sciences secondaires. Les résultats observés ont par ailleurs mis en évidence l'importance de la nature individuelle ou collective de la tâche (Brooks, 2012 ; Marx, Fuhrer & Hartig, 1999 ; Wannarka e& Ruhl, 2008).

Trois cadres théoriques sont mobilisés par cette recherche, l'activité enseignante et son inscription dans un contexte, l'espace en tant que contexte et les interactions verbales dans les apprentissages en sciences.

4.1 Articulation des cadres théoriques

4.1.1 Système classe et système groupe d'élèves

L'enseignant et l'ensemble des groupes d'élèves forment un système qu'on peut considérer comme fermé au cours d'une séance. Chaque groupe d'élèves constitue un système ouvert avec lequel interagit l'enseignant (Lapointe, 1993). Les mouvements de l'enseignant dans l'espace de la classe font partie de la dimension non verbale de ces interactions.

4.1.2 Mouvements de l'enseignant et contexte

D'après Grangeat (2015), les mouvements des enseignants et les décisions d'action sont liés à l'ensemble de leurs connaissances professionnelles (TPK). Cet ensemble de TPK comprend le répertoire des actions disponibles pour l'enseignant, les indices captés par l'enseignant dans une situation spécifique et les connaissances qui justifient la décision d'action. Cette action dépend du contexte d'enseignement. Grangeat et Hudson (2015) ont proposé un modèle de connaissances professionnelles des enseignants de sciences en contexte (TPKinCs), construit à partir du modèle de Gess-Newsome (2015). Le modèle TPKinCs intègre les actions des enseignants dans trois contextes en interaction avec les connaissances professionnelles des enseignants : les contextes instrumental, social et scolaire. Cette recherche s'intéresse au contexte instrumental.

Le contexte instrumental comprend trois composantes : les artefacts, les technologies et les résultats du perfectionnement professionnel des enseignants. L'enseignant interagit avec les instruments, ce qui peut ou non réduire et alléger la charge cognitive mobilisée pour enseigner (Grangeat et Hudson, 2015 ; Rabardel, 1995). La nature des actions de l'enseignant dépend des affordances attachées à l'instrument : les affordances reflètent les conditions, les contraintes et les potentialités du contexte d'enseignement perçues par l'enseignant (Kapon, 2015). L'espace de travail physique de la classe offre à la fois des contraintes et des potentialités, à travers des caractéristiques fixes telles que les dimensions et la forme de la pièce. Il favorise certains déplacements et en empêche d'autres, par la plus ou moins grande accessibilité entre les tables, par la présences de travées latérales ou centrales, par la disposition des éléments de mobilier. Ces contraintes et affordances - telles que la facilité pour le contact visuel ou la « passabilité » entre les tables - pourraient interférer avec les interactions entre le groupe et l'enseignant. En outre, les potentialités spatiales physiques pourraient avoir un impact sur le répertoire d'actions et de décisions de l'enseignant, comme le choix de la

disposition des élèves pendant le travail de groupe. En conséquence, cette recherche utilise le suivi des déplacements et des stations des enseignants pour inférer les décisions qui sous-tendent leurs actions.

4.1.3 Interactions verbales enseignant-groupes d'élèves

L'action de l'enseignant est également faite d'interactions verbales avec les élèves, visant la régulation des comportements et la réalisation du processus d'apprentissage. L'apprentissage de l'argumentation en sciences passe en premier lieu par l'engagement des élèves dans la tâche à réaliser. Or cet l'engagement semble être lié en partie à leur arrangement dans la salle de classe, à la plus ou moins grande distance entre les élèves et l'enseignant, et à l'accessibilité de l'enseignant à leur espace physique de travail. La nature et la fréquence des interactions verbales développées par l'enseignant seront analysées par rapport à des critères de distance et d'accessibilité vis-à-vis de chaque groupe d'élèves.

4.1.4 Interactions verbales intragroupes

Dans le contexte des ESFI, un but essentiel est l'apprentissage du raisonnement scientifique est la construction de concepts. Lorsqu'ils construisent leur raisonnement, les élèves échangent des arguments, plus ou moins aboutis, plus ou moins justifiés et précis. La qualité du processus d'argumentation développé reflète le processus de raisonnement des élèves et leur degré d'appréhension des concepts, c'est une trace de la construction de leurs savoirs. Les échanges strictement d'argumentation sont articulés avec deux autres types d'interactions internes au groupe : les interactions de régulation motivationnelle, qui assurent le maintien du niveau d'engagement et les interactions de régulation de la réalisation de la tâche qui sont nécessaires pour sa planification. La qualité de ces interactions internes au groupe a vraisemblablement des conséquences sur la qualité des apprentissages. La qualité du processus d'apprentissage pendant le travail de groupe pourrait donc être inféré à partir de la qualité de ces trois types d'échanges intragroupes - argumentation, réalisation de la tâche et régulation motivationnelle.

4.2 Problématique

Le contexte d'enseignement dans chaque configuration de classe m'apparaît comme défini par l'accessibilité de l'espace d'activité et par le placement des élèves. Ce point m'amène à formuler deux questions de recherche, chacune étant associée à deux hypothèses.

4.2.1 Première question de recherche

La première interrogation concerne l'accessibilité dans l'espace de travail et ses conséquences sur les déplacements, considérés comme mode d'interaction et expression des décisions d'action de l'enseignant.

La première question de recherche est précisément :

Dans quelle mesure les contraintes d'accessibilité de l'espace physique de travail, en modifiant les distances effectives entre l'enseignant et les groupes d'élèves, sont susceptibles de se répercuter sur les déplacements de l'enseignant ?

Par rapport à cette première question, je fais les hypothèses suivantes :

- **La distance effective de l'enseignant vis-à-vis des groupes d'élèves pourrait être différente en fonction de l'accessibilité potentielle de chaque espace de travail spécifique.**
- **La distance effective de l'enseignant à certains groupes d'élèves pourrait être plus grande lorsque l'accessibilité au groupe d'élèves est plus difficile.**

4.2.2 Deuxième question de recherche

Si les contraintes d'accessibilité dans l'espace de travail modifient les déplacements effectifs de l'enseignant, l'enseignant n'interagit vraisemblablement pas de la même façon vis-à-vis des différents groupes d'élèves.

La deuxième question examinée dans cette étude est :

Dans quelle mesure des modifications de l'accessibilité sont-elles susceptibles de modifier les interactions verbales entre les enseignants et les groupes d'élèves et les interactions intragroupes et susceptibles d'interférer avec les processus de construction des savoirs ?

Il en résulte deux hypothèses :

- **La nature et la fréquence des interactions verbales de l'enseignant avec les différents groupes d'élèves d'une classe dépendent de l'accessibilité de l'enseignant à chaque groupe d'élève.**
- **La qualité du processus d'argumentation et la qualité de la régulation intragroupe pour un groupe d'élèves donné dépendent de la distance effective de l'enseignant à ce groupe d'élèves et donc de la configuration de l'espace.**

Méthodologie

La partie précédente a apporté des éléments conceptuels sur l'articulation de trois champs de recherche sollicités par cette étude; l'activité de l'enseignant en contexte, l'espace physique de la classe en tant qu'élément de contexte instrumental partagé par l'enseignant et les élèves, et les interactions verbales lors des apprentissages en groupe dans le contexte de l'enseignement des sciences fondé sur l'investigation.

Mes questions et hypothèses de recherche ont été présentées. Mon premier objectif est d'étudier comment l'accessibilité de l'espace physique de la classe modifie les déplacements de l'enseignant dans son espace de travail et sa distance aux différents groupes d'élèves. Mon deuxième objectif est d'observer en quoi la proximité effective de l'enseignant aux différents groupes d'élèves peut se répercuter sur les apprentissages des élèves lors du travail de groupes, afin d'identifier les espaces de travail favorable et de les qualifier.

Je décris dans un premier chapitre les principes méthodologiques généraux, le contrôle des variables et la procédure de comparaison. Je présente dans le deuxième chapitre l'accessibilité potentielle, qui est la variable descriptive de la configuration. Dans le troisième chapitre, je présente les variables décrivant les échanges verbaux, la procédure d'enregistrement et de transcription, les codages retenus et indicateurs de qualité des échanges. Le quatrième chapitre est une synthèse intermédiaire récapitulant les variables de cette étude. Le cinquième chapitre relate les aspects concrets du recueil des données et les étapes du protocole retenu pour répondre aux questions de recherche. Le sixième chapitre est consacré au traitement des données utilisé pour produire les résultats, et précise les spécificités attachées au caractère spatio-temporel des données. Pour finir, le septième chapitre est une synthèse qui reprend les points essentiel de la méthodologie.

Chapitre 1. Principes généraux

Ce chapitre est consacré à la présentation des principes généraux qui vont permettre de tester les hypothèses. J'aborde dans un premier temps les questions posées par le recueil des traces d'activité nécessaires pour cette étude, et les choix généraux concernant l'observation des séances et les variables retenues. Je détaille ensuite le mode de contrôle des variables et les situations de comparaison mises en place.

1.1 Principes méthodologiques généraux

Je présente ici les principes méthodologiques généraux. Je décris d'abord les conditions d'observation, puis les configurations choisies pour les comparaisons, et enfin les variables retenues.

1.1.1 Observation écologique et systémique

La méthodologie globale repose sur l'observation in situ de l'enseignant d'une part, des groupes d'élèves d'autre part. L'approche choisie est systémique. Les traces d'activité recueillies sont obtenues par enregistrement vidéo et audio.

Ces traces concernent chaque groupe d'élèves, considéré comme un système (De Rosnay, 1975), dans lequel chaque changement dans le comportement d'un élève peut créer des modifications de comportements des autres élèves. L'enseignant interagit avec les groupes d'élèves pour réguler tant leurs comportements que les apprentissages. Ces interactions peuvent prendre la forme d'échanges verbaux avec le groupe, ou prendre la forme d'une communication non verbale, par l'utilisation de la proxémie. Dans ce sens, le groupe d'élèves est un système ouvert. L'observation de l'activité du groupe d'élèves se ramène à l'étude de la dynamique du système "groupe d'élèves", c'est à dire l'observation des états qu'il prend successivement et des transitions entre ces états.

Les traces recueillies concernent aussi l'enseignant dans le système « classe », d'une part par l'observation fine de ses déplacements, et d'autre part par le recueil de ses interactions verbales avec les groupes d'élèves.

L'observation vidéo de l'enseignant donne accès

- à ses déplacements et stations
- à sa distance par rapport à chaque groupe d'élèves

L'écoute des enregistrement audio des groupes d'élèves donne accès

- aux interactions enseignant-groupes
- aux interactions intragroupes

1.1.2 Choix des configurations de classe à comparer

Il s'agit de comparer les déplacements effectifs d'enseignants placés dans deux configurations différentes de leur espace de travail, dans le contexte de l'enseignement des sciences fondé sur l'investigation, lors d'une phase de travail en groupe. La variable principale est la configuration de l'espace de travail. Deux autres variables indépendantes sont à contrôler, il s'agit de l'enseignant et de la classe. La procédure de contrôle de ces deux variables est décrite dans ce chapitre au paragraphe 1.2.

La configuration frontale étant la plus répandue (Jeannin, 2017), elle a été choisie comme référence pour cette étude. Elle est nommée "Bus" dans la suite. Cette configuration frontale classique est constituée de plusieurs rangées de tables séparées par une travée centrale. Trois autres configurations, Îlots, Hybride et Peigne, sont comparées à cette configuration Bus.

- La configuration Îlots se compose de cinq blocs de tables, disposés comme les cinq points sur un dé. Cette configuration en Îlots est assez répandue en France, la troisième d'après Jeannin (2017). L'enseignant pouvant se déplacer dans toutes les directions, cette configuration correspondrait à un niveau élevé de facilité d'accès.
- La configuration Peigne comporte des rangées de tables attachées comme les dents d'un double peigne à une longue table centrale. Les mouvements des enseignants sont ici sévèrement contraints par l'absence de travée centrale. Par conséquent, cette configuration correspond à un faible niveau de facilité d'accès.
- La configuration Hybride est une salle de classe atypique, avec des paillasses disposés en rangées comme dans la configuration Bus et une longue paillasse latérale, ressemblant à la paillasse centrale de la configuration Peigne. Cette configuration correspondrait à une facilité d'accès intermédiaire entre les configurations Bus et Peigne.

La configuration contrainte par la technologie, et la configuration mobile décrites par Jeannin (2017) ont été exclues de cette étude. La disposition mobile ne semblait pas pertinente pour les salles de classe des sciences où les paillasses sont fixées au sol, et le contexte choisi ne nécessitait pas de technologies numériques.

La comparaison porte sur trois configurations, Peigne, Hybride et Îlots, chacune est comparée à la configuration Bus de référence.

1.1.3 Variables retenues

Les variables retenues sont relatives à l'activité de l'enseignant et à l'activité des élèves.

Deux variables concernent l'activité de l'enseignant :

- la première est sa position au cours du temps durant le travail de groupe,
- la deuxième est le contenu de ses échanges verbaux avec les groupes d'élèves.

Une variable concerne l'activité des élèves :

- le contenu des échanges verbaux dans chaque groupe d'élèves.

L'opérationnalisation des ces trois variables principales est décrite dans les chapitres 2 et 3 de cette partie.

1.2 Contrôle des variables et procédure de comparaison

Le contrôle des variables enseignant, classe et séance est ici essentiel. Je détaille comment sont établies les situations de comparaison, puis la procédure choisie.

1.2.1 Situations de comparaison

La situation de comparaison est établie de façon à isoler les paramètres de configuration de la salle. Comme l'enseignant ne peut pas faire deux fois la même séance, la situation de comparaison peut être l'une des suivantes :

- Situation de type 1 : L'enseignant T effectue la même séance dans deux configurations différentes, avec deux classes A et B présentant des profils proches.

Enseignant T	**Configuration Bus**	**Configuration de comparaison**
Classe A	Séance 1	
Classe B		Séance 1

- Situation de type 2 : L'enseignant T effectue deux séances différentes avec la même classe, dans deux configurations différentes.

Enseignant T	Configuration Bus	Configuration de comparaison
Classe A	Séance 1	Séance 2

1.2.2 Procédure choisie

La procédure retenue cumule les situations de type 1 et 2. En enregistrant 4 séances pour un même enseignant, on dispose de 2 situations de type 1 et 2 situations de type 2 :

Enseignant T	Configuration Bus	Configuration de comparaison
Classe A	Séance 1	Séance 2
Classe B	Séance 2	Séance 1

En croisant les classes et les configurations, on peut comparer les données cumulées des classes A et B pour les séances 1 et 2, en configuration Bus d'une part, et dans la configuration de comparaison d'autre part.

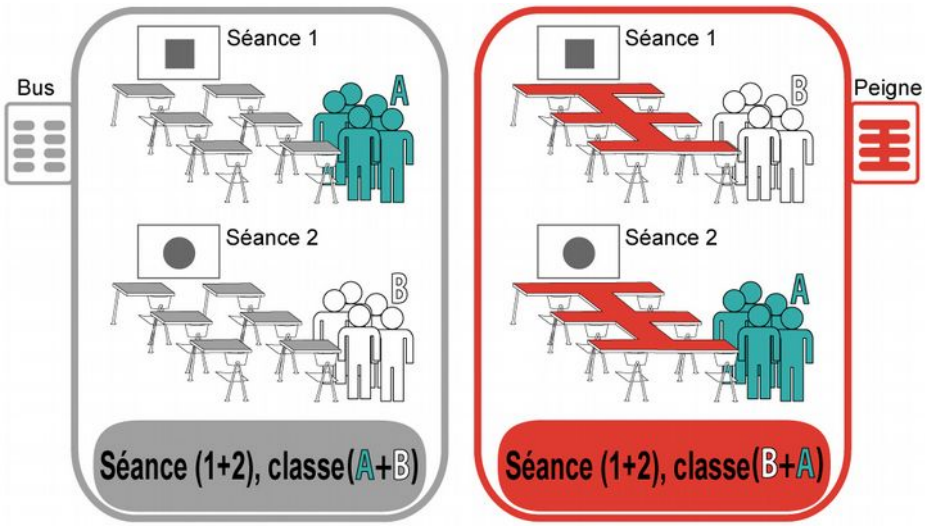


Figure 41. Procédure de comparaison des configurations Bus et Peigne.

Enseignant T	Configuration Bus	Configuration de comparaison
Classe A +B	Séance 1+2	Séance 2+1

À titre d'exemple, la figure 41 représente cette procédure pour l'enseignant T1, pour la comparaison des configurations Bus et Peigne. Pour contrôler la variable enseignant, le même enseignant T1 a effectué deux fois les deux séances, pour la configuration Bus et pour la configuration Peigne.

Afin de contrôler les variables de classe et de séance, chaque séance a été faite avec les deux classes, une fois en configuration Bus et une fois en configuration Peigne.

De cette façon, l'effet de la configuration peut être considéré comme isolé, puisque la classe A et la classe B ont expérimenté les séances 1 et 2, en configuration Bus et en configuration Peigne, avec le même enseignant. Ainsi, les deux configurations d'espace de travail d'enseignement à comparer ont été testées dans des conditions similaires.

Chapitre 2. Variable descriptive de la configuration, l'accessibilité potentielle

Je détaille ici le mode de construction de la variable principale de cette étude, l'accessibilité potentielle. Je présente d'abord les principes sur lesquels repose sa construction, puis sa détermination concrète et son calcul, et enfin comment sa valeur représente la qualité de l'accessibilité.

2.1 Principes

La description de la configuration de chaque espace de classe s'appuie sur la méthode de cartographie comportementale décrite par Legendre et Depeau (2003) et sur le concept d'accessibilité décrit par Vickerman (1974) évoqué dans la partie théorique en page 73.

Je présente ici tout d'abord comment est utilisé ce concept d'accessibilité dans l'espace de la classe, puis comment est établie la cartographie initiale de la classe. Je précise ensuite les règles retenues pour l'implantation des nœuds, et comment sont pris en compte les obstacles pouvant être présents sur les chemins déterminés.

2.1.1 Accessibilité et contexte du travail en petits groupes

L'accessibilité dans la classe dépend de la disposition et de l'occupation des tables dans la classe, puisque l'enseignant n'interagit pas avec des tables où il n'y a pas d'élèves. La variable attachée à la configuration de la classe doit représenter la disposition et l'occupation des tables, de manière univoque. Elle doit représenter également le contexte spécifique de la séance, à savoir un travail en petits groupes. Dans ce contexte précis, l'enseignant se déplace de groupe en groupe, pour interagir avec chaque groupe d'élèves.

L'accessibilité telle qu'envisagée par Vickerman (1974), semble susceptible de décrire la configuration, dans le contexte du travail en petits groupes.

Pour déterminer l'accessibilité, la topologie de l'espace de la classe va dans la suite être considérée comme un réseau, dans lequel les nœuds sont les groupes d'élèves. L'accessibilité dans ce contexte de travail en petits groupes serait la distance moyenne que l'enseignant a besoin de franchir pour passer d'un groupe à l'autre, en tenant compte du contournement des obstacles que constituent les

paillasses. Cette distance dépend à la fois de la taille et de la forme de la salle et de la disposition des élèves. Il s'agira d'une accessibilité potentielle, puisque déterminée a priori, sur la seule base de considérations géométriques. Pour la déterminer, il est donc nécessaire dans un premier temps nécessaire d'établir une cartographie précise de la classe, comportant les dimensions et implantations des équipements, et de placer correctement les nœuds du réseau, et les obstacles sur les chemins possibles.

2.1.2 Cartographie initiale de la salle de classe

Le plan de salle est établi à l'aide d'un télémètre laser (précision du centimètre). Cette précision est nécessaire pour le repérage ultérieur des déplacements de l'enseignant. Tous les éléments fixes sont repérés ainsi que l'emplacement des caméras et des groupes d'élèves identifiés par des numéros. Sur le plan établi, il est alors possible de placer les groupes d'élèves. Sur cette première carte, je repère la position initiale de chaque élève lors de l'enregistrement de la séance.

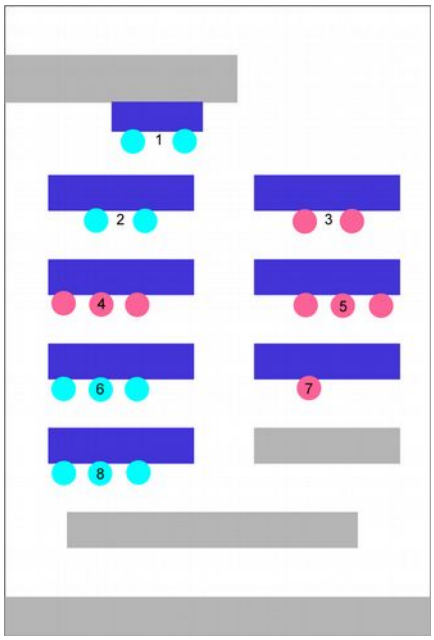


Figure 42. Exemple de cartographie initiale d'une classe.

Sur la carte, le mobilier en gris n'est pas occupé par des élèves, les groupes sont numérotés en partant du bureau de l'enseignant toujours situé en haut de l'image, les filles sont figurées par les points magenta, les garçons par les points cyan.

2.1.3 Règles pour l'implantation des nœuds

La deuxième étape est de définir pour chaque groupe quel serait le lieu optimal d'interaction choisi par l'enseignant pour travailler avec ce groupe. Ce lieu optimal d'interaction doit a priori être conforme aux observations rapportées par les recherches sur les structures de communications les plus favorables. A partir des différentes conclusions rapportées par Lécuyer (1975), en particulier sur l'importance du contact visuel dans la communication, j'ai déterminé quatre règles pour définir le lieu optimal d'interaction pour chaque groupe :

(1) si c'est possible, l'enseignant est placé face au groupe d'élèves

(2) sinon, il est placé sur le coté de la paillasse

(3) sinon, il est placé derrière la paillasse, entre les élèves

(4) s'il reste plusieurs possibilités, le positionnement retenu est les plus favorable au contact visuel de l'enseignant avec l'ensemble de la classe.

La salle de classe est considérée comme le réseau constitué par ces nœuds, et décrite comme telle, avec sa géométrie propre, en tenant compte de sa disposition et de son occupation réelle par les élèves.

2.1.4 Obstacles physiques sur un chemin

Il s'agit maintenant de tenir compte des contraintes liée aux obstacles physiques que l'enseignant peut rencontrer entre deux nœuds. L'identification des obstacles sur les chemins de l'enseignant s'appuie sur l'observation de la séance. Si la disposition ne permet pas à l'enseignant de passer dans l'espace entre deux rangs sans déranger les élèves (c'est à dire s'il doit leur demander de se déplacer pour lui laisser le passage), cette contrainte doit être matérialisée sur le réseau en fermant le passage entre deux nœuds.

2.2 Détermination des distances topologiques

Le calcul de l'accessibilité de Vickerman en s'appuyant sur les distances topologiques et le contournement des obstacles revient à un calcul de coût minimum. L'algorithme A* (A Star), décrit pour la première fois par Hart, Nilson & Raphael (1968) peut déterminer le chemin de coût minimal dans un graphe en tenant compte des obstacles.

Avant d'utiliser cet algorithme pour déterminer ce chemin, il est nécessaire de préparer et d'adapter la cartographie précédente pour permettre le calcul des distances topologiques et le calcul final de l'accessibilité.

Je précise dans ce qui suit comment est effectuée cette adaptation de la carte de la classe, et comment sont déterminés les chemins de coût minimaux.

2.2.1 Adaptation de la carte pour l'utilisation du logiciel

Suivant la méthode de cartographie comportementale (Legendre & Depeau, 2003) la carte obtenue est d'abord partitionnée pour pouvoir ultérieurement être traitée par l'interface associant comportement et emplacement. Respectant les indications de Legendre et Depeau, la partition choisie est euclidienne, afin de faciliter les comparaisons entre salles.

La carte initiale est reportée sur une grille à la résolution de 40 centimètres, et le placement de la grille est ajusté afin que le mobilier soit au plus proche de la grille. La résolution choisie est du même ordre de grandeur que les dimensions de la sphère privée (Hall, 1966). On obtient ainsi une carte adaptée sur laquelle figure la représentation modélisée du mobilier et des places occupées par les élèves.

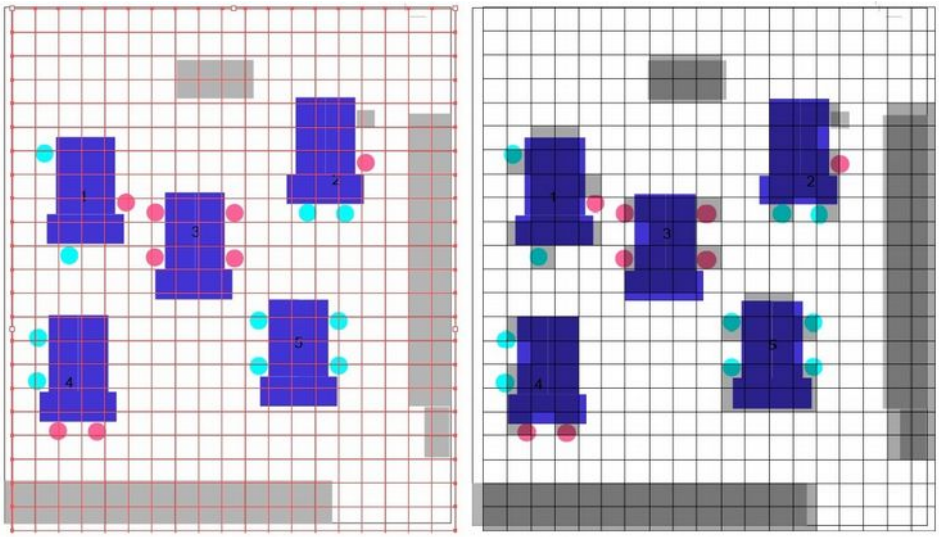


Figure 43. Partition euclidienne de la carte initiale (à gauche) et représentation modélisée du mobilier et des élèves (à droite).

Le point optimal d'interaction de l'enseignant pour chaque groupe d'élèves est ensuite reporté sur cette carte. Dans certains cas, le choix peut s'avérer délicat en suivant les trois premières règles énoncées précédemment, comme illustré par la figure 43. La quatrième règle proposée permet de faire le choix final pour ce positionnement.

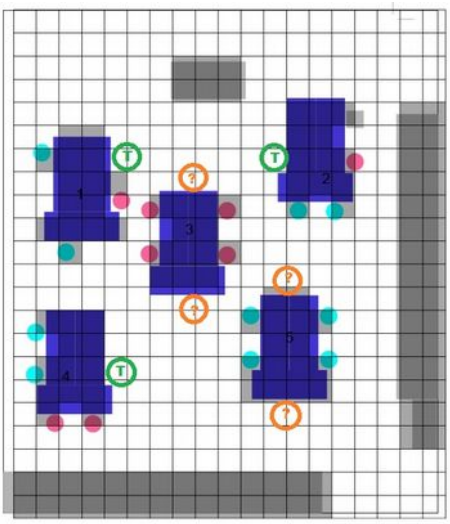


Figure 44. Positions d'interactions optimales (T) – Les « ? » montrent les alternatives .

A l'issue de cette étape, on a ainsi déterminé précisément l'emplacement des nœuds du réseau.

2.2.2 Algorithme de détermination des chemins

L'étape suivante consiste à déterminer chaque chemin minimal partant de la position optimale de l'enseignant face à un groupe donné et allant à chacun des autres groupes. Cette modélisation est effectuée avec une application informatique dédiée basée sur l'algorithme A Star, décrit par Hart, Nilson, & Raphael (1968). Cet algorithme permet la détermination des chemins de coût minimum. L'application détermine et trace des chemins minimaux, puis elle effectue les calculs d'accessibilité présentés au paragraphe suivant.

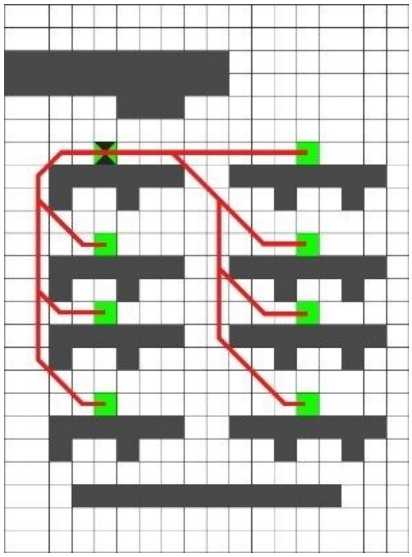


Figure 45. Exemple de tracé des chemins minimaux utilisant l'algorithme A Star.

La figure 44 montre le tracé de tous les chemins minimaux partant de la position optimale de l'enseignant pour le groupe 1 (matérialisé par les triangles noirs), dans la configuration Bus 2. Chaque chemin tracé en rouge décrit le déplacement le plus court pour l'enseignant depuis le point optimal d'interaction avec le groupe 1 vers chacun des autres points optimaux d'interaction avec chacun des autres groupes (matérialisés par les carrés verts).

2.3 Calculs d'accessibilité

Les longueurs de ces différents chemins sont ensuite utilisés pour deux calculs d'accessibilité, l'accessibilité depuis un groupe à tous les autres groupes, et le calcul de l'accessibilité potentielle globale pour une configuration donnée.

2.3.1 Accessibilité depuis un groupe

En se fondant sur Vickerman (1974), on peut alors calculer une accessibilité depuis chaque groupe, en faisant une moyenne des chemins minimaux au départ de chaque groupe. Cette moyenne est une distance topologique qui intègre les détours des chemins potentiels que doit suivre l'enseignant qui part d'un groupe donné pour aller travailler avec un autre groupe.

En appelant d_{ij} la distance topologique entre les groupes i et j, l'accessibilité AGG_i depuis le groupe i à tous les groupes j est :

$$AGG_i = \frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n} d_{ij}$$

n représente le nombre de groupes accessibles à partir du groupe i

AGG_i est l'accessibilité potentielle à partir du groupe i car l'hypothèse sous-jacente à ce calcul est que les n chemins possibles à partir de i sont équiprobables.

2.3.2 Accessibilité globale pour une configuration

En répétant ce calcul pour chaque groupe, j'établis ensuite une accessibilité moyenne pour l'ensemble des groupes. Cette accessibilité moyenne est :

$$\overline{AGG} = \frac{1}{m}\sum_{j=1}^{m} AGG_i$$

m représente le nombre total de groupes (*m*=*n*+1)

$\overline{AGG}$ est l'accessibilité potentielle globale dans le contexte étudié, c'est à dire pour une salle de

classe donnée, occupée par une classe et un enseignant déterminé, lors d'une séance précise.

Dans un souci de facilité de lecture, cette variable est désignée dans la suite par l'expression « accessibilité potentielle ». Je précise quand c'est nécessaire « pour le groupe i » (AGG_i) ou « globale » ($\overline{AGG}$).

2.4 Qualité de l'accessibilité pour une configuration

Je précise ici comment la valeur d'accessibilité potentielle déterminée pour une configuration donnée représente sa facilité d'accès. Je précise ce que recouvrent les termes de configuration et de contexte, et quelle lecture peut être faite de la valeur d'accessibilité.

2.4.1 Accessibilité potentielle, variable de configuration ou de contexte ?

Jusqu'à présent, le terme configuration désigne le type de salle de classe. Il devient nécessaire de préciser ce que recouvrent à présent les termes configuration et contexte.

Dans une salle donnée, la disposition des élèves lors d'une séance donnée détermine une structure de communication spécifique à ce contexte précis. Le contexte est donc la combinaison d'une disposition physique déterminée par la géométrie de la salle et de la structure de communication déterminée par la disposition effective des groupes d'élèves, lors de la séance :

Contexte = disposition physique de la salle + structure de communication.

L'accessibilité potentielle globale est donc une variable représentative non seulement de la salle en elle-même, mais représentative du **contexte** de ***cette séance*****,** dans ***cette salle*****,** avec ***cet enseignant*** et ***cette classe.***

2.4.2 Valeur numérique de AGG et qualité de l'accessibilité

Ainsi que le fait remarquer Vickerman (1974), une valeur basse de cette variable rend compte d'une grande facilité d'accès. Plus sa valeur est basse, plus le lieu est accessible.

Une salle de classe sans travée centrale aura donc a priori une plus forte valeur d'accessibilité globale AGG qu'une salle comparable mais présentant une travée centrale.

Chapitre 3. Variables décrivant les échanges verbaux

Je présente dans ce chapitre comment ont été obtenues les variables relatives aux échanges verbaux intragroupes et entre l'enseignant et les groupes d'élèves. Après avoir rapidement décrit la procédure de transcription, je détaille les codages retenus pour décrire les échanges verbaux intragroupes argumentatifs, motivationnels et de régulation, ainsi que les modalités de validation de ces codages. Je décris ensuite les codages utilisés pour l'analyse des échanges verbaux enseignant-groupes. Je détaille enfin les indicateurs concernant la qualité des échanges.

3.1 Procédure d'enregistrement et de transcription

Je précise ici les choix qui déterminent le nombre de groupes enregistrés, la méthode de transcription, et les modalités de calage temporel.

3.1.1 Nombre de groupes enregistrés

La classe étant considérée comme un système, tous les groupes d'élèves en font partie. A ce titre l'idéal serait de tous les enregistrer. Ce n'est cependant pas complètement réalisable, pour deux raisons. La première est une raison éthique, certains parents ne souhaitent pas que ces données soient enregistrées. La deuxième est matérielle : certains élèves sont seuls au moment de l'enregistrement et ne travaillent pas en groupe, certains ne communiquent pas assez pour que l'enregistrement soit exploitable, où se placent trop loin de l'enregistreur, et il peut aussi survenir des problèmes techniques.

Le nombre de groupes enregistrés est donc variable d'un classe à l'autre et d'une séance à l'autre.

3.1.2 Méthode de transcription

Le groupe d'élèves est considéré comme un système. Dans la mesure ou le groupe est considéré dans son ensemble, j'ai choisi de ne pas chercher à identifier les tours de parole. La transcription est effectuée avec une application dédiée qui permet simplement de transcrire des fragments horodatés, soit manuellement, soit en dictant au moyen du logiciel de reconnaissance vocal Dragon©.

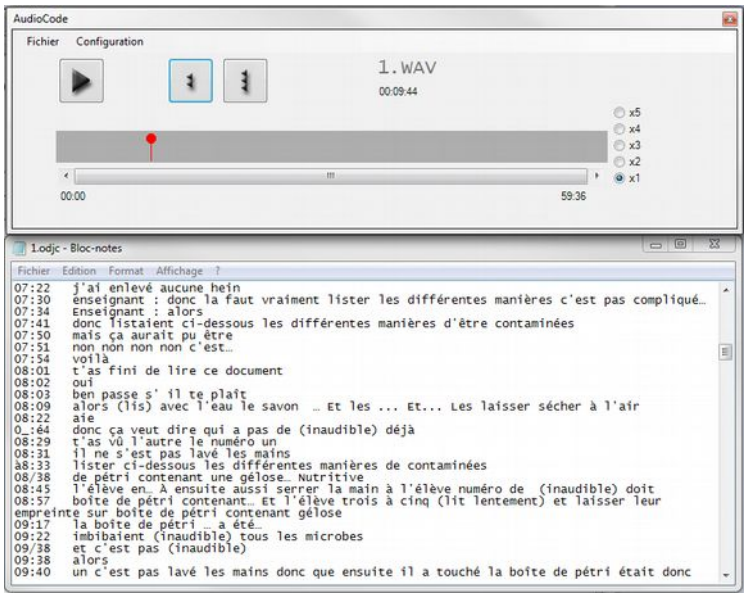


Figure 46. Copie d'écran de l'application dédiée et d'un extrait de transcription horodaté.

Le support d'enregistrement est uniquement sous forme audio. Il n'y a pas de possibilité d'inférence de ce qui est dit à partir de l'image. Les fragments transcrits sont ceux qui sont intelligibles par la chercheure, qui doit s'appuyer parfois sur sa connaissance du contexte de la séance (contenus et attentes de l'enseignant). Les fragments inintelligibles ou inaudibles sont transcrits par la mention « (inaudible) ».

Les échanges avec l'enseignant sont identifiés comme tels par la mention « enseignant : » en début de fragment. La mention « (lit) » indique que l'élève lit manifestement un énoncé ou un support écrit, ce qui est inféré par le débit de la parole lors de la lecture par exemple. Les points de suspension indiquent un temps d'attente plus long au cours de l'échange, par exemple des temps d'attente lorsqu'un élève dicte à un autre élève).

Lorsque les élèves se coupent la parole, deux cas sont possibles en fonction de ce qui ressort à l'écoute, soit l'échange devient inaudible, soit la parole la plus intelligible (celle qui l'emporte) est transcrite.

3.1.3 Calage temporel

Les enregistrements audio et vidéo sont calés de manière à tous commencer en même temps. Le calage se fait par rapport à un « clap » repérable en audio et en vidéo. Le détail de la procédure de synchronisation figure en annexe 1. Les fichiers de transcription sont intégrés dans un tableur, chacun des groupes correspondant à un onglet. Le codage des fragments est effectué dans le tableur.

3.2 Codages retenus pour l'analyse des échanges au sein des groupes d'élèves

Je précise dans cette partie les codages retenus au final pour l'analyse des échanges intragroupes.

Je présente d'abord la méthode de validation du codage choisie, qui fait appel à deux codages complémentaires, un codage « manuel » par la chercheure couplé à un codage automatisé. Je détaille ensuite le codage manuel des échanges argumentatifs, de régulation et motivationnels au sein des groupes d'élèves. Je décris pour finir les principes du codage automatisé.

3.2.1 Méthode de validation du codage

L'étude fait appel à deux types de codages complémentaires.

Le premier est un codage que je qualifie dans la suite de « codage manuel », le second est un codage automatisé. Ces deux codages sont ensuite confrontés, ce qui donne lieu à la détermination d'un accord interjuge.

3.2.1.1 Codage manuel

Le codage manuel comporte une part subjective dans le sens où il repose en partie sur l'interprétation que fait le chercheur du corpus de la transcription. A la suite du travail de Lepareur (2016), des indicateurs précis ont été construits pour le codage, pour limiter cette part subjective, en s'appuyant sur les données recueillies lors des premiers enregistrements. Le codage retenu utilise un tableau à plusieurs colonnes. Dans la première colonne apparaît l'**action** principale. Les trois colonnes suivantes (**catégorie, niveau, modalité**) correspondent à trois niveaux de granularité utilisables pour l'analyse de la qualité des échanges, décrite dans le paragraphe 4 de ce chapitre. La colonne recensant les **mots-clés** résume la tonalité attachée à la modalité. La colonne **description** précise ce qui est observable. En dernière colonne, des **exemples** illustrent le codage.

3.2.1.2 Codage automatisé

Une solution classique pour vérifier la fiabilité du codage est de faire répéter l'opération par un autre chercheur pour vérifier reproductibilité, et de mesurer un coefficient d'accord interjuges. La solution retenue est ici différente. Elle utilise un second codage reposant sur l'extraction automatisée de mots-clés dans le corpus de transcriptions. L'accord interjuge est mesuré en croisant les deux modes de codage : le codage humain « manuel » et ce dernier codage en partie automatisé, et de vérifier la cohérence de ces deux modes en effectuant les traitements statistiques sur les deux jeux

de données. Cette solution vise à automatiser le processus de validation du codage. Les principes utilisés sont présentés au paragraphe 3.2.3 de ce chapitre.

3.2.1.3 Accord interjuges

Pour évaluer la pertinence du codage automatisé, j'utilise une mesure de l'accord interjuges, à partir du coefficient Kappa de Cohen (1960). Santos (2010) présente une grille de lecture tirée de Landis et Koch (1977). D'après cette grille, quand le coefficient Kappa est compris entre 0.61 et 0.80, on considère l'accord comme satisfaisant entre deux juges attribuant une cotation aux mêmes données.

Les deux juges comparés sont ici le jugement humain de la chercheure et le jugement automatisé fondé sur la présence de mots-clés. Le jugement humain détermine si l'échange considéré est de type argumentatif (Ah), de régulation (Rh), hors tâche, ou échange avec l'enseignant. Le jugement automatisé est seulement en mesure de déterminer si l'échange est de type argumentatif (Aa) ou de régulation (Ra).

En faisant l'hypothèse que les échanges Ah et Aa sont de même nature argumentative (notés A dans la suite) et que les échanges Rh et Ra sont aussi de même nature de régulation (notés R dans la suite), on peut établir un tableau de contingence et calculer le coefficient Kappa.

Un tri préalable sélectionne les échanges sur lesquels porte la comparaison, en mettant de coté les échanges autres (hors tâche, avec l'enseignant, ou non identifiés). Pour l'ensemble des échanges sélectionnés, on compte le nombre d'échanges codés A ou R :

Tableau1. Comparaison des codages humain et automatisé pour calcul du coefficient Kappa.

Jugement → humain → ↓ automatisé ↓	Ah	Rh
Aa	Ah et Aa = nAA	Rh et Aa = nRA
Ra	Ah et Ra = nAR	Rh et Ra = nRR

Le coefficient Kappa est déterminé à partir des données de ce tableau de contingence, à partir des nombres d'accords (nAA et nRR) et de désaccords (nAR et nRA).

3.2.2 Codage manuel

Il s'agit ici de coder tous les échanges intragroupes. J’ai retenu trois composantes de ces échanges entre élèves, les échanges relatifs à la (dé)motivation/au désengagement des élèves, les échanges à caractère de régulation de la réalisation de la tâche, et les échanges argumentatifs. Je présente ici les différents descripteurs retenus pour chacun de ces types d'échanges.

3.2.2.1 Échanges hors tâche manifestant démotivation et désengagement

Ce sont les échanges relevant d'un désengagement par rapport à la tâche : on peut observer des moments de décrochage se manifestant par des échanges totalement « hors sujet » ou par des échanges qui révèlent un ressenti négatif vis-à-vis de la réalisation de la tâche ou de la perception de la capacité à la réaliser. Il s'agit d'échanges « hors tâche », dans le sens où ils n'apportent pas d'élément constructif au processus d'apprentissage.

Tableau2. Codage des échanges hors tâche.

Action	Catégories	niveau	modalité	mots-clés	Description	Exemples
S'ENGAGER	Régulation engagement E	Hors tâche	De	Déconcentration	L'élève n'est pas engagé dans l'activité à réaliser et évoque des faits sans rapport avec la tâche à réaliser	« donne-moi un prénom de fille en T », « j'ai faim », « faut que j'te dise, j'vais déménager »
			Em	Ressenti négatif (Engagement moins)	L'élève exprime un ressenti négatif vis-à-vis de l'exécution de la tâche, de l'avancement du groupe, de la difficulté de la tâche, de sa compétence ou de celles du groupe vis-à-vis du travail à faire	« Ben non je sais pas faire », « Ah, c'est trop dur, it's very hard ! », « chais pas comment on dit... », « après, chais pas », « moi, je sais, non j'ose pas, mais peut être, regarde... » «tu veux écrire ? j'en ai marre, ça m'saoule ! »

3.2.2.2 Échanges de régulation de la réalisation de la tâche

On observe dans ces échanges différentes phases en lien avec la réalisation de la tâche en cours, échanges à propos du but, de l'état actuel d'avancement, des stratégies à mettre en œuvre ou concernant la qualité du travail réalisées. Les échanges manifestant un engagement positif sont inclus dans les échanges de régulation de la réalisation de la tâche, en tant que tout premier stade, préliminaire indispensable à sa réalisation effective.

Deux niveaux sont distingués. Le premier niveau (F) correspond au « faire », c'est à dire à l'engagement dans la tâche, et un premier niveau de décentration par la conscience du but et de l'état d'avancement. Le deuxième niveau (R) regroupe les échanges manifestant un certaine prise de recul vis-à-vis de la réalisation de la tâche, une qualité de planification, ou d'évaluation de la réalisation.

Tableau3. Codages des échanges se rapportant à la réalisation de la tâche.

Action	Catégories	niveau	modalité	mots-clés	Description	Exemples
RÉALISER	Régulation réalisation R	Faire	Ep	Engagement positif	L'élève exprime un ressenti positif vis à vis de l'exécution de la tâche, de sa difficulté, de la compétences du groupe vis à vis du travail à faire. Il s'engage dans l'activité, ou incite ses pairs à s'engager en cherchant à exercer un contrôle sur eux.	« Ah, j'ai compris, j'ai compris, à priori j'ai compris », « arrête de bouger ! »,« Tu fais quoi ? J'essaye de comprendre en fait », « je vais avoir besoin de toi, par contre... », « bon, on va faire ce qu'on disait, une fois », « regarde, non, je te confisque »
			Rb	But	L'élève fait référence à ce qu'il a à faire , à ce qu'on attend de lui	« faire un schéma,...mais de quoi ?pour faire ça là?! » « attends, faut qu'on mette les prénoms » « déjà faut rédiger un texte et réaliser un schéma »
			Re	État	L'élève fait référence à ce qu'il est en train de faire, à ce qu'il comprend ou non, à ce qu'il sait	« ben moi, j'ai mis qu'y se divisait en deux » « ouais donne je vais voir j'ai trouvé » « je sais ce qu'on fait...on va faire »
		Réfléchir	Rs	Stratégie	L'élève fait référence aux étapes du travail, à la manière de réaliser la tâche	« mais ça c'est l'aide ! Lis! » « doc 1, on prends déjà le document1 » « marque sur le brouillon, tu peux marquer... » « on prends l'aide « texte » ? Nous , on veut bien, on prend l'aide texte » » « on peut regarder dans d'autres trucs, pas que ça »
			Rq	Qualité	L'élève exprime un ressenti vis-à-vis de la qualité du travail réalisé	« c'est quoi c'te schéma ? » « non mais Baptiste c'est mieux de préciser il (l'enseignant) nous a dit ! » « mais oui c'était bien de la merde » « ouais, ben là, ça fait répétition » « on s'est gourées, c'est pas... », « eh mais ! On est débiles... », « c'est plus scientifique, tu vois... »

3.2.2.3 Échanges argumentatifs

J'appelle dans la suite « échanges argumentatifs » les échanges concernant directement la construction du raisonnement et la résolution du problème posé, portant sur les contenus d'apprentissage visés. Pour coder les échanges de type argumentatifs au sein du groupe, je me suis appuyée sur les modèles de Toulmin et de Plantin. J'ai construit des indicateurs et défini des catégories, pour coder les échanges ayant trait aux données, à la justification, aux affirmations-conclusions et à l'opposition. Les indicateurs choisis doivent me permettre de déterminer et de

classer des modalités échelonnées , allant d'une qualité « basse » à une qualité « élevée », puisque je souhaite pouvoir évaluer la qualité des échanges dans une configuration donnée, pour un groupe donné.

Les échanges sont sous-tendus par quatre actions principales, qui définissent quatre catégories : Données, Justification, Affirmation-Conclusion, Opposition.

3.2.2.3.1 Données

La première action est de s'informer, la catégorie correspondante se réfère aux données (D).

Les données peuvent être une simple lecture d'énoncé ou de consignes. Il s'agit du premier niveau. Le deuxième niveau correspond à l'observation directe d'images ou de situations réelles, ou encore à une ébauche d'interprétation.

Tableau4. Codage des échanges portant sur les données.

Action	Catégories	niveau	modalité	mots-clés	Description	Exemples
S'INFORMER	Données D	Lecture	Lt	Lecture document textuel	L'élève relit à voix haute un énoncé, une consigne	« rédiger un texte court ou un schéma expliquant les mécanismes... »
		Données	Do	Lecture d'image ou observation directe	L'élève dit ce qu'il observe	« regarde comment ça se divise, se divise en 2, soit ça se divisent en plusieurs petits morceaux comme ça »
			Di	Interprétation/analyse de données	L'élève reformule les données observées de façon précise	*(En réponse à Qd « pourquoi il a fait des ronds autour ? »)* « c'est des noyaux »

3.2.2.3.2 Justification

La deuxième action est de justifier les arguments avancés. La justification peut se référer à un premier niveau à la vie courante ou l'expérience personnelle, ou à un second niveau, être construite sur l'observation ou sur la connaissance de modèles.

Tableau5. Codage des échanges de justification.

Action	Catégories	niveau	modalité	mots-clés	Description	Exemples
JUSTIFIER	Justification J	Observer	Jv	Expérience personnelle ou vie courante	L'élève énonce une situation vécue	« Disons que moi, je suis moi, je me divise en deux, eh ben tu vois, je me double... »
			Jo	Situation observée	L'élève se réfère à la situation observée	« tu vois « quand la cellule est au repos... »...donc là, elle est au repos...eh ben les chromosomes ne sont pas visibles »
		Justifier	Jm	Modèle (connaissances)	L'élève se réfère à des connaissances, à un modèle appris	« Tu vois, regarde (l'élève relis le cours) « quand la cellule est au repos, on voit des molécules d'ADN déroulées »

3.2.2.3.3 Affirmation-conclusion

L'action est ici de proposer, la catégorie correspondant est l'affirmation-conclusion. C'est une « conclusion » qui représente une étape de raisonnement. C'est le « claim » de Toulmin (1958). Pour le premier niveau, il peut s'agir simplement de l'accord avec une affirmation précédente, ou d'une simple affirmation. Pour le deuxième niveau, il s'agit d'une déduction construite, énoncée dans un langage précis.

Tableau6. Codage des échanges de conclusion-affirmation.

Action	Catégories	niveau	modalité	mots-clés	Description	Exemples
PROPOSER	Conclusion C	Affirmation	Ac	Accord	L'élève valide l'affirmation d'autrui ou sa propre affirmation	« C'est ce que j't'ai dit, hein ? », « ben oui », « Ah ouais », « moi, j'pense, c'est p'têtre ça , hein ? »
			Af	Affirmation	L'élève affirme ce qu'il pense être une réponse au problème posé en utilisant un vocabulaire approximatif ou délibérément familier ou propose une action/solution	« Elles sont séparées que celles là, elle sont...clac » « tu fais un petit rond comme ça, après ça fait des petits ficellos là, comme ça comme ça comme ça comme ça, y en a à 46 »
		Conclusion	Ce	Déduction construite	L'élève énonce une déduction en utilisant un vocabulaire soigneusement choisi et précis, souvent pour rédiger une réponse écrite	« on peut dire que les cellules, quand elles se multiplissent…se multiplient (rires), elles restent...non, les chromosomes restent pareils », « on fait une phrase : les chromosomes sont regroupés... »

3.2.2.3.4 Opposition

La quatrième action est de s'opposer à une proposition. L'opposition peut se manifester à un premier niveau par une demande de feedback ou de validation d'une affirmation, par l'émission d'un doute ou d'une question ; et à un deuxième niveau par une dénégation simple ou par une contre argumentation élaborée dans un langage précis.

Tableau7. Codage des échanges traduisant l'opposition.

Action	Catégories	niveau	modalité	mots-clés	Description	Exemples
CRITIQUER	Opposition O	Queestionnement	Vd	Demande de feedback	L'élève demande un feedback, la validation de ce qu'il affirme par ses pairs, ou vérifie leur compréhension	« là, c'est bizarre, on a l'impression que là, elles sont parfaites, et que là, elles essaient de se rejoindre » « tu vois ce que j'veux dire ? »
			Qd	Doute ou question	L'élève prend en compte une donnée , une justification ou une conclusion et exprime un doute ou un questionnement	« et comment ça se fait qu'il y en a 46 ? », « oui mais faut l'expliquer pourquoi il a 46 » « c'est pas des allèles, les p'tits trucs » « chais pas »
		Opposition	Os	Opposition simple	L'élève exprime son désaccord envers une donnée, une justification ou une conclusion, en utilisant un vocabulaire approximatif ou délibérément familier	« c'est pas normal » « mais non au début c'est comme 2,3, ... Après ça se divise, et regarde et à la fin ça se divise en 2 » « c'est pas une multiplication»
			Oe	Contre-argumentation, opposition élaborée	L'élève prend en compte une proposition et propose une conclusion en désaccord en utilisant un vocabulaire soigneusement choisi et précis	« non, non, attends… quand la cellule est au repos, l'ADN est décompacté... »

3.2.3 Codage automatisé

Le principe du croisement de deux modes de codage (codage humain manuel et codage en partie automatisé) a été retenu pour vérifier la fiabilité du codage. Je présente ici les principes du codage automatisé.

3.2.3.1 Échanges « hors tâche »

Ces échanges sont très spécifiques. Ils présentent un très grande diversité, et de ce fait ne se prêtent au codage automatisé. Par ailleurs, leur nature « hors tâche » ne semble pas présenter d'ambiguïté rendant le codage délicat. Des exemples de transcriptions sont consultables en annexe 3. Les échanges hors tâche sont surlignés dans ces exemples. J'ai choisi par conséquent de ne pas effectuer de codage automatisé pour ces échanges. Le traitement décrit dans la suite ne s'effectue pas sur cette part des corpus de transcription, qui reste codée par des choix humains.

3.2.3.2 Échanges argumentatifs

L'objectif est ici d'identifier automatiquement dans le corpus de transcription au moins une part des échanges rattachés à l'argumentation. Ces échanges argumentatifs portent a priori (d'après les modèles présentés au paragraphe 3.3.2. du Chapitre 3 de la partie théorique, p. 91 et suivantes) sur les données, les justifications, et sont marqués par des affirmations ou oppositions portant sur le contenu enseigné. L'hypothèse faite est que dans ces échanges vont figurer des mots employés par l'enseignant dans les consignes données oralement, dans les énoncés fournis aux élèves, dans les solutions ou les corrigés types de l'enseignant.

Dans une première étape, il est nécessaire d'identifier les mots-clés à rechercher dans les échanges. Pour cela, deux corpus sont confectionnés. Le premier est établi à partir des consignes orales et des documents écrits distribués aux élèves, le second rassemble les éléments de la solution fournis par l'enseignant. Ces corpus sont ensuite analysés automatiquement en *text-mining*. Une analyse fréquentielle permet de repérer les mots les plus utilisés, ou plus précisément les racines des mots les plus utilisés. Voici à titre d'exemple l'analyse de la correction fournie par l'enseignant 1 pour l'activité portant sur la division cellulaire. Cette analyse est faite en utilisant un script utilisant le package tm de R. Cet environnement R a été retenu pour les analyses car il permet la recherche de racines de mots (*stemming*).

Script R	
chromosom	11
cellul	8
doubl	6
adn	4
etap	4
cellulair	3
divis	3
multipl	3
accroch	2
centr	2
fabriqu	2
form	2
identiqu	2
moiti	2
origin	2
quantit	2
quatr	2
rest	2
visibl	2
ainsi	1
apercoit	1
car	1
caryotyp	1
chacun	1

Figure 47. Exemple d'analyse du corpus de la correction attendue par l'enseignant – séance SVT sur la division cellulaire.

Pour que le temps de traitement du corpus de transcription soit court, seuls les mots présentant au moins trois occurrences dans la liste ont été conservés. Ces mots sont mémorisés sous forme de racines (par exemple « divis » pour « divise » et « division »).

A l'issue de cette première étape, deux listes de mots (racines) sont identifiées pour chaque séance. La première est la liste de mots ***attendus*** correspondant aux mots de la solution, la seconde est la liste de mots du ***sujet*** présents dans les consignes et les documents des élèves. Les échanges contenant les mots ***attendus*** sont supposés montrer que le groupe d'élèves a atteint au moins en partie l'objectif visé par l'enseignant, dans la mesure où les élèves manifestent un certain degré d'appropriation du vocabulaire spécifique au concept abordé, en utilisant ce vocabulaire entre eux. Les échanges contenant les mots ***sujet*** montrant simplement que le groupe d'élèves est engagé dans le processus d'apprentissage visé.

La deuxième étape a consisté à traiter le corpus de transcription en attribuant à chaque échange contenant un mot ***attendu*** le code d'argumentation A+, et à chaque échange contenant un mot ***sujet*** le code A.

3.2.3.3 Échanges de régulation de la tâche

Dans une première approche, il est apparu difficile d'établir une liste de mots-clés pour caractériser les échanges de régulation. A la différence des échanges d'argumentation, sans ambiguïté et attachés à un vocabulaire spécifique, les échanges de régulation n'ont a priori pas de lien avec le contenu enseigné, leur caractéristique est peut-être même de ne pas en dépendre. Un premier essai de comparaison directe de l'extraction de mots-clés de deux extraits du corpus, un corpus de type « échanges argumentatifs » et un corpus de type « échanges de régulation » fait ainsi apparaître les mêmes verbes et substantifs dans les deux corpus, seul leur ordre d'apparition est différent. Il n'est donc pas possible de distinguer les échanges de régulation à partir du seul critère de présence de mots-clés.

Suite à ce constat, la stratégie retenue pour un codage automatisé de ces échanges repose sur deux principes, désignés ici par principe d'apprentissage-test et principe d'indépendance.

Le principe d'apprentissage-test consiste à identifier une liste de mots-clés dans un extrait du corpus « régulation » considéré comme corpus d'apprentissage, et de tester la pertinence de cette identification sur le reste du corpus considéré comme corpus test. Ces deux corpus comportent un nombre équivalent d'échanges, correspondant à différentes configurations.

Le principe d'indépendance consiste à éliminer du corpus test de régulation les mots-clés caractéristiques des échanges argumentatifs.

Dans ce but, des mots-clés sont extraits du corpus test « régulation » selon une procédure illustrée plus précisément dans l'annexe 5.

3.3 Codages retenus pour l'analyse des échanges enseignant-groupes

3.3.1 Nature des échanges

Comme cela a été décrit au paragraphe 3.1.2 du Chapitre 3 de la partie « Cadres théoriques » p. 85, ces échanges sont de deux natures répondant à deux préoccupations de l'enseignant.

(1) réguler les comportements,

(2) réguler le processus d'apprentissage.

Le codage des échanges destinés à réguler le processus d'apprentissage doit prendre en compte les feedbacks et feedforwards émis par l'enseignant. Ces feedbacks et feedforwards concernent

- la planification et l'anticipation des étapes de la tâche, (c'est à dire la régulation de la réalisation de la tâche),
- l'étayage des processus cognitifs.

A partir de ces éléments, j'ai choisi de distinguer trois types d'échanges enseignant-groupes, ce qui crée un parallélisme avec le codage des échanges intragroupes.

3.3.2 Codages

3.3.2.1 Régulation des comportements

Un seul code (Pe) est attribué à ces échanges traduisant la préoccupation de gérer les comportements, d'engager ou de ré-engager les élèves dans la tâche, qu'ils soient destinés à un élève particulier dans le groupe ou adressés à l'ensemble des élèves du groupe.

Tableau8. Codage des interventions de régulation des comportements.

Action	Catégories	niveau	modalité	mots-clés	Description	Exemples
RÉGULER	Comportements	Cadre	Pe	Discipline	L'enseignant effectue un rappel à l'ordre pour inciter le groupe au travail	"chut faut pas qu'on discute avec les autres tables pour l'instant s'il vous plaît les filles vous vous retournez s'il vous plaît" "les filles, vous vous retournez s'il vous plaît"

3.3.2.2 Régulation de la réalisation de la tâche

Tous les échanges apportant un étayage dans l'anticipation, la planification, l'auto-évaluation sont regroupés dans cette catégorie et portent le même code (Pr).

Tableau9. Codage des interventions de régulation de la réalisation de la tâche.

Action	Catégories	niveau	modalité	mots-clés	Description	Exemples
RÉGULER	Régulation de la tâche	Tâche	Pr	Tâche	L'enseignant apporte des informations sur les procédures à engager pour réaliser la tâche (planification, anticipation) ou incite les élèves à se questionner sur la qualité de leur production	"c'est parti" "c'est un brouillon ça les garçons?" "Donc ça je dirai c'est la base la plus utilisable pour faire le schéma""alors il faut respecter quand tu fais un schéma les chromosomes sont par paire oui""il va vous rester deux minutes donc je voudrais bien"

3.3.2.3 Étayage du processus cognitif

Quatre types d'échanges font partie de cette catégorie.

Les modalités retenues s'appuient sur les modèles d'argumentation de Toulmin et de Plantin présentés au paragraphe 3.3.2 du Chapitre 3 de la partie « Cadres théoriques » p. 91 et suivantes. L'hypothèse sous-jacente est que l'enseignant étaye le processus cognitif en prenant part au processus d'argumentation engagé dans les groupes d'élèves. De ce fait, il incite les élèves à s'informer (Pi), à justifier leurs affirmations (Pj). Il s'oppose parfois à leurs affirmations (Po). Il les valide aussi, ou apporte des éléments complémentaires (Pc).

Tableau10. Codage de la régulation des processus cognitifs

Action	Catégories	niveau	modalité	mots-clés	Description	Exemples
ÉTAYER	Processus cognitif	Processus	Pi	Information	L'enseignant incite les élèves à rechercher des informations, à relire, redonne les consignes, précise des données	"donc la question qui se pose c'est expliquer quel phénomène a lieu" "le trait rouge représente la quotité d'ADN tout a fait et en dessous on vous a dessiné a quoi ressemble un chromosome a ce moment la a chacune des étapes" " donc moi ce que je voudrai que vous m'expliquiez c'est qu'est ce qui se passe qu'est ce qui doit avoir lieu" "il faut que vous m'expliquiez du mieux que vous pouvez en vous aidant des documents qu'est ce qui se passe
			Pj	Justification	L'enseignant demande des précisions, incite les élèves à justifier leurs réponses, les oriente vers des ressources qui leur permettent de justifier	"a vous de voir si l'explication vous semble claire et complète"
			Po	Opposition	L'enseignant manifeste des doutes, questionne, met en doute les réponses des élèves	"non c'est pas des jumeaux" "j'ai pas entendu?"
			Pc	Validation (confirmation)	L'enseignant valide une réponse, donne son accord, donne une réponse directe	"oui" "Unités arbitraires ça veut dire c'est pas une unité réelle c'est pas des kilos c'est pas des grammes c'est pas des microgrammes c'est quelque chose d'arbitraire."

3.4 Indicateurs de qualité des échanges

Les échanges verbaux sont des traces de l'activité en train de se réaliser. Ils témoignent de certaines caractéristiques du processus d'apprentissage pour les élèves et de l'activité professionnelle de l'enseignant. Afin d'inférer la qualité du processus de construction des concepts d'une part, et de qualifier la nature de l'activité de l'enseignant, des indicateurs de la qualité des échanges ont été construits. Je présente ici les éléments qui ont guidé leur construction.

3.4.1 Qualité des échanges intragroupes

3.4.1.1 Niveaux de qualité des échanges

Deux niveaux de qualité du processus d'argumentation et de régulation de la réalisation de la tâche sont présents dans les tableaux de codage des pages 117 et suivantes. La figure 47 résume le codage et met en évidence ces deux niveaux de qualité.

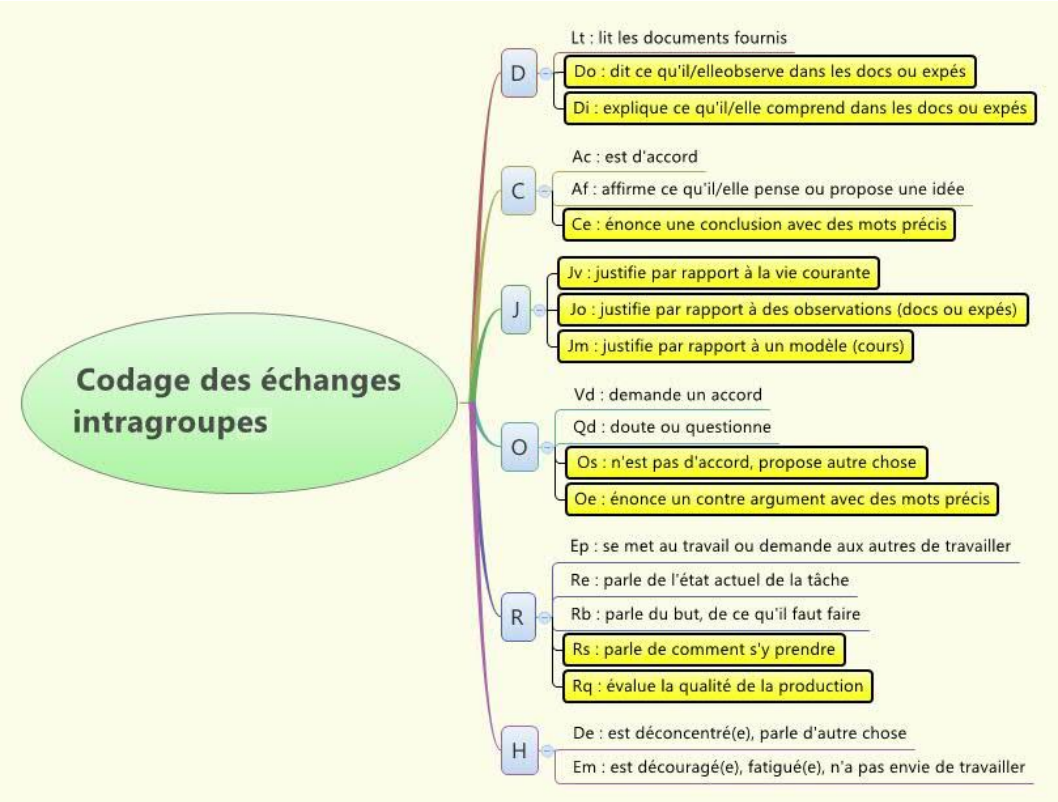


Figure 48. Niveaux de qualité des échanges intragroupes.

Les échanges dont la description est surlignée en jaune sont identifiés comme correspondant au niveau de qualité le plus élevé. Il s'agit d'une part des échanges argumentatifs dans lesquels les élèves manifestent une plus grande précision dans l'analyse des données, une plus grande

appropriation du vocabulaire scientifique attendu, l'utilisation de justifications, un certain niveau de recul se traduisant par des contre-propositions.

L'utilisation de justifications en rapport avec la vie courante (Jv) et avec la situation observée (Jo), en gris sur la figure 47, ont été ajoutées dans le niveau de qualité le plus élevé, car l'utilisation de justifications, quelle que soit leur nature est apparue comme très peu fréquente dès l'écoute des premiers enregistrements.

Les échanges de régulation de la tâche retenus dans le niveau le plus élevé sont ceux qui dénotent une part d'anticipation et de planification, ainsi que les échanges montrant une certaine capacité d'auto-évaluation du travail effectué.

3.4.1.2 Qualité des échanges argumentatifs

Les échanges de type argumentatifs de niveau le plus élevé sont au final :

- la reformulation des données (Do, Di),
- l'énonciation d'affirmations en termes précis (Ce),
- la présence de justifications, quelle que soit leur nature (Jv, Jo, Jm),
- l'énonciation d'arguments opposés (Os, Oe).

Ces échanges sont qualifiés de « haute qualité d'argumentation », et codés HQ. Les autres échanges argumentatifs sont codés LQ. La qualité des échanges argumentatifs est mesurée par la fréquence relative des échanges HQ.

3.4.1.3 Part des échanges de régulation de la réalisation de la tâche

Les échanges de régulation de la tâche de niveau le plus élevé sont :

- l'identification de stratégies (Rs)
- la présence de formes d'auto-évaluation (Rq)

Ils sont qualifiés de « haute qualité de régulation ».

La part de la régulation intragroupe dans les échanges est mesurée par la fréquence relative des échanges de régulation codée FR.

3.4.1.4 Proportion des échanges « hors tâche »

La qualité de processus de construction des apprentissages dépend du poids de ce type d'échanges. Elle sera a priori meilleure si ces échanges sont peu nombreux et de durée courte. La part des échanges hors tâche est mesurée par leur fréquence relative (FDeEm).

3.4.2 Qualité des échanges enseignant-groupes

Trois types d'échanges sont distingués.

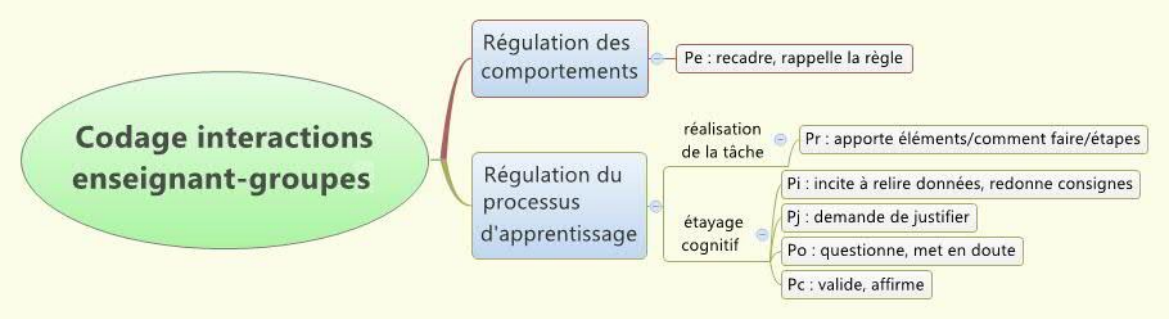


Figure 49. Les types d'échanges enseignant-groupes.

3.4.2.1 Régulation des comportements

Ces échanges se font a priori au détriment des échanges de régulation du processus d'apprentissage en occupant une partie du « temps enseignant » disponible.

La qualité des échanges enseignant-groupes serait donc d'autant plus grande que ce type d'échange est peu fréquent et de courte durée. La fréquence globale des échanges de régulation des comportements pourraient être un indicateur de climat de classe. La fréquence de ces échanges vis-à-vis d'un groupe spécifique constitue un indicateur de l'attention portée par l'enseignant vis-à-vis de ce groupe.

3.4.2.2 Régulation de la réalisation de la tâche

Ces échanges devraient a priori être d'autant plus fréquents et plus longs que l'autonomie des élèves est plus faible. Ils pourraient être un indicateur d'autonomie. Ils pourraient aussi révéler les difficultés organisationnelles d'un groupe donné.

3.4.2.3 Étayage cognitif

Ces échanges pourraient être plus fréquents et plus longs dans le cas de groupes présentant des difficultés.

3.4.3 Grain d'analyse des échanges verbaux

Des regroupements ont été faits pour rendre l'analyse lisible en prenant en compte la qualité des échanges. Les extractions à partir de la base de données regroupent les échanges selon leur qualité et leur nature. Le tableau ci-après recense les regroupements utilisés pour cette recherche :

Tableau11. Regroupements et nature des échanges verbaux utilisés dans l'analyse

HQ	Argumentation de haute qualité (Do Di Ce Jv Jo Jm Os Oe)
LQ	Argumentation simple (Lt Ac Af Vd Qd)
HLQ	Argumentation : tous les échanges HQ+LQ
Ri	Régulation intragroupe (Ep Re Rb Rs Rq)
DeEm	Échanges Hors Tâche (De Em)
Aa	Argumentation automatisée (Codage automatique par extraction de mots-clés sujet et attendus)
Ra	Régulation automatisée (Codage automatique par extraction de mots-clés de régulation)
Pe	Régulation des comportements par l'enseignant
Pr	Régulation du processus de réalisation de la tâche par l'enseignant
Pa	Régulation du processus cognitif par l'enseignant (Pi Pj Po Pc)

Chapitre 4. Synthèse intermédiaire

La méthode repose sur la comparaison de configurations. Le système « enseignant + ensemble des deux classes A et B », constitué de sous-systèmes « groupes d'élèves », est soumis à un changement : il passe d'une configuration d'espace de travail 1 à une configuration 2, ce qui modifie le contexte instrumental de l'activité de l'enseignant en modifiant la structure de communication entre les élèves et l'accessibilité de chaque groupe d'élèves.

L'**accessibilité** et la **qualité des échanges verbaux intragroupes** et **enseignant-groupes** sont deux grandeurs qui sont utilisées pour **comparer les configurations**. Elles ont été décrites dans les chapitre 2 et 3. L'encadré ci-après résume leurs caractéristiques.

- Accessibilité

L'accessibilité est calculée initialement, à partir de **caractéristiques fixes** (géométrie de la salle) et **semi-fixes** (disposition des élèves) de la configuration.

Lors de chaque séance enregistrée, la position des points d'interactions optimaux est déterminée à partir de 4 règles établies a priori, afin de repérer les **nœuds du réseau de déplacements** sur une cartographie initiale de la salle de classe. Les calculs de l'**accessibilité de chaque groupe (AGGi)** et de l'**accessibilité potentielle globale (AGG)** sont faits à partir des nœuds de ce réseau, et reposent sur la détermination des **chemins de coûts minimaux**.

Chacune des configurations Bus, Hybride, Peigne et Îlots est ainsi associée à une valeur d'accessibilité globale AGG, qui tient compte des caractéristiques géométriques de l'espace et de la disposition des groupes d'élèves lors de la séance. Un **accès facile** se traduit par une **faible valeur d'accessibilité.**

- Qualité des interactions verbales intragroupes

Trois types d'interactions intragroupes sont distinguées, les échanges **argumentatifs**, les interactions de **régulation de la tâche** et les échanges **hors tâche**. Une bonne qualité des interactions verbales intragroupes se traduit par une fréquence importante des échanges argumentatifs, en particulier une fréquence élevée des **échanges argumentatifs de haute qualité FHQ**, et une faible fréquence des échanges hors tâche FDeEm. La part des échanges de régulation de la tâche est mesurée par la fréquence relative de ce type d'échanges FR.

- Nature des interactions enseignant-groupes

Les fréquences respectives de trois types d'échanges caractérisent la relation enseignant-groupes, celle des échanges à visée de **régulation des comportements FPe**, celle des échanges à caractère de **régulation de la réalisation de la tâche FPr**, et celle des **échanges d'étayage cognitif FPa**.

Jusqu'à présent, il n'a pas été question de la mesure des déplacements effectifs de l'enseignant. La méthode employée est présentée dans le chapitre 5.

Chapitre 5. Recueil des données de position de l'enseignant

Dans ce cinquième chapitre, je décris les aspects concrets du recueil des données, en particulier les données de position de l'enseignant. Je commence par décrire le déroulement et le contexte global du recueil, je décris ensuite le protocole d'enregistrement, en particulier le matériel utilisé. Après avoir exposé les spécificités du recueil de la position de l'enseignant, je précise le calcul de la grandeur décrivant la proximité effective de l'enseignant vis-à-vis des groupes d'élèves. Je termine cette partie en expliquant comment les différentes données sont fusionnées.

5.1 Déroulement et contexte du recueil

Je décris ici le déroulement du recueil des données, en présentant les établissements, enseignants et classes retenus, puis un court descriptif des séances enregistrées.

5.1.1 Établissements, enseignants et classes

Le recueil des données s'est effectué entre novembre 2015 et avril 2017. Le niveau collège a été retenu en tant que niveau essentiel pour l'acquisition de la compétence d'argumentation et de l'affirmation ou non du goût pour les sciences expérimentales. L'importance de l'argumentation dans le modèle des ESFI a orienté le choix de la séance vers des séances identifiées par les enseignants comme laissant place à un travail de groupe en démarche d'investigation.

Les collèges retenus pour l'étude sont de taille assez comparable. L'enseignement des sciences se déroule dans des groupes à effectifs réduits dans les collèges C2 et C3 (17 à 23 élèves). Les effectifs des classes de troisième du collège C1 sont comparables (23 élèves).

Deux enseignants de SVT et une enseignante de SPC ont participé à cette recherche. Les enseignants ont entre 37 ans et 45 ans, et leur ancienneté dans le métier d'enseignant est de 13 à 20 ans, on peut les qualifier d'enseignants expérimentés. Ils sont volontaires et ont été d'accord pour porter un gilet équipé spécifiquement pour le suivi de leurs déplacements, et ont signé une autorisation pour être enregistrés et filmés pendant les séances. Ils savent que cette recherche concernent leurs déplacements dans la classe et la comparaison entre deux salles de configurations différentes.

Il a été demandé aux enseignants de choisir deux classes de profil similaire pour cette recherche.

La répartition filles garçons dans les classes est de ce fait est assez comparable pour un même enseignant, mais elle est différente d'un enseignant à l'autre.

Les parents des élèves enregistrés ont donné leur accord pour chaque séance enregistrée. Lorsque l'accord n'a pas été signé, les échanges verbaux des groupes n'ont pas été enregistrés, et les élèves ont été placés de manière à ne pas être dans le champ de la caméra.

La chercheure s'est rendue au préalable dans les classes concernées, a présenté aux élèves le formulaire d'autorisation d'enregistrement de l'image et du son, et expliqué quelle utilisation serait faite des données recueillies. La recherche a été présentée aux élèves comme une recherche portant sur le travail en groupes.

Tableau12. Contextes établissements-Enseignants-Classes

Établissement	C1 - Collège rural 590 élèves	C2 - Collège péri-urbain 440 élèves	C3 - Collège centre ville 460 élèves
Enseignant	SVT Homme âge : 45 ans ancienneté : 20 ans	SVT Femme âge : 37 ans ancienneté : 13 ans	SVT Femme âge : 43 ans ancienneté : 18 ans
Niveau de classe	Troisième	Cinquième	Quatrième
Composition de la classe	A : 13 filles, 10 garçons	C : 8 filles, 15 garçons	E : 9 filles, 10 garçons
	B : 14 filles, 9 garçons	D : 8 filles, 15 garçons	F : 8 filles, 9 garçons
Descriptif des salles	Bus : 73 m2, 30 places Peigne :74 m2, 30 places	Bus : 69 m2, 30 places Hybride :69 m2, 28 places	Bus : 76 m2, 30 places Îlot : 66 m2, 30 places

5.1.2 Séances

Il a été demandé aux enseignants de réaliser une séance en « démarche d'investigation » comportant un temps de travail de groupe assez important. Les séances portent sur des sujets divers. Elles ont toutes été déjà réalisées par l'enseignant lors de l'année précédente. Pour l'enseignant 1, il n'a pas été possible d'effectuer rapidement une seconde séance. Six mois séparent les deux séances. Pour les enseignants 2 et 3, la seconde séance a eu lieu dans les deux semaines suivant la première.

Tableau13. Déroulement du recueil des données.

Enseignant	Enseignant1		Enseignant 2		Enseignant 3	
Classe	**A**	**B**	**C**	**D**	**E**	**F**
Séance 1	27/11/2015 **Bus 1**	03/12/2015 **Peigne 1**	09/12/2016 **Bus 3**	05/12/2016 **Hybride 1**	07/04/2017 **Îlot 1**	07/04/2017 **Bus 5**
sujet	Division cellulaire		Contamination alimentaire		Électricité domestique 1	
Séance 2	02/06/2016 **Peigne 2**	26/05/2016 **Bus 2**	16/12/2016 **Hybride 1**	12/12/2016 **Bus 4**	14/04/2017 **Bus 6**	14/04/2017 **Îlot 2**
sujet	Réponse immunitaire		Hygiène et lavage des mains		Électricité domestique 2	

L'enseignant T1 travaille habituellement dans la configuration Bus. La configuration Bus est comparée à la configuration Peigne. Le second enseignant fonctionne généralement en configuration Hybride et le troisième en configuration Îlot. Pour les enseignants 2 et 3, la configuration de comparaison est la configuration Bus. Chaque enseignant a déjà eu l'occasion de travailler dans la configuration de comparaison.

5.2 Protocole d'enregistrement des données de position

Je présente ici les éléments spécifiques de l'enregistrement des données de position. Je précise les données complémentaires relevées sous la forme d'un plan de classe par observation directe lors de l'enregistrement. Je décris ensuite le dispositif de capture de la position de l'enseignant.

5.2.1 Plan de classe

La cartographie initiale de la salle de classe a été établi précédemment. Lors de l'enregistrement de la séance, des données complémentaires sont reportées sur le plan initial. Il s'agit de reporter précisément :

- le genre des élèves
- leur disposition autour des paillasses
- les numéros des enregistreurs audio sur chaque table
- les numéros des groupes
- l'emplacement précis des caméras
- la place occupée par la chercheure (en général en fond de classe)

Les groupes d'élèves sont numérotés, ainsi que les enregistreurs audio placés sur les tables. Chaque groupe remplit une étiquette où figurent le numéro de groupe et les noms et prénoms des élèves.

Une grille temporelle d'observation de séance est complétée par observation directe pendant l'enregistrement par la chercheure placée en fond de classe. Sur cette grille sont reportés les éventuels incidents matériels, et des repères permettant d'identifier rapidement les phases de la séance, en particulier le début du travail en petits groupes. Très souvent, l'enseignant donne un signal clair du début de cette phase, avec une phrase comme "c'est parti" ou "on y va" ou "vous pouvez commencer". Le début de la transcription du travail de groupe est calé à partir de cet indicateur.

5.2.2 Capture de la position de l'enseignant

5.2.2.1 Matériel

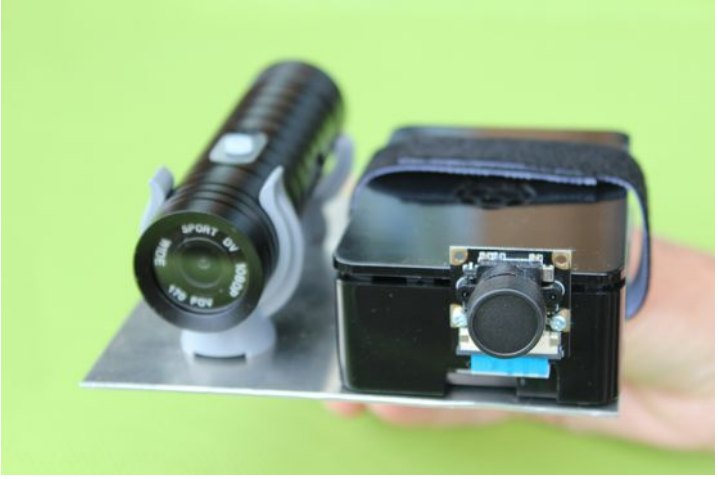


Figure 50. Ensemble de caméras, visible (à gauche) et infrarouge (à droite).

Pour déterminer la position de l'enseignant on utilise deux caméras infrarouges associées à un gilet émetteur équipé de spots infrarouges clignotants. Ces caméras sont doublées de deux caméras classiques, un ensemble est placé coté « Tableau » et un ensemble est placé en « Fond ».

Le choix de l'infrarouge permet de conserver un caractère assez discret au dispositif. L'enseignant porte un gilet équipé d'une alimentation autonome pour le(s) spot(s) et d'un microprocesseur permettant d'émettre un flash par seconde.

Les caméras infrarouges sont placées dans deux angles de la salle, de manière à éviter de filmer les zones de lumière trop intense (contre jour) et à couvrir l'ensemble de la salle.

Figure 51. Caméras « Tableau », vue infrarouge et vue en lumière visible – Bus 2 - Spot infrarouge en blanc sur l'épaule droite de l'enseignant.

La position à chaque seconde (t, x, y) est calculée automatiquement en croisant les informations reçues par les deux caméras infrarouges, ou de manière semi-automatique en utilisant les données des caméras en lumière visible. Les caméras sont calibrées pour corriger la déformation en barillet introduite par l'objectif. La compensation effectuée permet d'obtenir un angle de pointage correct (précision relative de 2%) par rapport à l'axe optique de chaque caméra.

5.2.2.2 Synchronisation

Les enregistreurs audio et les caméras sont démarrés avant l'entrée des élèves en classe. Lorsque tout le matériel est opérationnel, un « clap » de calage est effectué. Cette synchronisation permet par la suite de connaître précisément la position de l'enseignant pour chaque fragment d'échange verbal enregistré et codé.

5.3 Données de position de l'enseignant

5.3.1 Fichier des données de position

Les données obtenues par les caméras sont traitées afin de construire un fichier permettant de connaître la position horodatée de l'enseignant (t, x, y) pour chaque seconde pendant le travail de groupe, avec une précision estimée à trente centimètres. Les conditions de ce traitement sont précisées en annexe 3.

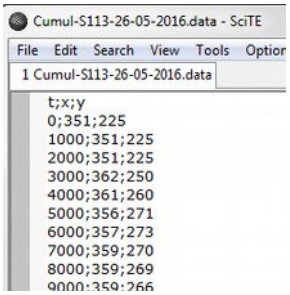


Figure 52. Extrait du fichier de positions de l'enseignant – Bus 2.

Dans ce fichier des positions de l'enseignant, le temps est exprimé en millièmes de seconde, les coordonnées x et y sont données en cm. L'origine des axes x et y est placée en haut et à droite de la salle de classe.

5.3.2 Cartographie points par points

A partir de ce fichier, il est possible de réaliser la cartographie des positions successives de l'enseignant, chaque point représentant une position effective de l'enseignant, comme le montre la figure 52.

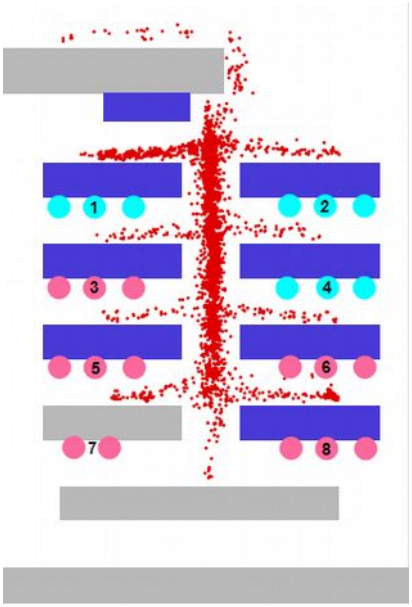


Figure 53. Cartographie points par points des positions de l'enseignant à partir du fichier de positions – Bus 2

Ainsi, pour vingt-cinq minutes d'enregistrement, 1.500 points sont cartographiés à partir du fichier de position de l'enseignant, montrant comment l'enseignant se déplace ou stationne dans l'espace de la classe.

5.3.3 Densité de présence

Les positions cumulées ne permettent pas de visualiser la variable « temps », autrement dit ne rendent pas compte des stations plus ou moins prolongées de l'enseignant. Pour remédier à cet effet, une visualisation complémentaire permet de représenter par des isovales ce que j'appelle une « densité de présence » de l'enseignant. Elles sont calculées à partir des positions réelles de l'enseignant interpolées à l'aide de la méthode du noyau comme précisé en annexe 3.

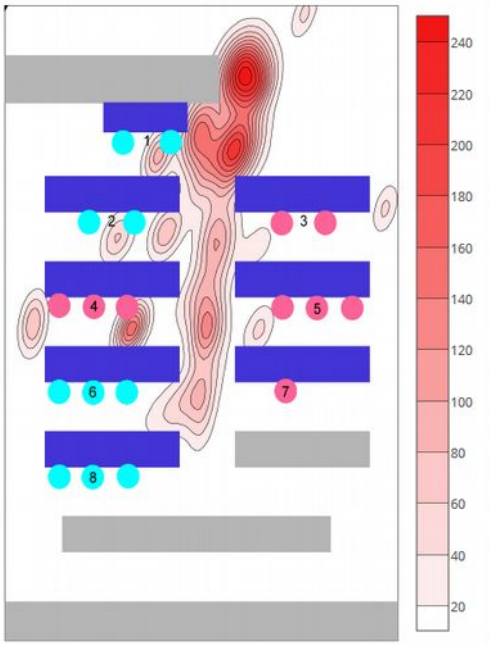


Figure 54. « Densité de présence » de l'enseignant (Visualisation temporelle des positions de l'enseignant) – Bus 2.

5.4 Proximité de l'enseignant vis-à-vis des groupes d'élèves.

Les cartographies précédentes autorisent une approche qualitative des déplacements effectifs de l'enseignant.

Je présente ici comment les données de position ont aussi été utilisées dans une approche quantitative, en déterminant une variable de proximité effective de l'enseignant vis-à-vis des groupes d'élèves. Je décris d'abord le principe retenu, puis comment est calculée cette variable.

5.4.1 Principe

Le principe utilisé précédemment pour déterminer l'accessibilité potentielle à partir d'un groupe est utilisé maintenant pour déterminer la proximité effective de l'enseignant vis-à-vis d'un groupe spécifique. La proximité vis-à-vis d'un groupe spécifique désigne ici la distance topologique moyenne effective entre l'enseignant et ce groupe. Pour la déterminer, on ne se réfère pas à la position des autres groupes comme pour calculer l'accessibilité potentielle, mais à toutes les positions réelles occupées successivement par l'enseignant au cours de la séance, telles qu'elles apparaissent par exemple sur la figure 52.

Le principe est de calculer pour chaque groupe une distance topologique moyenne de l'enseignant au groupe étudié, en sommant chaque distance topologique pour les 1500 positions réelles de l'enseignant à la position d'interaction optimale pour le groupe étudié.

Le calcul théorique de la proximité de l'enseignant vis-à-vis du groupe 1 serait par exemple pour 1500 points :

$$dPG_1 = \frac{1}{1500} \sum_{t=1}^{t=1500} d_{1j}$$

5.4.2 Calcul de la proximité vis-à-vis d'un groupe

Ce calcul théorique suppose la détermination du chemin spécifique entre chaque point et le groupe. L'interface travaille en réalité sur une approximation en utilisant la partition euclidienne décrite en page 108. Cette partition définit des mailles au pas de 40 cm. Le nombre de points n_i cartographié dans chaque maille i est compté. Chaque maille i a ainsi un « poids » n_i. Le chemin minimum entre le groupe considéré et le point central de la maille i (assimilé au nœud i) est déterminé par l'application informatique comme présenté en annexe 3. La distance topologique correspondante est calculée et affectée du poids n_i. Cette procédure est réitérée pour chaque maille.

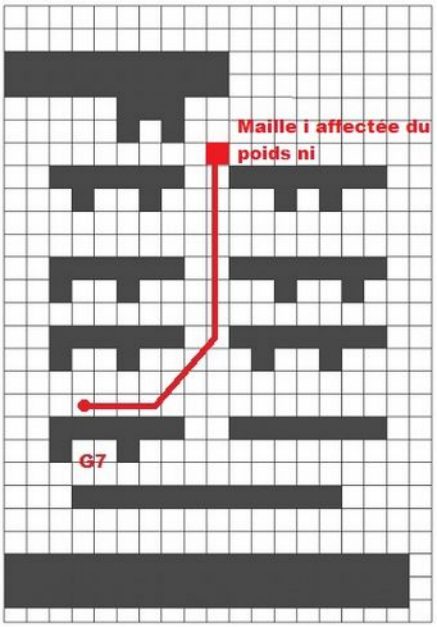


Figure 55: Illustration du principe du calcul pour le groupe 7.

La figure 54 illustre le principe du calcul de proximité pour le groupe 7. Le tracé en rouge représente le chemin entre le groupe 7 et la maille i. Ce chemin est affecté du poids n_i correspondant au nombre de mesures indiquant la présence de l'enseignant dans cette maille. La proximité de l'enseignant vis-à-vis du groupe 7 est la moyenne de toutes les distances minimum topologiques pondérées entre chacune des différentes mailles i et la position d'interaction optimale avec le groupe 7.

La proximité réelle de l'enseignant vis-à-vis d'un groupe donné représente donc la distance moyenne entre un ensemble de nœuds (tous les nœuds réellement occupés par l'enseignant, affectés d'un poids correspondant à sa présence réelle sur chacun de ces nœuds) et le nœud spécifique du groupe (l'emplacement d'interaction optimal pour ce groupe). Cette proximité vis-à-vis du groupe i est noté dans la suite dPG_i.

Ce processus est répété pour chaque groupe. Ainsi, pour chaque séance on dispose d'autant de valeurs de proximités dPG_i que le nombre de groupes présents pendant la séance enregistrée.

Il est possible de calculer une **proximité moyenne effective** de l'enseignant vis-à-vis de l'ensemble des groupes pour une séance spécifique, c'est à dire un contexte spécifique. Il s'agit là d'une proximité **effective** correspondant à des déplacements et positions réels, observés, de l'enseignant.

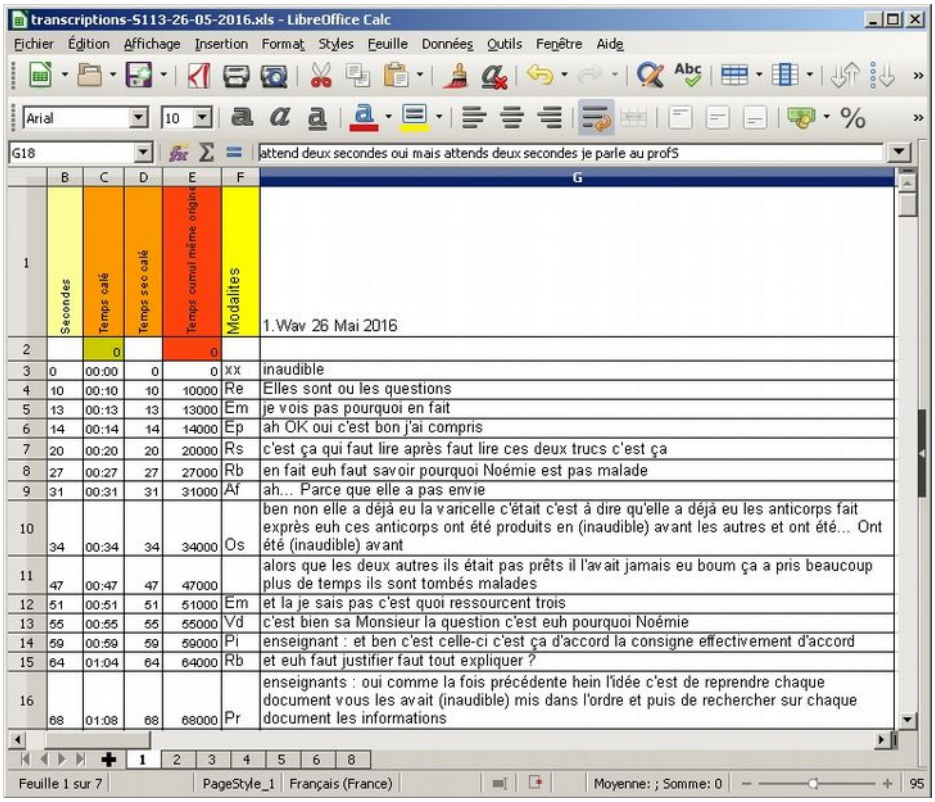
5.5 Fusion des données de transcription et de position

Je présente ici comment sont fusionnés les fichiers de données de transcription, qui décrivent les échanges verbaux effectifs concernant chaque groupe d'élèves, et les fichiers de position, qui décrivent les déplacements effectifs de l'enseignant.

Je décrit successivement la structure des fichiers de transcription, et celle des fichiers de fusion qui associent les données spatio-temporelles et les données issues du codage des échanges.

5.5.1 Données de transcription

Les enregistrements de chaque groupe d'élèves transcrits selon la procédure décrite au paragraphe 1 du Chapitre 3 p. 113 se présentent sous la forme de fichiers horodatés. Les différents fichiers horodatés sont regroupés dans un tableur. Un classeur de transcriptions est associé à chaque séance. Il comporte un onglet par groupe. Chaque échange est codé selon les modalités décrites au Chapitre 3.



	B	C	D	E	F	G
1	Secondes	Temps calé	Temps sec calé	Temps cumul même origine	Modalités	1.Wav 26 Mai 2016
2		0		0		
3	0	00:00	0	0	xx	inaudible
4	10	00:10	10	10000	Re	Elles sont ou les questions
5	13	00:13	13	13000	Em	je vois pas pourquoi en fait
6	14	00:14	14	14000	Ep	ah OK oui c'est bon j'ai compris
7	20	00:20	20	20000	Rs	c'est ça qui faut lire après faut lire ces deux trucs c'est ça
8	27	00:27	27	27000	Rb	en fait euh faut savoir pourquoi Noémie est pas malade
9	31	00:31	31	31000	Af	ah... Parce que elle a pas envie
10	34	00:34	34	34000	Os	ben non elle a déjà eu la varicelle c'était c'est à dire qu'elle a déjà eu les anticorps fait exprès euh ces anticorps ont été produits en (inaudible) avant les autres et ont été... Ont été (inaudible) avant
11	47	00:47	47	47000		alors que les deux autres ils était pas prêts il l'avait jamais eu boum ça a pris beaucoup plus de temps ils sont tombés malades
12	51	00:51	51	51000	Em	et la je sais pas c'est quoi ressourcent trois
13	55	00:55	55	55000	Vd	c'est bien sa Monsieur la question c'est euh pourquoi Noémie
14	59	00:59	59	59000	Pi	enseignant : et ben c'est celle-ci c'est ça d'accord la consigne effectivement d'accord
15	64	01:04	64	64000	Rb	et euh faut justifier faut tout expliquer ?
16	68	01:08	68	68000	Pr	enseignants : oui comme la fois précédente hein l'idée c'est de reprendre chaque document vous les avait (inaudible) mis dans l'ordre et puis de rechercher sur chaque document les informations

Figure 56. Exemple de classeur de transcriptions – séance du 26 mai 2016 – groupe n°1.

La colonne D donne l'instant de début du fragment transcrit. La colonne E est utilisée ultérieurement pour le traitement de la position de l'enseignant. La modalité codée figure en colonne F, et le contenu de l'échange en colonne G.

5.5.2 Obtention du fichier de fusion

Les fichiers de positions et les fichiers de transcriptions sont fusionnés et mis « à plat » pour mettre en regard les données de proximité réelle et les modalités des échanges verbaux. L'annexe 4 précise la procédure à partir d'un exemple.

Pour chaque séance un fichier rassemble les données temporelles, spatiales et les modalités des échanges. Ce fichier est disponible pour chaque groupe d'élèves :

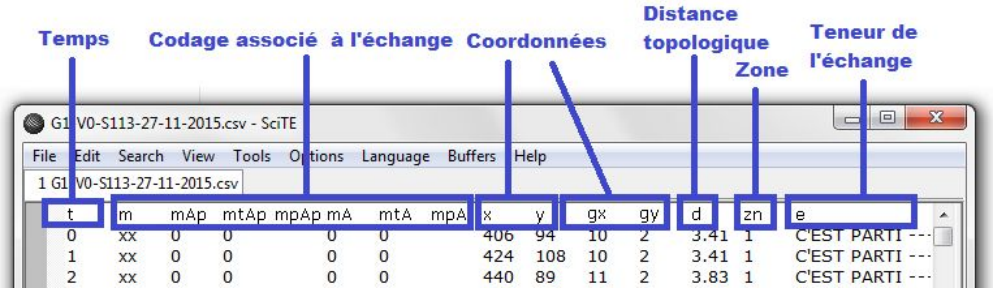


Figure 57. Exemple de fichier de fusion - séance du 27 novembre 2015 - groupe n°1.

Chaque ligne du fichier décrit une seconde d'enregistrement. Les coordonnées (x,y) de l'enseignant sont données en centimètres. Les coordonnées (gx, gy) sont le résultat de la conversion de (x,y) en mailles de 40 cm.

Le codage associé à l'échange est donné par les différentes colonnes mx. La première colonne m donne le codage initial (codage manuel du classeur de transcriptions). Les autre colonnes mAp à mpA correspondent à différentes possibilités d'extraction automatique de mots-clés.

Les modalités stockées dans le fichier fusionné ont la granularité du codage initial présenté dans la partie 2.

La nature spatio-temporelle des données nécessite des précautions particulières de traitement, qui font l'objet du sixième et dernier chapitre de cette partie. Le lecteur qui souhaite aller rapidement aux résultats a la possibilité de consulter directement le chapitre 7 où est présentée la synthèse de la méthodologie, sans se plonger dans le détail du traitement des données spatiotemporelles présentées dans ce qui suit.

Chapitre 6. Spécificités du traitement des données spatiales

Ce sixième chapitre porte sur les spécificités du traitement de données spatio-temporelles.

Il s'agit ici de traiter des données spatio-temporelles. Le caractère spatial nécessite un traitement spécifique car « spatial is special » (Anselin, 1989, cité par Plumejeaud, 2011). Les données temporelles ont également un caractère spécifique étant donné que le temps est linéaire et orienté, à savoir qu'il s'écoule régulièrement, dans un sens donné sans retour en arrière possible. Ce type de données réclame donc un traitement particulier (Claramunt, Parent & Thiériault, 1998 ; Plumejeaud, 2011).

Le traitement mis en œuvre doit également respecter l'approche écologique et éviter les biais d'agrégation des données (Bressoux, 1997), ce qui suppose un traitement multi-niveaux. Pour intégrer le caractère spatio-temporel des données, le traitement qui a été choisi est effectué selon deux approches complémentaires utilisant pour l'une les valeurs moyennes et pour l'autre les valeurs instantanées.

Je présente dans la suite les spécificités de l'analyse de données spatio-temporelles, puis la structure du traitement multi-niveaux retenu.

6.1 Analyse de données spatio-temporelles

Peuquet (1999) décrit comment les dimensions spécifiques que sont le temps et l'espace peuvent être intégrées dans les analyses de données par une approche orientée-objet.

6.1.1 Approche orientée objet

Rumbaugh et al. (1995). décrivent une approche du développement de logiciel fondée sur la modélisation du monde réel à partir d'objets (*Objects Modeling Technique* : OMT), dont les points forts sont une meilleure formulation du problème et des besoins. Ils soulignent que l'OMT va au delà de la simple programmation, qu'elle est aussi une manière abstraite de réfléchir à des problèmes et des concepts du monde réel permettant une approche pragmatique de la résolution de problèmes.

Un objet décrit une entité au travers de ses propriétés, de ses fonctionnalités et des événements qu'il peut subir et traiter, en combinant les structures de données et de comportement. Chaque objet possède sa propre identité, c'est à dire qu'il peut être distingué par ses propriétés. Les objets sont regroupés en classes, qui sont choisies arbitrairement et regroupent des objets ayant la même structure de données (attributs) et les mêmes fonctionnalités (Rumbaugh et al., 1995).

6.1.2 Objet géographique

Peuquet (1999) décrit un objet géographique, comme appartenant à une classe d'objets, et possédant trois composantes. Ces trois composantes sont la composante temporelle, la composante spatiale et une composante a-spatiale déclinée en différents attributs. Les travaux de Peuquet soulignent l'importance de traiter ces composantes de manière simultanée.

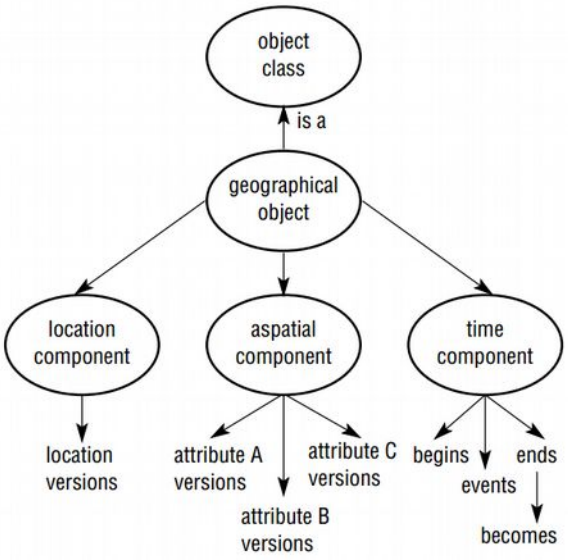


Figure 58. Objet géographique – extrait de Peuquet (1999, p. 96).

Ainsi que décrit en annexe 4, les données de position de l'enseignant et les données décrivant les échanges verbaux sont fusionnées, et les données qui en résultent présentent les caractéristiques décrites dans ce modèle. On connaît, à chaque seconde (composante temporelle) de l'épisode de travail en groupe, à la fois la proximité de l'enseignant (composante spatiale) et les différentes modalités des échanges émis au sein de tous les groupes d'élèves enregistrés (attributs de la composante a-spatiale). Les données sur lesquelles s'appuient la présente analyse sont des n-uplets (t, x,y, m_iG_i), à savoir le temps, les coordonnées x,y de la position de l'enseignant, la modalité de l'échange du groupe i.

Cependant ces n-uplets présentent des différences par rapport à l'objet géographique décrit par Peuquet. En effet, comme l'expose Plumejeaud (2011), les trois dimensions de l'objet géographique de Peuquet permettent de répondre aux trois questions suivantes :

- A l'instant t, où se trouve l'**objet** ?
- Quand l'**objet** se trouvait-il en un lieu donné ?
- Quel **objet** était à l'instant t dans un lieu donné ?

Les n-uplets de cette étude permettent de répondre à des questions proches mais qui concernent un objet plus complexe, le système enseignant-groupes d'élèves.

- A l'instant t, où se trouve l'**enseignant**?
- Quand l'**enseignant** se trouvait-il en un lieu donné ?
- A quelles **modalités** correspondaient les échanges verbaux étaient émis à l'instant t par le **groupe d'élèves i** quand l'**enseignant** se trouvait dans un lieu donné ?

Comme le soulignent Claramunt, Parent et Thiériault (1998), ces trois questions permettent de décrire des faits. Les questions « comment l'enseignant s'est-il trouvé en ce lieu à cet instant ? » et peut-être « pourquoi l'enseignant s'est-il trouvé en ce lieu à cet instant ? » sont aussi des questions auxquelles cette étude cherche à répondre.

La comparaison de deux configurations vise en effet à tester des hypothèses en effectuant des changements et en observant les processus qui adviennent, c'est à dire apporter des réponses à la question « comment ? », et éventuellement émettre des hypothèses concernant le « pourquoi ? ».

	I- Description	II- Experimentation	III- Explanation
Modelling dimensions	What / Where / When	What / How / Where / When	What / Why / Where / When
Observation level	Facts	Events	Causes
Understanding level	Consequences	Processes	Theories
Purpose	Observe and describe facts and changes	Test hypotheses about change mecanisms	Understand evolution
Main goal	Measure and analyse	Model and simulate	Generalize
Results	Syntheses	Forecasts	Laws

Figure 59. Cinq questions autour des objets géographiques et trois niveaux de recherche scientifique – extrait de Claramunt, Parent et Thiériault (1998, p. 3)

6.1.3 Discrétisation, résolution temporelle et vitesse d'évolution

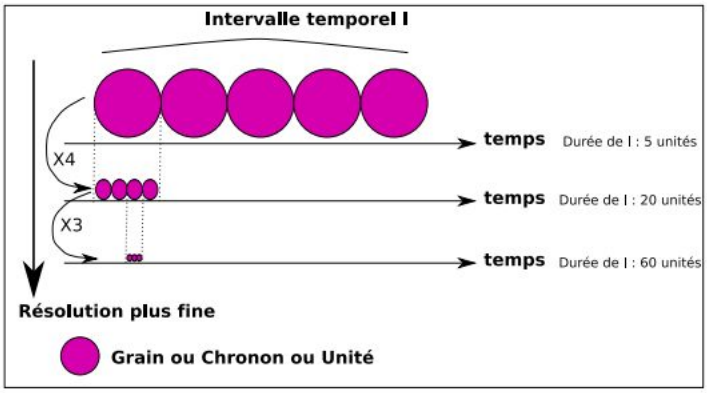


Figure 60. Discrétisation du temps et résolution – extrait de Plumejeaud (2011, p. 32).

Le temps est continu, l'observation est discontinue. Il est nécessaire de discrétiser le temps en intervalles, autrement dit d'échantillonner les données. L'intervalle d'observation définit la durée d'observation d'un processus et la résolution temporelle exprime la fréquence d'observation, c'est à dire la granularité. La résolution temporelle doit être choisie en fonction des données. Il est courant de travailler à un niveau très fin et de regrouper les données temporelles selon des grains plus grands par la suite (Plumejeaud, 2011).

Dans cette étude, l'intervalle temporel est celui de l'épisode de travail en groupes. La granularité temporelle des données disponibles est la seconde, le comportement et la proximité sont considérés comme constants sur cette durée d'échantillonnage.

Le temps peut aussi être discrétisé en intervalles arbitraires plus longs comme la minute.

6.1.4 Auto-corrélation

L'association de données a-spatiales à des données spatiales passe par la détermination de l'auto-corrélation c'est à dire qu'on cherche à mesurer l'intensité de la relation entre la proximité de lieux et leur degré de ressemblance (Plumejeaud, 2011).

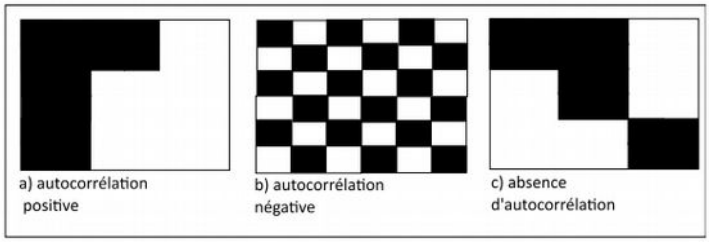


Figure 61. Représentation de l'auto-corrélation – extrait de Plumejeaud (2011, p. 108).

Les données temporelles et spatiales instantanées présentent des caractéristiques d'interdépendance. L'enseignant se déplace dans la classe. Il ne peut pas revenir en arrière dans le temps, ni se téléporter d'un point à un autre. Sa position à un instant t+1 dépend de sa position à l'instant t. Sa proximité par rapport à chacun des groupes ne change pas brutalement, elle dépend de sa proximité à l'instant précédent. Sa proximité vis-à-vis d'un groupe à un instant donné dépend aussi de sa proximité vis-à-vis des autres groupes au même instant, puisque si l'enseignant se rapproche d'un groupe, il s'éloigne des autres au même moment.

Le temps est ce qui lie le comportement du groupe à la proximité observée. On connaît d'une part l'évolution du comportement du groupe en fonction du temps et d'autre part la proximité de l'enseignant en fonction du temps.

Pour tenir compte de ces aspects d'autocorrélation et d'interdépendance des données, l'analyse statistiques de données à caractère spatial utilise des outils spécifiques (régression géographiquement pondérée Geographically Weighted Regression – GWR). Ces outils adaptés au données spatiales utilisent des matrices de voisinage pour calculer des indices d'auto-corrélation spatiale et ainsi adapter le calcul de régression linéaire multiple : dans la recherche de la droite des moindre carrés classique, on introduit une matrice de voisinage qui donne un poids plus important aux points du voisinage proche. Une fonction décroissante de la distance est donc introduite pour tenir compte de la nature spatiale des données (Plumejeaud, 2011).

6.1.5 Modes d'analyse retenus

L'étude statistique inférentielle de données spatiales instantanées nécessite donc des modèles assez complexes prenant en compte les autocorrélations et les inter-dépendances spatiales et temporelles. Mon objectif dans le cadre de ce travail de thèse n'est pas d'inférer globalement un comportement, mais plus simplement de décrire en quoi les différentes configurations agissent sur l'activité de l'enseignant et des élèves. Je me limite par conséquent à une étude descriptive. La mise en œuvre des outils spécifiques de régression GWR mentionnés au paragraphe précédent apparaissant comme délicate, ils n'ont pas été retenus dans le cadre de cette recherche doctorale.

Pour autant, il serait dommage d'être trop restrictif en ne traitant que les données moyennes. Afin d'exploiter également partiellement les données instantanées, la réflexion a porté dans une première approche sur l'utilisation d'une discrétisation temporelle et d'une résolution adaptée.

Il en résulte deux manière différentes d'analyser les données. Le premier mode d'analyse fait appel aux valeurs moyennes, qu'on peut considérer comme une résolution très grossière portant sur

l'étendue complète de l'intervalle temporel. Le deuxième mode d'analyse utilise une granularité de discrétisation plus fine, afin de conserver au mieux l'information initiale contenue dans les données. Ces deux modes d'analyse sont détaillées dans ce qui suit.

6.2 Principes de traitement retenus

J'expose ici les principes de traitement des données. Après avoir présenté la structure multi-niveau des données, je précise les deux modes d'analyse retenus.

6.2.1 Structure multi-niveaux des données

Pour comparer les comportements du système enseignant-groupes d'élèves dans les différents contextes, les données peuvent être agrégées à différents niveaux. Des biais d'agrégation des données existent et peuvent conduire à des interprétations différentes, voire parfois opposées (Bressoux, 1997). D'où l'importance de poser précisément le cadre d'analyse.

J'utilise un traitement en valeurs moyennes des données concernant chaque groupe d'élèves. Ce traitement doit prendre en compte trois niveaux. Les « individus » groupes d'élèves, constituent le premier niveau. Le second niveau est le niveau de la classe, qui regroupe n groupes d'élèves. Le troisième niveau est celui de l'enseignant, qui est commun à deux classes. La particularité est que la structure est répétée pour le même enseignant dans deux configurations.

Tableau14. Structure multi-niveaux des données.

Groupe 1	Classe A	Enseignant 1 en configuration Bus
Groupe 2		
...		
Groupe n		
Groupe 1	Classe B	
...		
Groupe n		
Groupe 1	Classe B	Enseignant 1 en configuration de comparaison
...		
Groupe n		
Groupe 1	Classe A	
...		
Groupe n		

Les comparaisons de valeurs moyennes seront toujours envisagées en référence à cette structure.

Il est à noter que l'analyse des valeurs moyennes présente l'inconvénient de réduire le niveau d"information utilisé par rapport au niveau d'information présent dans les données instantanées initiales. Il serait intéressant de préserver le niveau d'information initial, mais cela soulève des questions de modélisation statistique, présentées dans le paragraphe qui suit.

6.2.2 Analyse à partir des valeurs moyennes

L'intervalle temporel considéré correspond à la durée globale d'enregistrement.

On dispose pour chaque individu « groupe d'élèves » des valeurs moyennes suivantes :

- Accessibilité spécifique du groupe $\overline{AGGi}$ et proximité de l'enseignant vis-à-vis du groupe $\overline{dPGi}$ (données spatiales).
- Fréquence moyenne de chacun des trois types d'interactions intragroupes (argumentation, réalisation de la tâche et échanges hors tâche), la fréquence globale des interactions avec l'enseignant et la fréquence moyenne de chacun des types d'interaction enseignant-groupe (régulation du processus d'argumentation, de la réalisation de la tâche, des comportements) (données a-spatiales).

L'objectif des analyses statistiques effectuées sur les valeurs moyennes est de rechercher comment et dans quelle mesure les données spatiales sont ou non corrélées entre elles et corrélées aux données a-spatiales. Avec les valeurs moyennes, il est ainsi possible d'examiner :

- **en moyenne**, (1) si la proximité effective de l'enseignant vis-à-vis des groupes d'élèves est différente selon l'accessibilité potentielle inhérente à un espace spécifique
- **en moyenne**, (2) si la proximité effective de l'enseignant vis-à-vis d'un groupe d'élèves est plus grande quand son accessibilité est plus faible
- **en moyenne**, (3) si les fréquences des modalités correspondant aux échanges verbaux émis par les groupes d'élèves i sont différentes selon leur accessibilité ?
- **en moyenne**, (4) si les fréquences des modalités correspondant aux échanges verbaux émis par les groupes d'élèves i sont différentes selon la proximité effective moyenne de l'enseignant ?

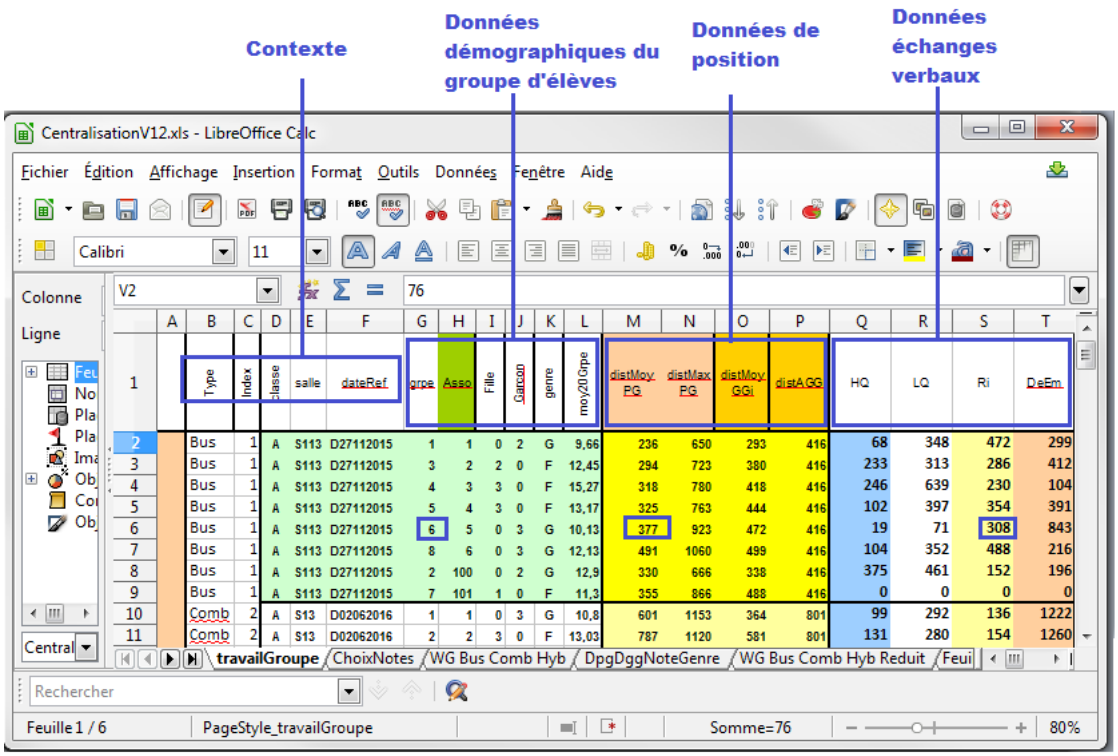


Figure 62. Fichier Centralisation.xls regroupant toutes les données disponibles pour chaque groupe d'élèves.

Le fichier utilisé (figure 61.) regroupe toutes les données disponibles pour chaque groupe d'élèves. Il s'agit des données attachées au contexte, les données démographiques, les données de position et les données concernant les échanges verbaux. Il est donné en annexe 8, p. 306.

Les données par groupe sont analysées par des procédés classiques d'analyse statistique. Des regroupements spécifiques permettent d'isoler le rôle de variables comme l'enseignant, la classe, le genre, la note. Les analyses sont faites de manière à examiner les différences pour l'ensemble des groupes des deux classes d'un même enseignant, placé dans deux configurations différentes.

6.2.3 Analyse à partir de valeurs instantanées discrétisées

L'analyse à partir de valeurs discrétisées répond à la préoccupation d'examiner la question de l'existence éventuelle d'une valeur « sensible » d'accessibilité. Il s'agit de préserver au maximum l'information contenue dans les données pour répondre à la question :

- (5) Quel type de modalités était émis par les groupes d'élèves quand l'enseignant se trouvait à une proximité donnée ?

Au lieu de considérer chaque groupe d'élèves séparément, je considère ici l'ensemble des groupes d'une même classe comme une entité qui émet de manière synchrone différentes modalités à chaque seconde.

6.2.3.1 Granularité et agrégation des données

Le temps mesuré dans les données n'est pas véritablement une grandeur continue. Le terme de « valeur instantanée » a été employé jusqu'à présent dans un souci de simplification. Cette étude utilise en fait des données échantillonnées à la fréquence d'une seconde. La granularité temporelle des données disponibles est donc la seconde, le comportement et la proximité sont considérés comme constants sur cette durée d'échantillonnage.

Le traitement repose sur un équilibre entre la réduction de la granularité temporelle et la préservation d'un grand nombre de données. La granularité d'une seconde ne permettant pas la perception de l'évolution du comportement du groupe, on est amène à réduire la granularité temporelle, pour rendre l'évolution perceptible. On a considéré précédemment que le traitement en valeurs moyennes revenait en quelque sorte à réduire la granularité à la durée totale du travail de groupe. Ici, la granularité est réduite, mais de manière moins drastique. Le nombre de données disponibles initialement pour une classe est élevé puisque 4 à 8 groupes sont enregistrés dans chaque classe pendant plus de 25 minutes (jusqu'à 45 minutes), ce qui représente au moins 12000 points de données. En réduisant la granularité temporelle, on regroupe les données, ce qui réduit leur nombre. Le choix de la granularité détermine le nombre de données agrégées.

6.2.3.2 Choix d'une granularité temporelle

Le choix de la granularité temporelle répond aussi au souci de lisibilité de l'analyse. Pour l'analyse et la modélisation spatio-temporelle, il est aussi important d'effectuer des calculs statistiques que de les visualiser. Banos (2001) souligne que l'exploration graphique des données participe à l'analyse, en faisant appel aux capacités humaines d'inférence à partir de la visualisation. Antoni, Klein, & Moisy (2004) estiment que dans une phase exploratoire, la visualisation de données spatiales contribue à faire émerger leur structure. La visualisation 3D est utilisable à condition de respecter une certaine cohérence concernant le nombre de graduations sur chaque axe, autrement dit il est nécessaire d'adapter la granularité sur chaque axe pour que le découpage soit homogène.

La dimension spatiale des données recueillies est déjà discrète, avec une résolution de 40 cm. La valeur maximale de proximité observée dans les salles est inférieure à 14 m, ce qui permet de

disposer d'une trentaine d'intervalles sur l'axe spatial. Une granularité temporelle comprise entre une et deux minutes correspond à un nombre d'intervalles comparable.

6.2.3.3 Discrétisation spatio-temporelle des variables

L'évolution spatio-temporelle du comportement de l'individu « classe-enseignant placé dans une configuration donnée » ou «ensemble des deux classes-enseignant, placé dans une configuration donnée », est finalement décrit au moyen d'une double discrétisation spatiale et temporelle :

- discrétisation temporelle, granularité de 90 secondes,
- discrétisation spatiale, maillage de 0,4 m de coté (l'espace physique occupé par l'enseignant).

Le travail en groupe pendant la séance enregistrée est alors représenté par un tableau à double entrée tel que celui ci-dessous. Les intervalles de distance correspondant à la proximité figurent dans la première ligne, les intervalles de temps dans la première colonne. Dans chaque case, le nombre de n-uplets (t, x, y, modalité) correspondant à la variable observée est compté et reporté selon le principe illustré en annexe 6. La lecture de la dernière ligne permet d'observer les variations spatiales de la variable, et de comparer son comportement spatial dans les différentes configurations. La dernière colonne donne de la même façon son évolution temporelle.

Tableau15. Doublement discrétisation spatiale et temporelle des données.

Variable observée	[0; 0,4m[	[0,4; 0,8[	[0,8; 1,2[	...	[Dmax-0,4; Dmax[	Evolution temporelle
[0; 90s[	Nombre de n-uplets correspondant à la variable observée					Nombre total de n-uplets correspondant à la variable observée dans l'intervalle de temps[0; 90s[
[90; 180[						
...						
[tmax-90; tmax[						
Evolution spatiale	Nombre total de n-uplets correspondant à la variable observée dans l'intervalle de distance [0; 0,4[					

6.2.3.4 Normalisation

Les grandes distances et les longues durées sont moins observées, donc moins représentées. Par conséquent le nombre de n-uplets est mécaniquement plus faible quelque soit la variable observée pour les fortes valeurs de distance et de durée, c'est à dire dans les dernières lignes et colonnes du tableau. Pour effectuer des comparaisons, il est d'abord nécessaire de normaliser les variables en travaillant de manière relative. Les comparaisons portent donc sur des fréquences relatives et non sur les nombres de n-uplets. Le premier tableau à établir est celui du nombre de données disponibles dans chaque case. Il sert ensuite de référence pour le calcul des fréquences, comme cela est illustré en annexe 6. D'autre part, un calcul de fréquence n'aurait pas de sens pour un trop petit nombre de valeurs. Les dernières lignes et dernières colonnes ne sont donc pas prises en compte dans les comparaisons. Le seuil de représentativité a été fixé selon les règles décrites en annexe 7.

6.2.3.5 Lissage et cartographie

Une cartographie spatio-temporelle de la variable observée est effectuée à partir de ce tableau. Cette représentation est obtenue après utilisation d'un modèle de régression additive généralisé GAM qui effectue un lissage utilisé habituellement pour la modélisation prédictive. Ce lissage rend plus lisible les différences dans la répartition tant spatiale que temporelle. Pour une présentation simple du principe et des points forts de ce type de modélisation, le lecteur peut se reporter à l'article de Kim Larsen (2015), qui le qualifie de « modeling silver bullet ». Trois couleurs indiquent les zones dans lesquelles la variable est plus grande ou plus petite qu'une valeur de référence calculée par le modèle. Sur l'exemple présenté ci-dessous, la variable représentée est la fréquence relative du nombre d'échanges hors tâche (FDeEm) par rapport au nombre total des échanges verbaux. Les valeurs extrêmes calculées par le modèle sont ici de 9,60 et 45,49. La partie basse de la carte correspond à une faible durée, c'est à dire au début de la phase de travail en groupe. La partie gauche de la carte correspond à une faible distance entre les élèves et l'enseignant, c'est à dire à une grande proximité. On observe que la fréquence d'émission de cette modalité est plus faible en gauche de la carte, c'est à dire quand l'enseignant est proche du groupe (proximité inférieure à 2-3 mètres. On observe la plus forte prévalence de cette modalité d'échange pour une durée supérieure à 30 minutes toutes distances confondues.

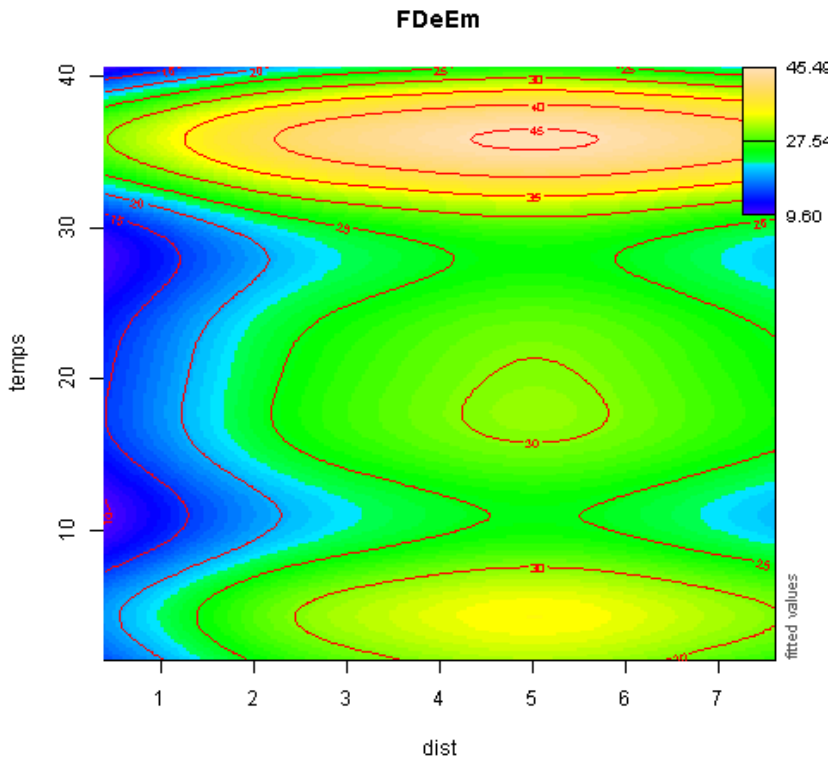


Figure 63. Exemple de cartographie spatio-temporelle - Fréquence de la modalité hors tâche (FDeEm) – Configuration Bus

La modélisation GAM utilisée est présentée de façon plus détaillée en annexe 8.

Chapitre 7. Synthèse de la méthodologie

L'objectif de cette étude est de rechercher dans quelle mesure et comment une modification du contexte d'enseignement au niveau des contraintes d'accessibilité de l'espace physique de travail, modifient le comportement d'un système « enseignant-classe » lors du travail en petits groupes pendant des séances d'enseignement des sciences fondées sur l'investigation.

La méthodologie mise en place vise à analyser, d'une part, comment l'accessibilité potentielle dans un espace de classe peut modifier les distances effectives entre l'enseignant et les groupes d'élèves, et les déplacements de l'enseignant, c'est-à-dire une dimension non verbale des interactions enseignant-groupes d'élèves. Elle permet, d'autre part, de rechercher comment et en quoi les modifications de l'accessibilité modifient les interactions verbales entre l'enseignant et les groupes d'élèves et les interactions verbales intragroupes impliquées dans le processus d'argumentation.

7.1 Quatre étapes

Quatre étapes sont nécessaires afin de répondre à ces objectifs. Elles sont illustrées sur la figure 63 p. 160.

La première étape consiste à contrôler les variables enseignant, classe et leçon, avant de comparer les configurations. Il s'agit de comparer un système « enseignant-groupes d'élèves » à lui même lorsqu'on agit sur l'accessibilité dans l'espace de la classe, c'est à dire lorsqu'on change la configuration spécifique définissant le contexte dans lequel s'exerce l'activité.

La deuxième étape consiste à décrire chaque configuration avec une variable indépendante qui représente l'accessibilité potentielle dans le contexte de la séance telle qu'elle peut être perçue par l'enseignant passant d'un groupe à un autre. Cette variable ***accessibilité potentielle*** est ***calculée*** à partir des spécificités du contexte, combinant la configuration de l'espace et la structure de communication inhérente au placement des élèves. Elle représente la facilité globale d'accès en différents lieux de la pièce. Sa valeur est d'autant plus faible que l'accessibilité potentielle est bonne. Il s'agit ici de qualifier les contraintes du contexte.

La troisième étape consiste à décrire les échanges verbaux pour chaque groupe d'élèves et à qualifier la qualité du processus d'apprentissage. On s'intéresse ici aux différents groupes d'élèves en tant que systèmes ouverts, en observant leurs interactions internes et à leurs interactions externes avec l'enseignant.

- Concernant les échanges intragroupes, la qualité du processus d'apprentissage est considérée comme plus élevée s'il y a peu d'échanges « hors tâche », et s'il y a davantage d'échanges de « haute qualité ».
- Concernant les échanges enseignant-groupes, la qualité de l'interaction enseignant-groupes est considérée comme meilleure quand il y a peu d'échanges de régulation de comportements. L'autonomie des élèves est considérée comme d'autant plus élevée que les interactions enseignant-groupes sont moins fréquentes, et portent moins sur la régulation de la tâche.

La quatrième étape consiste à décrire les déplacements réels des enseignants et les stations auprès de chaque groupe, avec une variable de ***proximité effective*** qui représente les distances ***réelles mesurées*** entre l'enseignant et chacun des groupes. Cette variable est la distance topologique mesurée entre l'enseignant et le groupe, qui est disponible pour chaque groupe, et représente la distance entre le groupe et l'enseignant telle qu'elle peut être perçue par chaque groupe. On cherche à mesurer en quoi cette variable de ***proximité effective*** pourrait contribuer à expliquer les différences dans la qualité des échanges internes aux groupes d'élèves.

Chacune de ces étapes produit des données de différentes natures qui sont recensées dans le tableau 16 de la page suivante.

7.2 Nature des données

Le tableau suivant résume les données à traiter et leur nature.

Tableau16. Nature des données à traiter.

	Configuration-Classe	Enseignant-Classe	Enseignant-Groupe i	Intragroupe i
Valeurs brutes	Accessibilité potentielle globale moyenne $\overline{\mathbf{AGG}}$	Proximité réelle globale moyenne $\overline{\mathbf{dPG}}$	Proximité à chaque seconde $\mathbf{dPG_i(t)}$ Proximité moyenne $\overline{\mathbf{dPG_i}}$ Nombre de points de mesure associés à des interactions enseignant-groupe i pouvant être codées* pour ce groupe $\mathbf{npe_i}$ Durée cumulée de chacun des types d'interactions enseignant-groupe i $\mathbf{Pa_i, Pr_i, Pe_i}$	Accessibilité spécifique du groupe à chaque seconde $\mathbf{AGG_i(t)}$ Accessibilité spécifique moyenne du groupe $\overline{\mathbf{AGG_i}}$ Nombre de points de mesure associés à des interactions pouvant être codées* pour le groupe i $\mathbf{np_i}$ Durée cumulée de chacun des trois types d'interactions intragroupe i $\mathbf{HLQ_i, Ri_i, DeEm_i, A_i}$
Valeurs calculées à partir des valeurs brutes			Fréquence moyenne de chaque type d'interaction enseignant-groupe i $\overline{\mathbf{FPa_i}}, \overline{\mathbf{FPr_i}}, \overline{\mathbf{FPe_i}}$ Fréquence moyenne globale des interactions de l'enseignant avec le groupe i $\overline{\mathbf{FP_i}}$	Fréquence moyenne de chaque type d'interaction intragroupe i $\overline{\mathbf{FHLQ_i}}, \overline{\mathbf{FRi_i}}, \overline{\mathbf{FDeEm_i}}, \overline{\mathbf{FA_i}}$
* les points correspondant à des échanges inaudibles ou à des silences prolongés ne sont pas comptabilisés				

7.3 Vue d'ensemble de la démarche

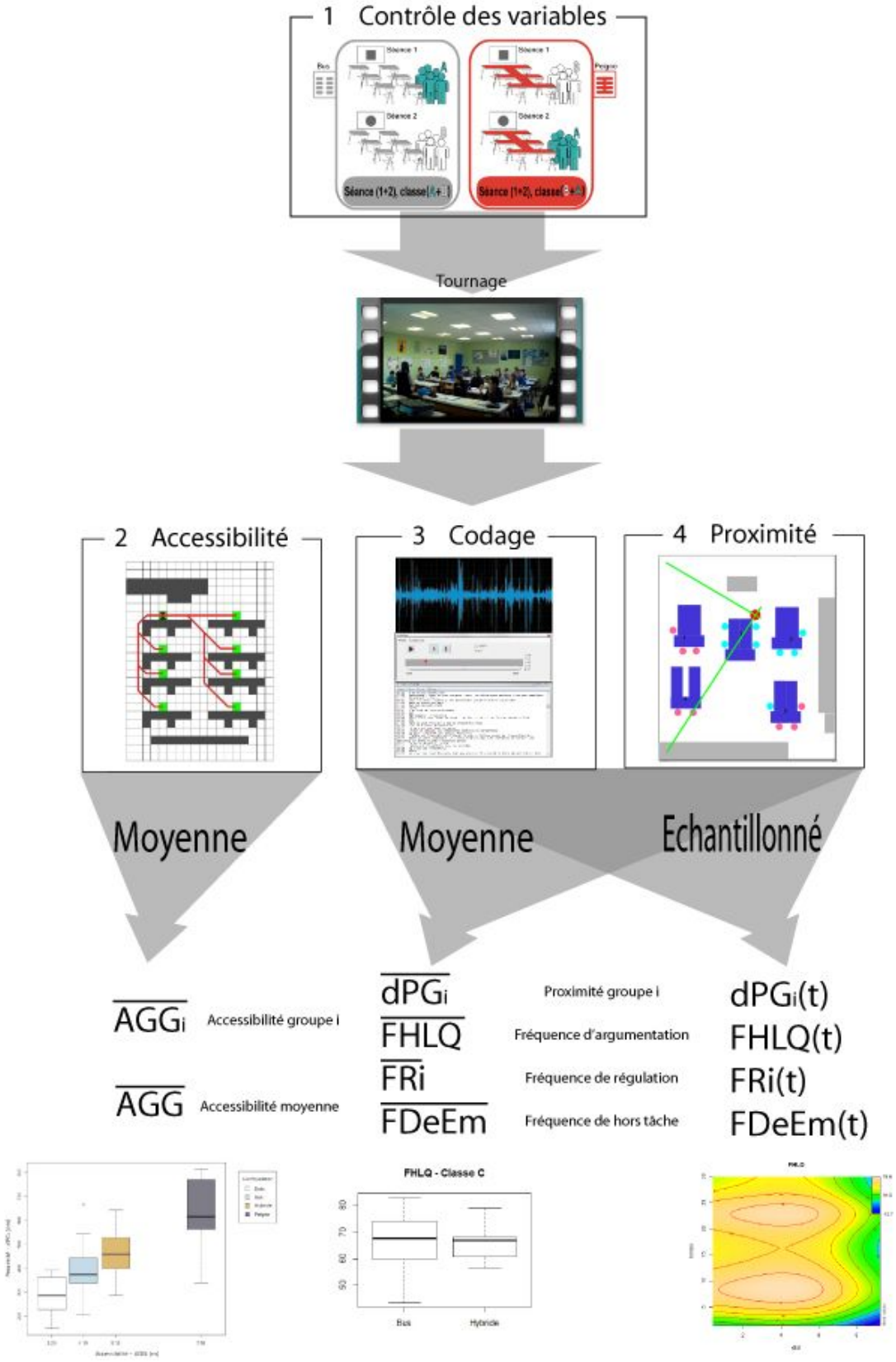


Figure 64: Synthèse de la méthodologie

L'observation écologique fournit des données temporelles, spatiales et a-spatiales. Les données spatiales et temporelles concernent les déplacements de l'enseignant dans son espace de travail et permettent de calculer sa proximité à chaque seconde vis-à-vis de chaque groupe dPGi(t) et sa proximité moyenne $\overline{dPGi}$ pendant la phase de travail en groupes et de cartographier sa densité de présence en chaque point de l'espace de travail. Les données a-spatiales et temporelles concernent la fréquence et la nature de trois types d'échanges intragroupes et trois types d'échanges enseignant-groupes. Elles permettent d'en calculer les valeurs moyennes pendant la phase de travail en groupe. Elles permettent aussi d'associer à chaque échange la proximité instantanée de l'enseignant vis-à-vis du groupe à l'instant considéré.

Deux traitements sont effectués à partir des données :

- une analyse statistique multi-niveaux sur les données en valeurs moyennes associées aux différents groupes d'élèves,
- une analyse globale des variations des fréquences de différents types d'échanges en fonction de la distance.

Résultats

Dans cette partie, je présente l'ensemble des résultats. La présentation est structurée en trois volets. Le premier présente les conditions d'obtention des données. Le deuxième répond à la première question de recherche, en examinant dans quelle mesure les contraintes d'accessibilité de l'espace physique de travail, en modifiant les distances effectives entre l'enseignant et les groupes d'élèves, se répercutent sur les déplacements de l'enseignant. Le troisième volet porte sur la deuxième question de recherche, il examine dans quelle mesure des modifications de l'accessibilité modifient les interactions verbales entre les enseignants et les groupes d'élèves et les interactions intragroupes.

Chapitre 1. Conditions d'obtention des données

Ce premier chapitre décrit les conditions d'obtention des données, le déroulement global des séances et leurs contenus. Il présente les consignes données aux élèves et décrit les placements des enseignants pendant la phase préalable au travail de groupe (placements observés in situ à partir des enregistrements vidéo), pour les trois comparaisons effectuées, Bus vs Peigne, Bus vs Hybride et Bus vs Îlot. La connaissance du lieu d'énonciation pouvant apporter un éclairage complémentaire sur les contraintes d'accessibilité présentées par chaque configuration, je conclus ce chapitre en dégageant ses caractéristiques.

1.1 Comparaison Bus -Peigne

1.1.1 Contenu des séances de SVT en Bus et en Peigne

1.1.1.1 Séance 1 : multiplication cellulaire

Cette séance porte sur la multiplication cellulaire. L'enseignant commence la séance par un bref rappel au tableau de ce qui est connu sur les cellules, les chromosomes, l'ADN. Il distribue ensuite aux élèves les documents suivants :

- caryotypes de différentes cellules issues d'une division cellulaire (document photographique)
- quatre étapes de la division cellulaire (document photographique)
- graphique représentant l'évolution de la quantité d'ADN au cours de la division cellulaire

Ces documents sont accompagnés de la consigne suivante :

> *Rédiger un texte court et de réaliser un schéma expliquant les mécanismes qui permettent le maintien à l'identique du nombre de chromosomes (information génétique) dans chaque cellule de l'organisme.*
>
> > *Pour répondre, vous vous appuierez sur les documents fournis*
> >
> > *En ce qui concerne le schéma, vous utiliserez une cellule théorique à 4 chromosomes, comme point de départ*
>
> *Rappel : le nombre de chromosome dans chacune des cellules est toujours de 46, quelle que soit la quantité d'ADN*

Le déroulement du travail est similaire dans les deux classes. Le travail de groupe débute dès que les documents sont distribués. L'enseignant demande l'attention de la classe au bout d'une dizaine de minutes de travail en groupe. Il propose alors aux élèves qui auraient du mal à démarrer l'activité de venir chercher une fiche d'aide. Les élèves peuvent choisir d'utiliser l'aide ou non. Ils peuvent utiliser l'une ou les deux fiches d'aide. La première est une aide à la rédaction du paragraphe, qui propose de suivre six étapes pour cette rédaction. La seconde est une aide à la réalisation du schéma, qui précise comment commencer et décrit ce qui doit apparaître sur le schéma final. Le travail en groupe reprend après cette brève interruption.

1.1.1.2 Séance 2 : mémoire immunitaire

La seconde séance porte sur la mémoire immunitaire. Cette séance intervient à la fin d'une séquence sur le système immunitaire. L'enseignant lit la situation problème et présente rapidement les ressources à disposition des élèves. Les consignes sont les suivantes :

> *A l'école, Sarah est absente car elle a la varicelle, une maladie très contagieuse déjà deux jours avant l'apparition des symptômes et jusqu'à cinq jours après. Dans les jours qui suivent Pauline et Chloé tombent malades, mais pas Noémie.*
>
> *En utilisant les 3 ressources, montrer que Noémie n'est pas malade grâce à un mécanisme de mémoire immunitaire.*

Les ressources sont :

- un extrait des carnets de santé des 3 filles
- les graphiques de suivi de la quantité d'anticorps en fonction du temps dans le sang des trois élèves
- une explication du mécanisme de mémoire immunitaire des leucocytes

Le déroulement du travail est similaire dans les deux classes et la structure est la même que lors de la séance centrée sur la division cellulaire. Le travail de groupe débute dès que les documents sont distribués. L'enseignant l'interrompt au bout d'une dizaine de minutes de travail pour proposer une fiche d'aide à la rédaction du paragraphe réponse. Cette aide découpe le travail à faire en cinq étapes. Le travail de groupe reprend ensuite.

1.1.2 Observation globale des placements et déplacements en Bus et Peigne

Les places ne sont pas imposées. Les élèves les ont choisies librement. Ils restent à la même place d'une séance sur l'autre. L'enseignant indique qu'il ne change les élèves de place qu'en cas de

problème de comportement. On observe une séparation genrée. Les élèves sont assis côte à côte par deux ou par trois. Ils ne sont pas autorisés à communiquer d'un rang à l'autre pendant ce type de travail.

L'enseignant effectue des va-et-vient en observant les élèves. Il s'arrête à la demande. Il observe parfois la classe depuis le tableau ou en se plaçant devant la travée centrale. Quand il s'adresse aux élèves, il discute parfois avec un seul élève du groupe, pendant que les autres continuent à écrire ou à discuter ou regardent leur feuilles. Bien que l'enseignant se penche vers les élèves, le contact oculaire est plutôt descendant. Les interactions verbales sont assez courtes. L'enseignant se place face à face, latéralement ou en arrière des groupes.

Figure 65. Placement face à face, latéral et en arrière - Bus (à gauche) et Peigne (au centre et à droite).

1.1.3 Le lieu d'énonciation en configurations Bus et Peigne

L'enseignant observé travaille habituellement dans la salle configurée en Bus.

Le placement de l'enseignant pendant qu'il s'adresse à la classe entière est spécifique. Que ce soit dans la salle en Bus ou dans la salle en peigne, l'observation en classe et le visionnage des vidéos tend à indiquer que ce placement ne change pas selon la classe à laquelle l'enseignant s'adresse, comme l'illustrent les figures 65 et 66.

Figure 66. Observation du lieu d'énonciation – Configuration Bus
Classe A (en haut) et classe B (en bas).

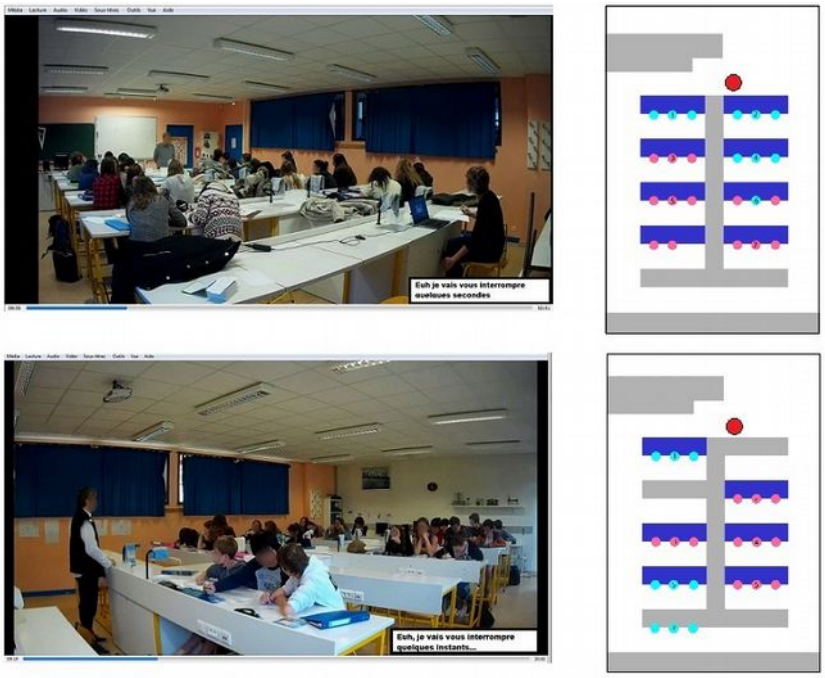


Figure 67. Observation du lieu d'énonciation – Configuration Peigne
Classe B (en haut) et classe A (en bas).

Le lieu d'énonciation est situé devant le premier rang. Il n'est pas en position centrale, mais décalé en direction de la porte de la salle. Il permet un accès direct au tableau, sans contournement d'obstacle.

1.2 Comparaison Bus – Hybride

1.2.1 Contenu des séances de SVT en Bus et en Hybride

1.2.1.1 Séance 1 : hygiène en cuisine

Cette séance porte sur les procédures d'hygiène en cuisine. La tâche complexe proposée aux élèves s'intitule « En quoi l'hygiène en cuisine permet-elle de limiter la contamination ? ». L'enseignante présente la situation suivante : Hector est absent ce matin. Il a été hospitalisé cette nuit pour ce qui semble être une intoxication alimentaire, il a été pris de forts vomissements et de diarrhée. La fiche de consignes fournie aux élèves est la suivante :

> *Problématique : Hector a t-il pu être contaminé en mangeant au collège ?*
>
> *Vous êtes l'équipe de scientifiques venue collecter des preuves afin de répondre à la problématique.*
>
> *Vous disposez pour cela de photos, de documents scientifiques, d'une expérience.*
>
> *I) Réalisez ci-dessous une carte mentale qui explique toutes les mesures mises en place au self de votre collège afin de limiter la contamination (la mise en contact avec un organisme pathogène) des élèves.*
>
> *II) Rédiger ci-dessous votre rapport d'expert :*
>
> - *Hector a-t-il été contaminé au self ?*
> - *Justifier votre réponse en appuyant votre argumentation à partir de vos documents, de votre carte mentale.*

Les élèves sont informés que les cartes mentales sont ramassées à l'issue de la séance.

1.2.1.2 Séance 2 : lavage des mains

Elle fait suite à la séance portant sur les procédures d'hygiène. L'enseignant reprend les résultats du travail précédent avec la classe dans une phase de mise en commun. Elle introduit l'objectif de la séance comme une suite logique du travail précédent, comme le montre cet extrait de la transcription :

> *depuis qu'Hector est malade la semaine dernière le nombre d'élèves absents ne cesse d'augmenter pour cause de gastro et donc la problématique la c'est comment arrêter cette épidémie au collège parce que dans une semaine si ça continue le collège est vidé vous allez avoir des documents et vous allez donc à partir de ces documents essayer de répondre aux questions*

La tâche finale de cette séquence est la réalisation d'une affiche pour promouvoir le lavage des mains en tant que mesure de prévention, et le choix d'emplacements stratégiques au sein du collège, où cette affiche serait la mieux placée pour sensibiliser les élèves. Les élèves disposent de documents et sont guidés par des questions. Ils doivent lister les différentes manières d'être contaminé, expliquer pourquoi les mains sont considérées comme des réservoirs à microbes, décrire les résultats d'une expérience retraçant les étapes d'une contamination et lister les endroits du collège qui sont plus fréquemment touchés par les mains des élèves, et contribuent à la propagation des microbes.

Le travail demandé dans cette séance est ce travail préparatoire à la réalisation de l'affiche.

1.2.2 Observations globales des placements et déplacements en Bus et en Hybride

Les places sont attribuées par l'enseignante qui a constitué des groupes hétérogènes sur des critères de genre et de performance. Les groupes sont plutôt mixtes. L'enseignante modifie la disposition des élèves au début du travail en groupes, en leur demandant de se retourner afin de travailler face à face, comme s'ils étaient disposés en Îlots. Elle circule ensuite assez systématiquement d'un groupe d'élèves à un autre. Elle s'assoit parfois avec les élèves, en prenant place à leur table, ou se met à leur hauteur. Elle se place en face à face, latéralement ou en arrière des groupes.

Le changement de salle nécessaire pour l'expérimentation a perturbé le placement habituel. Le regroupement effectif des élèves dans la salle en Bus diffère de leur regroupement habituel.

Figure 68. Trois captures d'écran illustrant les interactions enseignant2-groupe, placé en face à face, latéralement et en arrière. A gauche et au centre, configuration Hybride, à droite, configuration Bus.

1.2.3 Le lieu d'énonciation en configurations Bus et Hybride

L'enseignante observée travaille habituellement dans la salle en configuration Hybride.

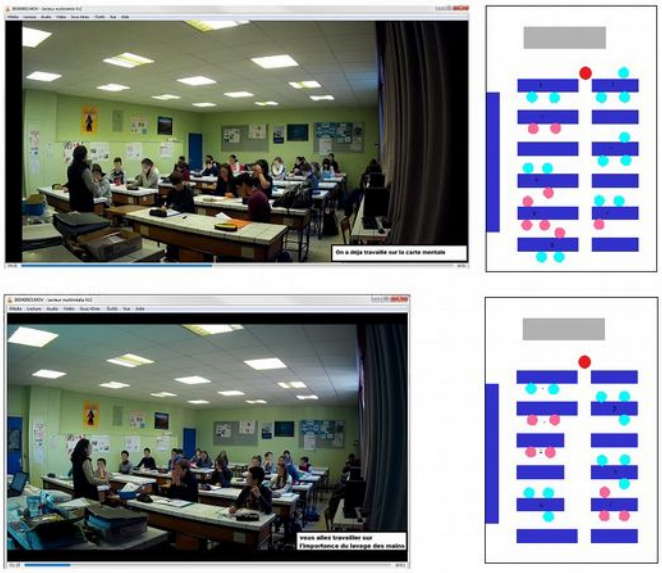


Figure 69. Observation du lieu d'énonciation – Configuration Bus
Classe C (en haut) et classe D (en bas).

En configuration Bus, que ce soit pour la classe C ou la classe D, le lieu d'énonciation se trouve entre les deux rangées de tables, à l'entrée de la travée centrale.

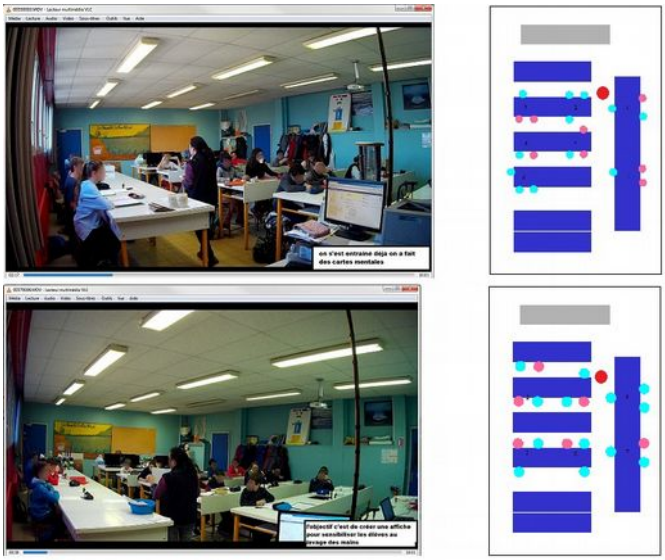


Figure 70. Observation du lieu d'énonciation – Configuration Hybride
Classe D (en haut) et classe C (en bas).

En configuration Hybride, le lieu d'énonciation se trouve dans la travée centrale, presque au niveau du deuxième rang.

1.3 Comparaison Bus-Îlots

1.3.1 Contenu des séances de SPC en Bus et en Îlots

Les deux séances sont consécutives et portent toutes deux sur l'électricité. La problématique qui figure sur les documents distribués aux élèves est :

Peut-on brancher, en toute sécurité, autant d'appareils qu'on veut en dérivation ? Expliquer.

1.3.1.1 Séance 1 : hypothèses

La première séance débute par une évaluation portant sur les séances précédentes. Cette évaluation est réalisée sur tablettes. Après ce temps d'évaluation, l'enseignante présente la problématique. Le travail se poursuit sur cette problématique pendant la fin de la première séance et l'intégralité de la séance suivante.

Pour la classe E, la présentation de la problématique dure environ cinq minutes, puis les élèves écrivent leurs hypothèses pendant cinq minutes. L'enseignante reprend la parole et fait une mise en commun pendant 13 minutes. La consigne « c'est parti, vous pouvez aller chercher le matériel » donne le départ d'une phase de travail de groupe. Au bout de dix minutes, l'enseignante interrompt le travail de groupe et fait venir une partie des élèves à la table 2 où elle fournit une explication collective pendant trois minutes. Le travail de groupe reprend. L'enseignante reprend la parole un quart d'heure avant la fin de séance pour inciter les élèves à anticiper la séance suivante en prévoyant le travail qui leur reste à faire et en le notant sur leur cahier de recherche.

Pour la classe F, la problématique a été présentée lors de la séance précédente. Le début du travail est consacré à un travail en groupe de huit minutes sur les hypothèses. La mise en commun dure ensuite vingt minutes. Le travail expérimental commence. L'enseignant regroupe tous les élèves à la table 1 au bout de cinq minutes. L'explication collective dure deux minutes. Le travail de groupe reprend six minutes, puis les élèves vont ranger le matériel, et l'enseignante clôture la séance par un questionnement collectif durant les cinq dernières minutes.

1.3.1.2 Séance 2 : expérimentation et préparation du compte rendu

Pour les deux classes, la deuxième séance commence par un bref rappel de ce qui a été fait la séance précédente, suivi d'un travail de groupe essentiellement expérimental qui occupe la majeure partie de la séance, avant une phase de mise en commun.

1.3.2 Observations globales des placements et déplacements en Bus et en Îlots

Une auxiliaire de vie scolaire (AVS) est présente pour un élève de la classe E. Elle est représentée sur les différentes figures par un carré gris.

Les groupes d'élèves sont constitués par l'enseignante, et leurs places sont attribuées. L'enseignante explique qu'elle a constitué les groupes de façon à conserver l'hétérogénéité. L'enseignante est souvent assise avec les groupes dans la salle en configuration Îlots. En configuration Bus, elle ne s'assied pas avec les élèves, sauf une fois, avec un groupe placé tout à fait en fond de salle.

Les élèves circulent librement dans la salle et ne restent pas assis durant toute la séance. Ils se déplacent et se placent spontanément en face à face pour travailler ensemble, sans que l'enseignante ne le demande explicitement. Ils se déplacent aussi pour solliciter des explications de la part de l'enseignante.

Figure 71. Quatre captures d'écran illustrant les interactions enseignant3-groupe.
En haut, configuration Bus - En bas, configuration Îlots.

Figure 72. Capture d'écran illustrant les déplacements des élèves. Configuration Îlots.

1.3.3 Le lieu d'énonciation en configuration Bus et Îlots

L'enseignante observée travaille habituellement dans la configuration en Îlots. L'observation des vidéos montre qu'en configuration Bus, l'enseignante s'adresse à la classe entière depuis une position intermédiaire entre son bureau et le premier rang, en restant sur le coté de la classe (Figure 72.). Cette position est proche de l'accès au tableau. Ce lieu d'énonciation est le même pour les classes E et F.

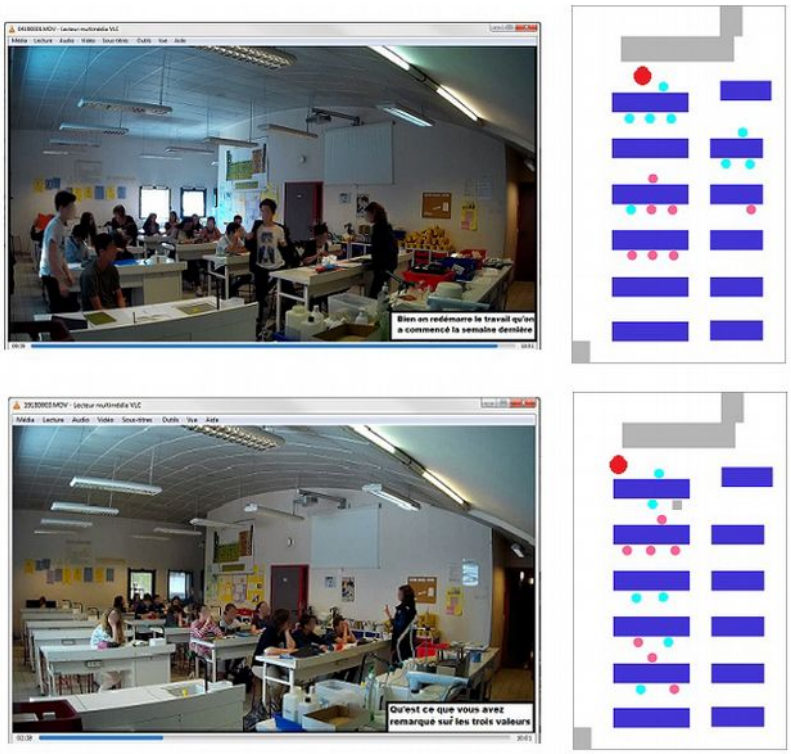


Figure 73. Observation du lieu d'énonciation – Configuration Bus
Classe F (en haut) et classe E (en bas).

La même observation fait apparaître que le lieu d'énonciation n'est pas fixe dans la configuration en Îlots. L'enseignante utilise différents lieux pour s'adresser à la classe entière.

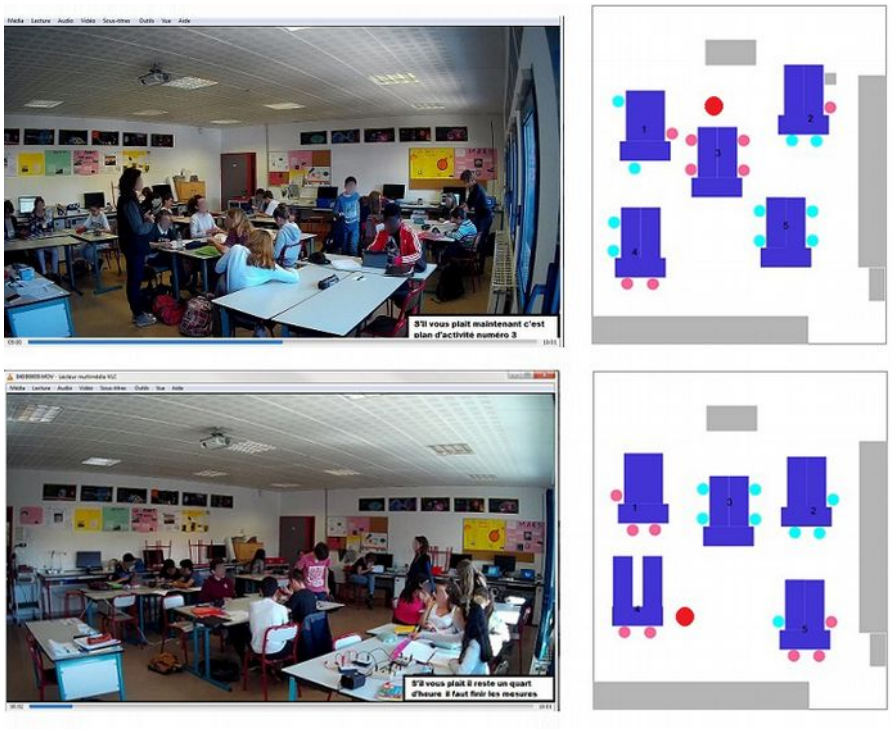


Figure 74. Observation du lieu d'énonciation – Configuration Îlots

Classe E (en haut) et classe F (en bas).

Il est à noter que la configuration Îlots est la seule à présenter clairement plusieurs lieux d'énonciations

1.4 Comparaison des lieux d'énonciation dans les 4 configurations

Les enregistrements et observations effectués commençant avant la phase de travail en groupe, il a été possible d'observer la situation du lieu d'énonciation dans les différentes configurations.

Quelques caractéristiques peuvent être retirées des observations, elles sont présentées dans le tableau 17.

Tableau17. Comparaison des lieux d'énonciation.

Bus (pour les 3 enseignants)	• plutôt centré par rapport aux élèves • permettant un accès direct au tableau (ligne droite) • permettant de voir tous les élèves sans se déplacer ni tourner la tête
Hybride (enseignante 2)	• avancé dans la travée centrale • permettant un accès indirect (contournement du bureau), mais assez rapide au tableau • permettant de voir tous les élèves , mais en tournant la tête

Peigne (enseignant1)	• plutôt centré par rapport aux élèves • permettant un accès direct au tableau (ligne droite) • permettant de voir tous les élèves sans se déplacer ni tourner la tête
Îlot (enseignante 3)	• différents lieux d'énonciation • permettant un accès direct ou au tableau (ligne droite plus ou moins longue) • permettant de voir tous les élèves sans se déplacer ni tourner la tête

Les points communs sont l'accès au tableau et le contact visuel avec tous les élèves. L'accès au tableau est parfois contraint par l'obstacle que constitue le bureau de l'enseignant et semble constituer un déterminant important du choix du lieu d'énonciation. La possibilité d'un trajet direct semblerait être un possible critère de placement, à la lumière de ces observations.

Certaines contraintes d'accessibilité, comme l'accès direct au tableau, sembleraient donc déjà modifier le placement de l'enseignant en amont du travail en groupe. Le chapitre 2, consacré à la première question de recherche, présente différents résultats concernant les modifications induites par l'accessibilité potentielle sur les placements et déplacements de l'enseignant pendant le travail en groupe.

Chapitre 2. Contraintes d'accessibilité et modification des déplacements

Dans ce chapitre j'examine si et comment les contraintes d'accessibilité de l'espace physique de travail, modifient les distances effectives entre l'enseignant et les groupes d'élèves, et modifient les déplacements de l'enseignant, afin d'apporter des éléments de réponse empiriques à la première question de recherche. Ce chapitre comporte deux volets :

- Le premier volet repose sur l'analyse des valeurs moyennes d'accessibilité potentielle globale liées à chaque contexte et les mesures moyennes de proximité effective de l'enseignant. Il étudie les relations entre ces moyennes. Les résultats vont dans le sens de l'existence d'une corrélation entre l'accessibilité potentielle calculée et la proximité réelle mesurée.
- Le deuxième volet complète l'analyse en valeurs moyennes en décrivant précisément la proximité instantanée effective de l'enseignant dans chaque contexte. Il s'attache à observer et comparer les cartographies des déplacements des enseignants pour chaque configuration afin de préciser comment les contraintes d'accessibilité modifient les placements et déplacements. Il recherche les particularités attachées aux configurations et met en évidence en particulier certaines contraintes de passabilité entre les rangs, tendant à empêcher certains déplacements et interactions.

2.1 Accessibilité potentielle et proximité effective

J'examine dans ce qui suit les relations entre les valeurs moyennes d'accessibilité potentielle globale liées à chaque contexte et les mesures moyennes de proximité effective de l'enseignant.

Les résultats qui suivent se rapportent à la première hypothèse de cette étude, pour mémoire :

- la distance effective de l'enseignant vis-à-vis des groupes d'élèves pourrait être différente en fonction de l'accessibilité potentielle inhérente à chaque espace de travail.

2.1.1 Contexte et accessibilité potentielle

Je présente ici les résultats de la détermination de l'accessibilité potentielle de chaque espace de travail. Étant donné que l'accessibilité potentielle représente à la fois les caractéristiques physiques

de la salle et la disposition des élèves, les valeurs d'accessibilité potentielle pour une même salle utilisée par deux classes différentes avec le même enseignant devrait être assez semblables, les différences n'étant liées qu'au taux d'occupation effective de la salle et à la disposition des élèves.

Le tableau suivant regroupe les valeurs calculées d'accessibilité potentielle établies en se fondant sur le concept d'accessibilité de Vickerman (1974) et des calculs de chemins minimas effectués à partir des plans de classe (géométrie de classe et disposition des élèves), tels que présentés au chapitre 2 de la partie méthodologie. Dans ce tableau, la valeur *M* représente la valeur moyenne d'accessibilité potentielle $\overline{AGG}$ pour la configuration spécifiée, exprimée en mètres. Le nombre *n* correspond au nombre de nœuds utilisé pour le calcul de l'accessibilité potentielle moyenne, autrement dit au nombre de tables effectivement occupées par des groupes d'élèves lors de la séance.

Tableau18. Accessibilité potentielle pour les configurations Bus, Peigne, Hybride, et Îlots.

		n	*M*	*95%CI*	*SD*			*n*	*M*	*95%CI*	*SD*	*t*	*p*
A	Bus1	8	4.2	[3.5;4.8]	0.7	B	Peigne1	8	7.2	[5.2;9.1]	2.3		
B	Bus2	8	4.6	[4.0;5.2]	0.7	A	Peigne2	7	8	[5.8;10.3]	2.4		
	Bus12	**16**	**4.4**	**[4.0;4.8]**	**0.7**		**Peigne**	**15**	**7.6**	**[6.3;8.8]**	**2.3**	**-5.08**	**0.0001**
D	Bus3	8	4.3	[3.3;5.3]	1.2	C	Hybrid1	7	5.2	[3.2;7.1]	2.1		
C	Bus4	7	3.7	[2.6;4.8]	1.1	D	Hybrid2	7	5.1	[3.6;6.6]	1.6		
	Bus34	**15**	**4.0**	**[3.4;4.7]**	**1.2**		**Hybride**	**14**	**5.1**	**[4.1;6.2]**	**1.8**	**-1.94**	**0.06**
F	Bus5	5	4.1	[3.3;4.9]	0.6	E	Ilots1	5	3.2	[2.1;4.1]	0.8		
E	Bus6	5	4.3	[3.2;5.4]	0.9	F	Ilots2	5	3.1	[2.3;3.8]	0.6		
	Bus56	**10**	**4.0**	**[3.4;4.7]**	**1.2**		**Îlots**	**10**	**3.1**	**[2.6;3.6]**	**0.7**	**3.54**	**0.002**
	Bus	**41**	**4.2**	**[3.9;4.5]**	**0.9**								

Les résultats sont examinés dans ce qui suit.

2.1.1.1 Accessibilité potentielle des configurations Bus

Un traitement spécifique a d'abord été effectué pour les configurations Bus pour laquelle six enregistrements ont eu lieu. On dispose donc de six valeurs d'accessibilité potentielle pour cette configuration au lieu de deux seulement pour les configurations Îlot, Hybride et Peigne. Les surfaces des configurations en Bus observées sont du même ordre de grandeur, de 69 à 76 m2, et comportent 30 places.

Cette première comparaison a pour but d'examiner si les six configurations Bus correspondent effectivement à une valeur spécifique d'accessibilité potentielle.

La valeur moyenne d'accessibilité potentielle obtenue à partir des 41 groupes placés en configuration Bus est $\overline{AGG}$ = 4,2 m, IC95 [3,9; 4,5]. La valeur du demi intervalle de confiance sur ces mesures est d'environ trente centimètres. Elle reste inférieure à la résolution de 40 cm du

maillage choisi pour la cartographie. On peut donc considérer cette valeur typique de 4,2 m comme représentative de l'accessibilité potentielle pour les configurations Bus de cette étude.

2.1.1.2 Comparaison de l'accessibilité potentielle des différentes configurations

La comparaison des valeurs d'accessibilité potentielle pour les différentes configurations montre que chaque configuration est caractérisée par une accessibilité potentielle différente, et que ces différences sont significatives. Comme le montre le tableau 3, les accessibilités potentielles pour les configurations Îlots, Bus, Hybride et Peigne diminuent quand on passe de la configuration en Peigne à la configuration en Îlots. Sans surprise, les valeurs extrêmes sont observées pour les Îlots et pour les Peignes. La valeur la plus basse est celle de la configuration Îlots, qui présente une grande facilité de circulation entre les tables. La valeur la plus haute correspond au Peigne, qui a une mauvaise accessibilité du fait de l'absence de travée centrale entravant la circulation. Comme attendu, la valeur d'accessibilité pour la configuration Hybride est intermédiaire entre celles des configurations Bus et Peigne.

Les configurations peuvent donc être classées et comparées selon leur valeur moyenne d'accessibilité potentielle. Il apparaît que plus la valeur de $\overline{AGG}$ est faible, plus l'accessibilité est grande.

La figure 74 illustre la répartition des valeurs d'accessibilité potentielle calculées dans chaque contexte.

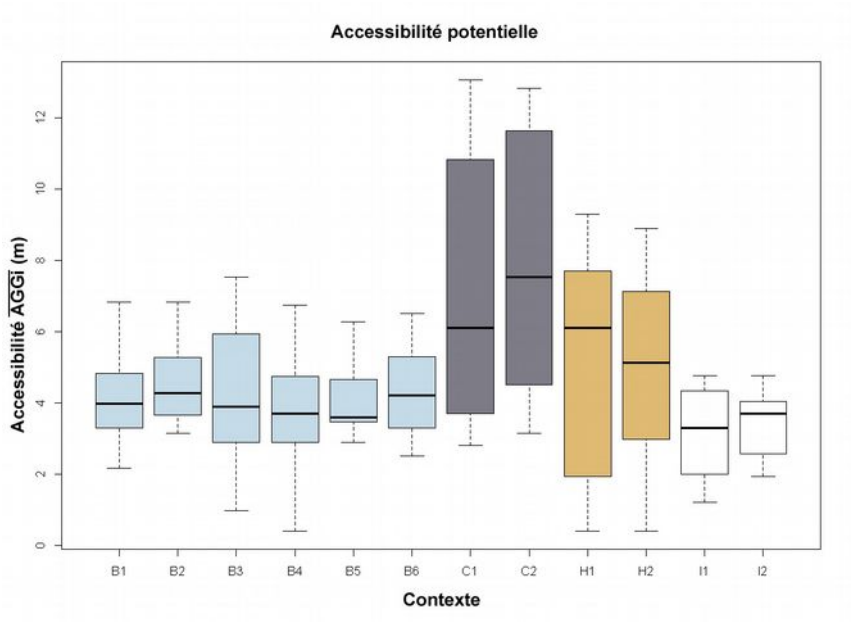


Figure 75. Répartition des valeurs calculées d'accessibilité potentielle pour chaque contexte Bus B1 à B6 - Peigne C1 et C2 - Hybride H1 et H2 - Îlots I1 et 12.

2.1.2 Contexte et proximité réelle

Les résultats qui suivent rapportent les mesures de proximité réelle de l'enseignant. Il s'agit ci d'examiner si la distance effective de l'enseignant vis-à-vis des groupes d'élèves est différente selon l'accessibilité potentielle inhérente à chaque espace de travail, afin de valider ou d'invalider la première hypothèse.

2.1.2.1 Mesures de proximité réelle

Le tableau suivant présente une synthèse des mesures de proximité réelle de l'enseignant établie à partir des relevés de position de l'enseignant et des mesures des distances topologiques moyennes entre l'enseignant et chaque groupe d'élèves.

Dans ce tableau, la valeur *M* représente la valeur moyenne de proximité effective $\overline{dPG}$ pour la configuration spécifiée, exprimée en mètres. Le nombre *n* correspond au nombre de mesures, autrement dit au nombre de groupes d'élèves présents pris en compte pour le calcul de la moyenne *M*.

Tableau19. Proximité effective de l'enseignant dans les configurations Bus, Peigne, Hybride et Îlots.

Ens.	Classe.		*n*	*M*	*95%CI*	*SD*			*n*	*M*	*95%CI*	*SD*	*t*	*p*
	A	Bus1	8	3.4	[2.8;4.0]	0.7	B	Peigne1	8	5.7	[4.3;7.1]	1.6		
	B	Bus2	8	3.4	[3.1;3.8]	0.4	A	Peigne2	7	6.6	[5.6;7.7]	1.2		
P1		**Bus12**	**16**	**3.4**	**[3.1;3.7]**	**0.6**		**Peigne**	**15**	**6.1**	**[5.3;7.0]**	**1.5**	**-6.71**	**<0.0001**
	D	Bus3	8	4.1	[3.6;4.7]	0.7	C	Hybride1	7	4.6	[4.0;5.3]	0.7		
	C	Bus4	7	3.3	[2.5;4.1]	0.9	D	Hybride2	7	4.4	[3.0;5.7]	1.4		
P2		**Bus34**	**15**	**3.7**	**[3.3;4.2]**	**0.9**		**Hybride**	**14**	**4.5**	**[3.9;5.1]**	**1.1**	**-2.06**	**0.05**
	F	Bus5	5	3.3	[2.3;4.2]	0.8	E	Ilots1	5	2.5	[1.3;3.7]	1.0		
	E	Bus6	5	3.6	[3.3;4.0]	0.3	F	Ilots2	5	3.2	[2.5;4.0]	0.6		
P3		**Bus56**	**10**	**3.4**	**[3.0;3.9]**	**0.6**		**Îlots**	**10**	**2.9**	**[2.3;3.5]**	**0.9**	**1.77**	**0.09**
		Bus	**41**	**3.5**	**[3.2;3.7]**	**0.8**								

2.1.2.2 Proximité réelle dans les configurations Bus

Comme précédemment, un traitement spécifique est effectué pour le Bus pour examiner si les six configurations correspondent à une même plage de valeurs de proximité réelle de l'enseignant aux différents groupes.

La valeur moyenne des 41 mesures de proximité réelle pour les six configurations Bus est $\overline{dPG}$ = 3,5 m, IC95 [3.7; 3.2]. Cette valeur typique de 3,5 m semble représentative de la proximité moyenne réelle de l'enseignant à chaque groupe pour les six configurations Bus étudiées.

2.1.2.3 Comparaison des proximités réelles moyennes d'un même enseignant placé dans deux contextes différents

La comparaison des valeurs de proximité réelle de l'enseignant aux groupes pour un même enseignant placé dans deux configurations figure dans le tableau 19. Le test t de Student indique des différences significatives concernant la proximité réelle quand on compare les configurations Bus12 et Peigne, et quand on compare les configurations B34 et Hybride. La différence tend aussi à être significative pour la comparaison Bus56 et Îlots, la valeur de *p* restant inférieure à 10 %.

Ces résultats tendent à confirmer que l'enseignant ne se déplace pas de la même façon lorsque son espace de travail change. Les valeurs de proximité réelle de l'enseignant aux groupes dans la configuration Peigne (dont l'accessibilité est faible) sont plus élevées que dans la configuration Bus. (MPeigne - MBus = 2,7 m). L'écart observé correspond à presque deux fois l'écart type calculé pour la configuration Peigne (tableau 19). Ces résultats suggèrent qu'une mauvaise accessibilité potentielle pourrait allonger la distance topologique donc augmenter la valeur de proximité réelle entre l'enseignant et les groupes d'élèves, ce qui va ainsi dans le sens de l'hypothèse 1.

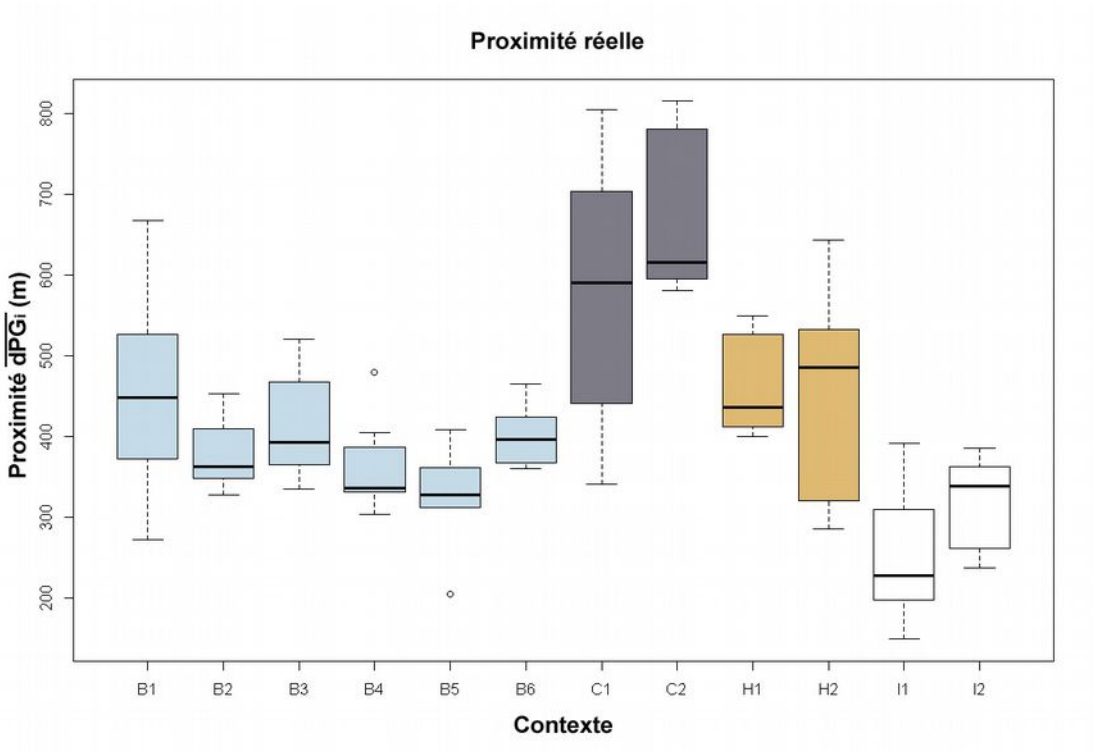


Figure 76. Répartition des mesures de proximité réelle de l'enseignant pour chaque contexte Bus B1 à B6 - Peigne C1 et C2 - Hybride H1 et H2 - Îlots I1 et 12.

2.1.3 Corrélation probable entre l'accessibilité potentielle et la proximité réelle

Je présente ici les résultats permettant de vérifier si la distance effective de l'enseignant à certains groupe d'élèves est plus grande lorsque l'accessibilité à ce groupe d'élèves est plus faible, afin de valider ou non la deuxième hypothèse de la première question de recherche.

Les résultats montrent que les proximités réelles entre l'enseignant et les groupes et les accessibilités potentielles augmentent à partir de de la configuration en Îlots et sont maximales pour la configuration en Peigne. Une corrélation moyenne mais très significative existe entre les 47 valeurs moyennes de proximité enseignant-groupes les valeurs d'accessibilité potentielle ($t = 4.3678$, $p < 0.0001$, $r = 0.545$).

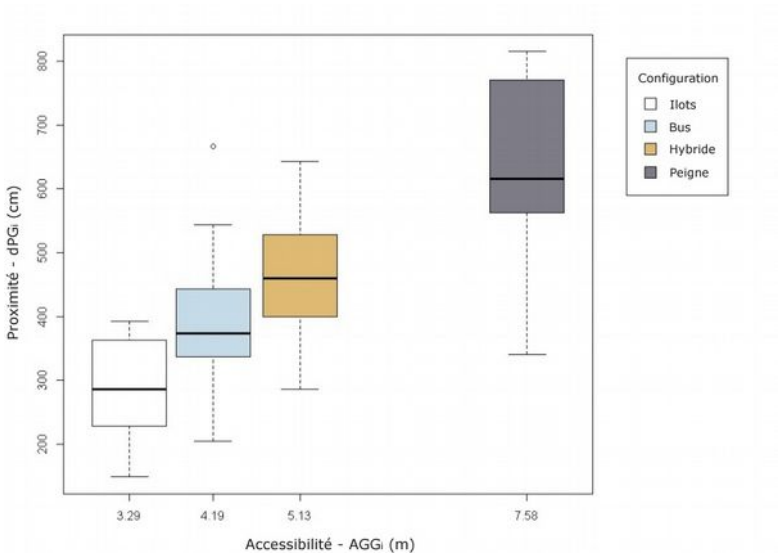


Figure 77. Corrélation entre les valeurs de proximité réelle (axe vertical) et les valeurs d'accessibilité potentielle (axe horizontal).

Les boites à moustaches sont reportées sur l'axe horizontal de manière à respecter l'échelle.

2.2 Cartographie des déplacements

La première partie de ce chapitre à montré que les contraintes d'accessibilité tendent à modifier effectivement la proximité réelle des enseignants participant à cette étude vis-à-vis des groupes d'élèves. Je présente dans ce qui suit une analyse de la cartographie des déplacements visant à préciser en quoi les placements et déplacements de l'enseignant sont différents selon la configuration, et selon l'accessibilité, afin d'approfondir les réponses à la première question de recherche. Il s'agit plus particulièrement de rechercher les particularités de chaque configuration

susceptibles d'empêcher certains placements ou déplacements des enseignants. Dans ce qui suit j'examine les points communs et les différences dans la cartographie des placements et déplacements, en m'intéressant en particulier aux points d'interactions choisis par l'enseignant, en recherchant les différences qualitatives dans la nature du placement. Je cherche ici, en vérifiant si les règles adoptées dans la méthodologie au chapitre 2 p. 107 correspondent ou non aux placements réels, à inférer de possibles actions empêchées. Je m'intéresse d'abord aux six configurations Bus de référence, puis successivement aux configurations de comparaison Peigne, Hybride et Îlots.

2.2.1 Configuration Bus

Les résultats présentés au paragraphe 1 de ce chapitre ont montré que les configurations en Bus se ressemblent par leur accessibilité et que l'ordre de grandeur d'accessibilité qui leur est associée est 4,1m (IC95 [3.9;4.5]), en prenant en compte l'accessibilité de 41 groupes d'élèves. J'examine dans ce qui suit les cartographies spécifiques à ces configurations. Le lecteur trouvera les cartographies agrandies en annexe 9.

2.2.1.1 Densités et positions point par point Bus 1 et 2

Les déplacements de l'enseignant se font principalement le long de la travée centrale. L'enseignant se tient plus près des groupes 1 et 6 de la classe A, plus près du groupe 1 de la classe B. La répartition différente des élèves dans la classe lors de la première séance se traduit par une répartition différente de la présence de l'enseignant, plus souvent proche du bureau dans la classe A.

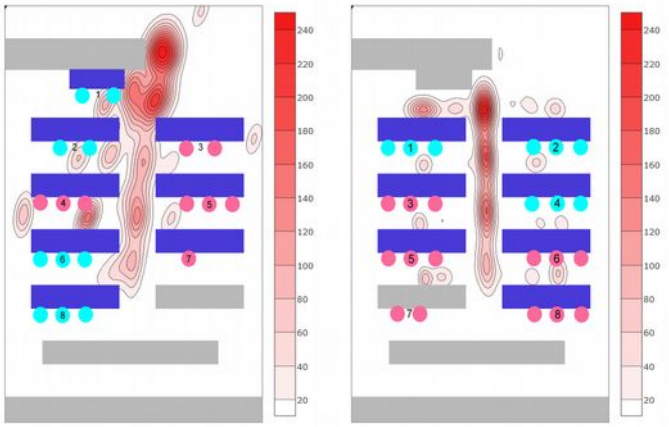


Figure 78. Cartographie des déplacements – Bus1, classe A à gauche – Bus2, classe B à droite
Les zones foncées correspondent aux points de mesure les plus nombreux.

Dans les deux contextes on observe que la présence de l'enseignant est plus grande dans la partie « avant » de la salle, du coté du tableau. La carte présente une dissymétrie avant-arrière, les densités sont de plus en plus fortes quand on se rapproche du bureau et du tableau.

Quand on observe la trace des déplacement points par points, on constate que l'enseignant utilise assez peu les travées latérales dans ses déplacements. Il lui arrive de passer entre deux rangs. Dans ce cas, l'observation des vidéos montre qu'il revient en général sur ses pas et retourne à la travée centrale. C'est ce qu'il fait systématiquement le 26 mai. L'observation des vidéos montre également que lorsqu'il est entre deux rangs, il est en général tourné vers les élèves du rang suivant, par exemple s'il est placé entre les groupes 4 et 6 le 27 novembre, il s'adresse alors aux élèves du groupe 6.

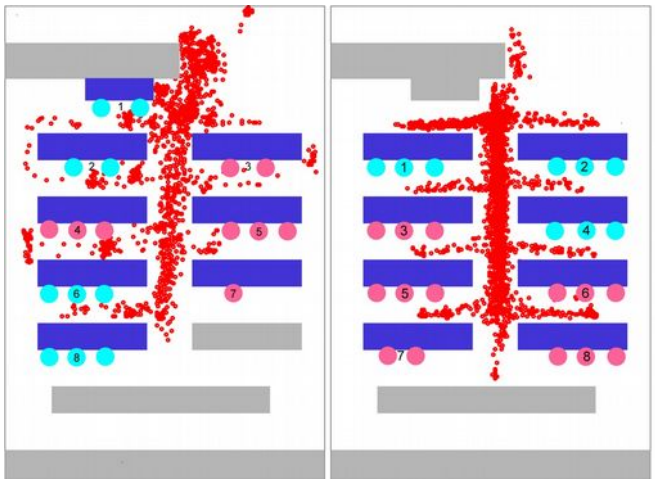


Figure 79. Positions points par points - Bus 1 et 2.

2.2.1.2 Densités et positions point par point Bus 3 et 4

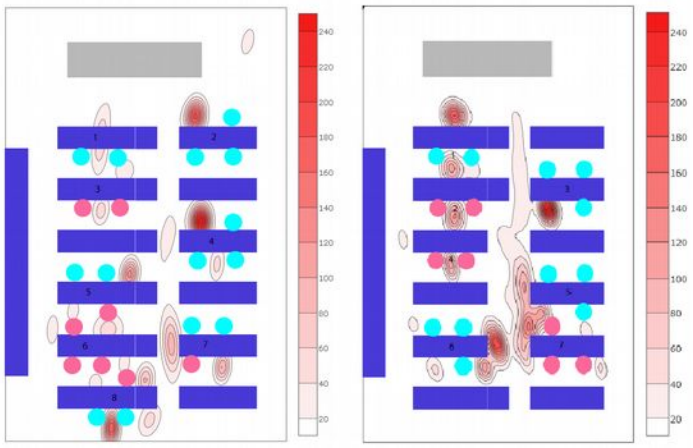


Figure 80. Cartographie des déplacements – Bus3, classe C à gauche – Bus4, classe D à droite.

Dans cette salle, les paillasses des élèves sont équipées de rabats. Lors de l'enregistrement Bus3, tous ces rabats étaient levés. Deux d'entre eux étaient abaissés lors de l'enregistrement Bus4, ce qui modifie les dimensions des paillasses. L'occupation de l'allée centrale est plus marquée pour la configuration Bus4. La cartographie fait ressortir les stationnements plus prolongés de l'enseignante 2 avec les groupes d'élèves. Elle stationne en particulier avec les groupes 2, 4, 8 de la classe C et 1, 3, 6 de la classe D.

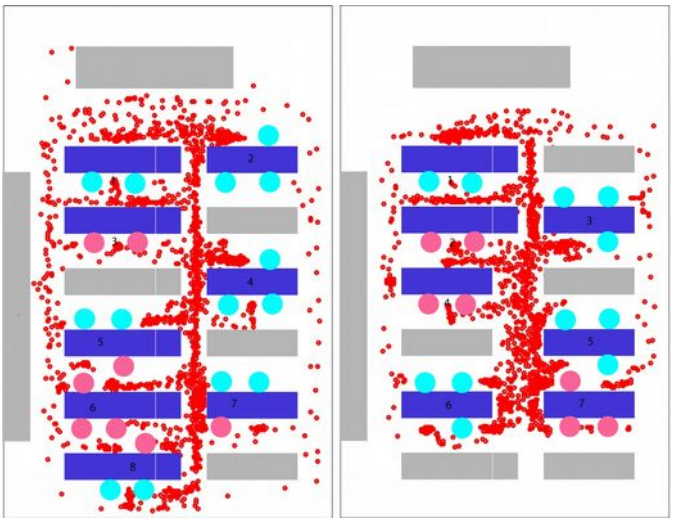


Figure 81. Positions points par points – Bus 3 et 4.

L'observation des déplacements points par points sur la figure 80 précédente semble indiquer que l'enseignante utilise davantage les travées latérales quand le passage central est plus étroit, donc d'accès plus difficile. Elle circule alors plus facilement du coté de la longue table latérale.

2.2.1.3 Densités et positions point par point Bus 5 et 6

Le 07 avril, l'enseignante 3 partage son temps de manière dissymétrique avec les différents groupes. L'observation des vidéos montre des déplacements « en étoile », centrés sur un groupe avec lequel elle revient plus fréquemment et longtemps. Le 14 avril, la répartition est plus équilibrée.

Le 07 avril, ses déplacements passent surtout par la travée centrale. Le 14, il y a aussi des déplacements dans la travée latérale. L'observation de la vidéo montre que ces déplacements correspondent en partie à une distribution de matériel, placé sur une desserte mobile au centre de la salle, dans cette travée latérale.

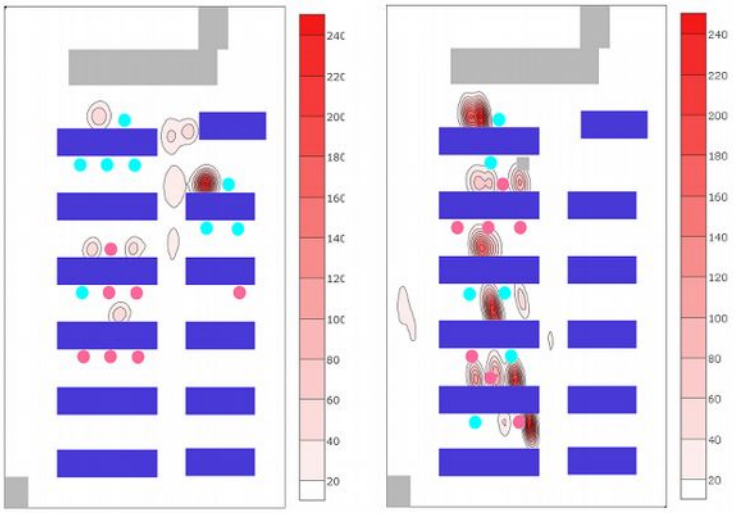


Figure 82. Cartographie des déplacements – Bus5, classe E à gauche – Bus6, classe F à droite.

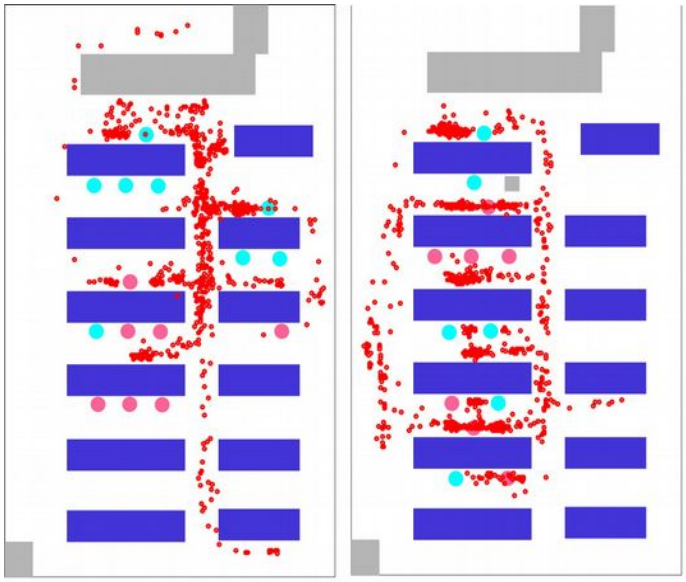


Figure 83. Positions points par points - Bus 5 et 6.

2.2.1.4 Points d'interactions effectifs en configuration Bus

La cartographie a fait apparaître des zones de densité de présence élevée. L'emplacement de ces zones apporte un éclairage sur les points choisis par l'enseignant pour interagir avec les élèves.

Sur la figure 83 les carrés représentent les points d'interactions les plus nets qu'on peut identifier d'après les cartographies. Cette représentation est ma lecture des cartographies, elle comporte nécessairement une part d'interprétation, mais elle en permet une première synthèse.

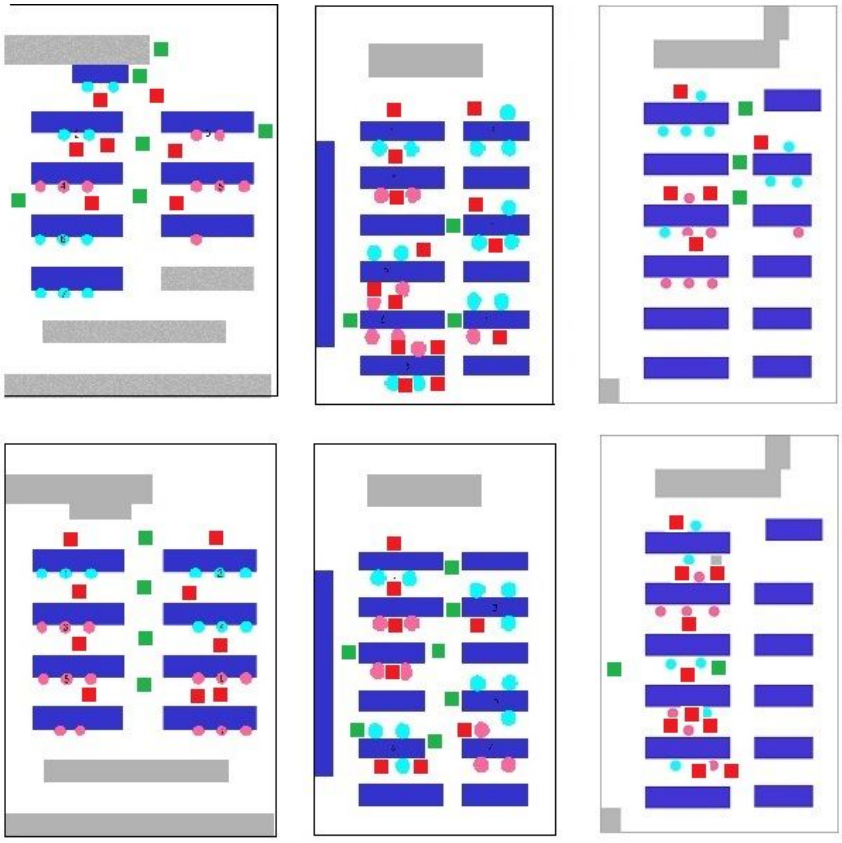


Figure 84. Points d'interaction effectifs des enseignants dans les configurations en Bus
Placement de face en rouge, latéral en vert.

Pour les configurations Bus, dans 54 cas (carrés rouges), l'enseignant semble plutôt face aux élèves, dans 25 cas (carrés verts), il est plutôt placé de coté par rapport aux groupes. Au final, il apparaît que les enseignants enregistrés se placeraient donc le plus souvent face aux élèves pour interagir avec eux en configuration Bus.

2.2.2 Configuration Peigne

L'accessibilité potentielle moyenne pour les 14 groupes d'élèves placés en configuration Peigne est 7,6m (IC95 = [6.3;8.8]). J'examine dans ce qui suit les spécificités révélées par les cartographies pour cette configuration.

2.2.2.1 Densités et positions points par points en configuration Peigne

La carte des densités montre que l'enseignant effectue des va et vient dans les travées latérales. Il effectue un parcours en U pour la classe B, et plutôt circulaire pour la classe A. Il interagit très peu

avec certains groupes, par exemple le groupe 5 de la classe B ou le groupe 2 de la classe A. Il interagit souvent avec les groupes 1 et 4 de la classe B, et les groupes 5 et 7 de la classe A.

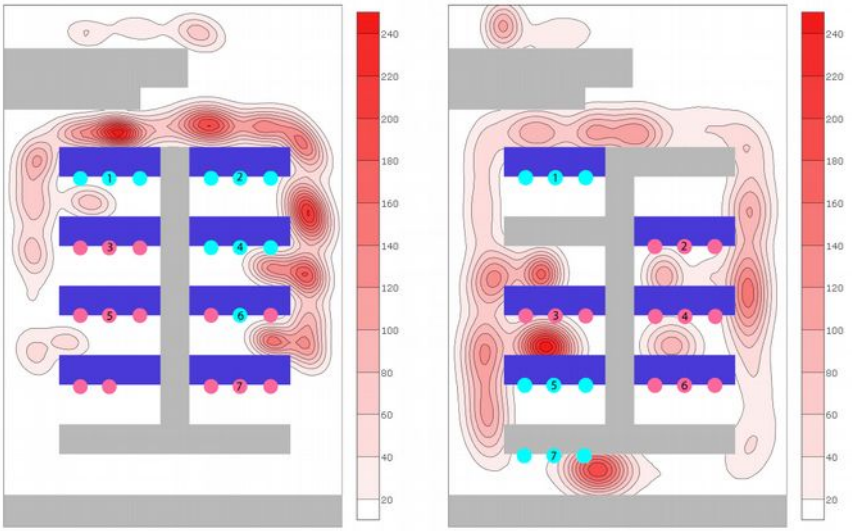


Figure 85. Cartographie des déplacements – Peigne1, classe B à gauche – Peigne2, classe A à droite.

L'observation point par points montre que l'enseignant passe assez peu entre les rangs des groupes 5 et 7 dans la configuration Peigne2. L'observation vidéo confirme qu'il s'adresse souvent au groupe 7 en étant placé derrière les élèves.

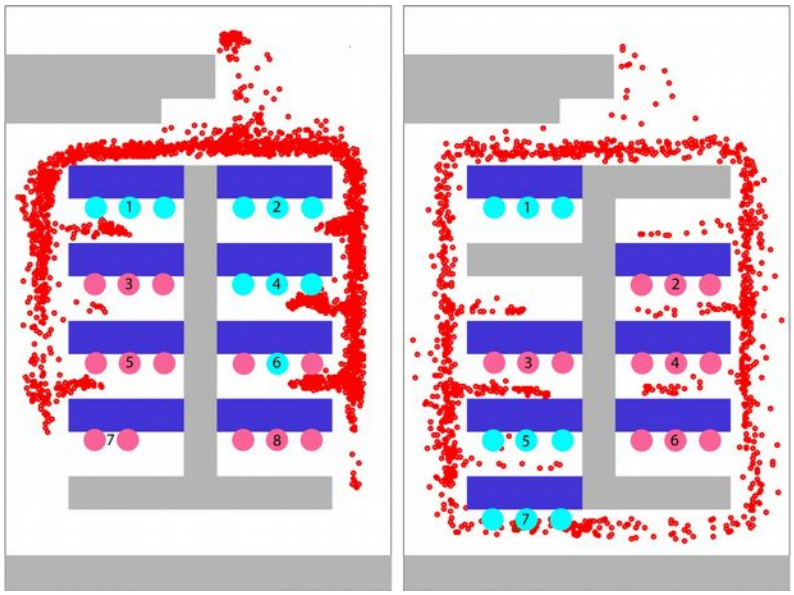


Figure 86. Positions points par points – Peigne1 et Peigne2.

2.2.2.2 Points d'interactions effectifs en configuration Peigne

L'observation de la cartographie suggère que l'enseignant choisit douze fois un placement plutôt latéral dans les interactions avec les élèves, dix fois un placement en face à face, et une fois un placement derrière les élèves. Les contraintes d'accessibilité de la configuration Peigne conduiraient donc plus fréquemment au choix d'un placement latéral pour interagir avec les groupes.

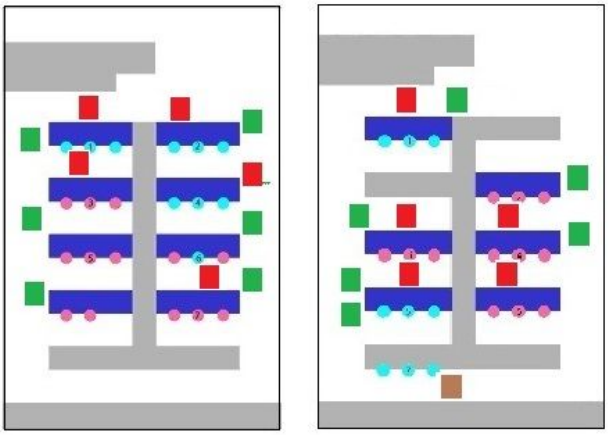


Figure 87. Points d'interactions effectifs des enseignants dans les configurations en Peigne
Placement de face en rouge, latéral en vert.

2.2.3 Configuration Hybride

La configuration Hybride est caractérisée par une accessibilité potentielle de 5,1m (IC95 = [4.1;6.2]). La cartographie des déplacements en configuration Hybride est analysée dans ce qui suit.

2.2.3.1 Densités et positions points par points en configuration Hybride

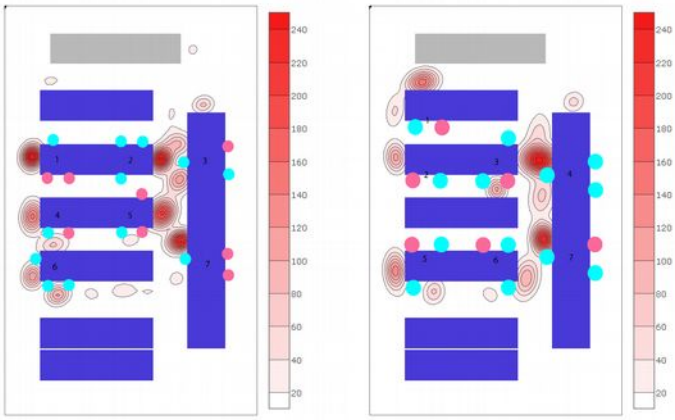


Figure 88. Cartographie des déplacements
Hybride1, classe D à gauche – Hybride2, classe C à droite.

Dans cette configuration, l'enseignante ne stationne pas entre les tables, elle se place au bout des paillasses dans l'allée coté mur, ou dans la travée centrale. Elle ne circule pas derrière la longue table latérale. Elle stationne de façon assez répartie avec tous les groupes de la classe D. Pour les groupes 4 et 5 de cette classe, elle se place à deux endroits différents, sur le coté de la paillasse et derrière les élèves. Pour la classe D, elle stationne plus longtemps près des groupes 3, 4, et 7.
La travée centrale lui permet d'interagir avec un minimum de déplacements avec 4 groupes (2, 3, 5, 7 pour la classe C et 3, 4, 6, 7 pour la classe D).

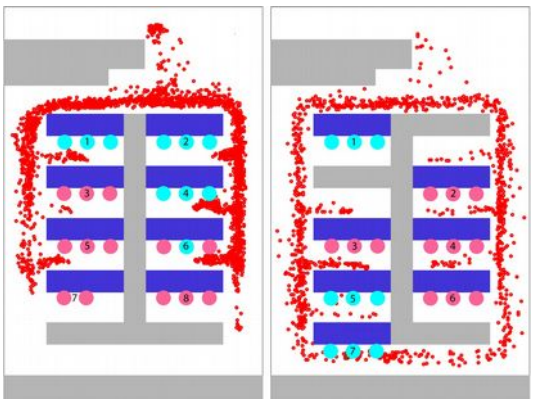


Figure 89. Positions points par points– Hybride 1 et 2.

L'observation points par points montre que l'enseignante pénètre rarement entre deux tables. L'observation vidéo montre qu'elle le fait à la demande des élèves. Par exemple, le 16 décembre, suite à l'appel d'un groupe d'élèves, elle passe entre l'avant dernière et la dernière table pour attraper un insecte échappé de l'élevage et va ensuite le déposer sur les paillasses inoccupées de fond de salle.

2.2.3.2 Points d'interactions effectifs en configuration Hybride

Dans la configuration Hybride, l'enseignant se place majoritairement en position latérale pour interagir avec les groupes d'élèves.

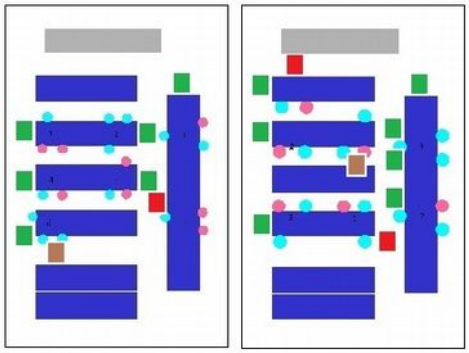


Figure 90. Points d'interactions effectifs des enseignants dans les configurations Hybride

Il apparaît treize fois placé latéralement au groupe, seulement trois fois en face à face, et deux fois il est placé derrière les élèves.

2.2.4 Configuration Îlot

La valeur d'accessibilité potentielle pour cette configuration, établie à partir des positions de 10 groupes d'élèves est 3,1m (IC95 = [2.6;3.6]). Je décris ici les caractéristiques de la cartographie des déplacements en Îlots.

2.2.4.1 Densités et positions points par points en configuration Îlots

L'observation des densités montre que l'enseignante partage son temps de manière relativement inégale entre les groupes d'élèves. Elle s'attarde en particulier davantage avec le groupe 3 de la classe E, et avec le groupe 2 de la classe F. Elle passe en revanche peu de temps avec le groupe 4 de la classe E, et avec le groupe 1 de la classe F. Le lieu d'interaction avec le groupe semble stable pour les tables 1 et 4. Il diffère entre les deux séances pour les tables 2, 3 et 5. Pour la table 5, trois lieux d'interaction sont utilisés.

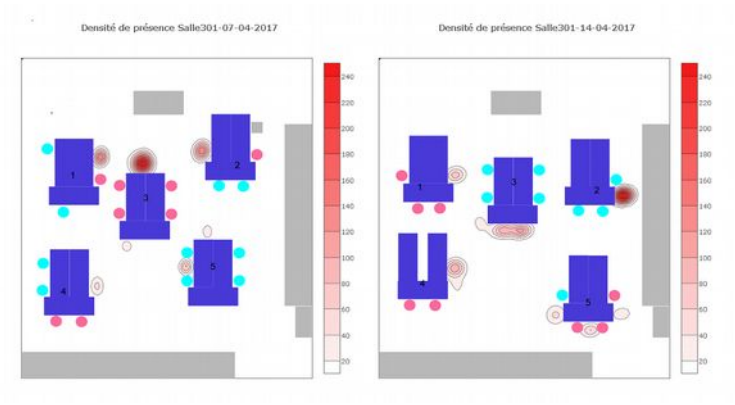


Figure 91: Cartographie des déplacements – Îlots 1, classe E à gauche – Îlots 2, classe F à droite.

L'observation points par points semble indiquer une présence globalement plus importante à proximité de la table centrale lors de deux séances. La table centrale a été rapprochée du bureau lors de la séance du 14 avril, et on observe un décalage des points vers le fond de salle, en bas de l'image, qui traduit une présence plus forte de l'enseignante auprès des groupes 4 et 5 lors de cette séance.

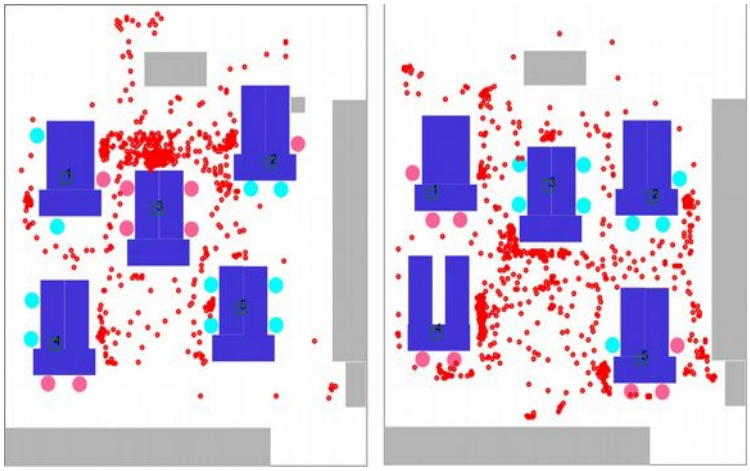


Figure 92: Positions points par points – Îlots 1 et 2.

2.2.4.2 Points d'interactions effectifs en position Îlots

Dans la configuration Îlots, l'enseignant se place sept fois de manière à faire face à tous les élèves du groupe (points rouges). Il se trouve six fois à coté d'un ou deux élèves et faisant face aux deux autres (points verts). Ceci suggère que le choix du point d'interaction pourrait être guidé par le fait de toujours faire face, au moins, à deux élèves du groupe.

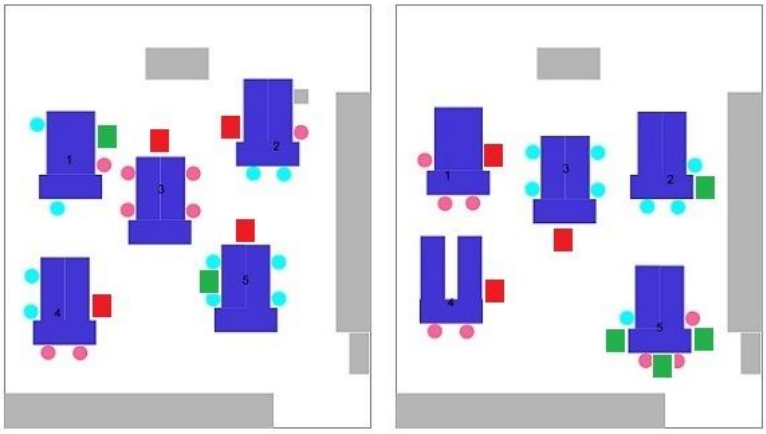


Figure 93. Points d'interaction effectifs des enseignants dans les configurations en Îlots Placement de face en rouge, latéral en vert.

2.2.5 Parcours, contraintes de passabilité, placements et déplacements empêchés.

L'observation de la cartographie des déplacements de l'enseignant fait apparaître des différences dans les parcours des enseignants selon la configuration. A partir de schémas établis à partir de la lecture des différentes cartes de densité et des positions point par point, il est possible de dégager

des particularités propres à chaque configuration. En interrogeant ces schémas et en les confrontant aux contraintes de passabilité établies par les mesures de largeurs de rangs ou de travées, je tente dans ce qui suit, d'inférer certains déplacements empêchés.

2.2.5.1 Types de parcours

L'observation des types de parcours est illustré par la figure 93. Elle fait ressortir les points suivants :

- En configuration Îlots, les déplacements ne définissent pas un parcours continu, le parcours est peu défini.
- En configuration Bus, les déplacements sont essentiellement concentrés dans la travée centrale et forment un double peigne, qui entre plus ou moins profondément entre les rangs. On observe des déplacements dans la travée latérale dans deux cas (1) quand la travée centrale est rétrécie, et (2) pour répondre à un besoin spécifique de distribution de matériel.
- En configuration Hybride, les déplacements forment un anneau comportant la travée centrale et la travée latérale coté couloir. Le passage entre les rangs est rare et répond à une demande spécifique des élèves.
- En configuration Peigne, les déplacements forment un anneau comportant les deux travées latérales, cet anneau devenant un U quand le dernier rang n'est pas occupé. Il y a des déplacements entre les paillasses, plus ou moins profonds.

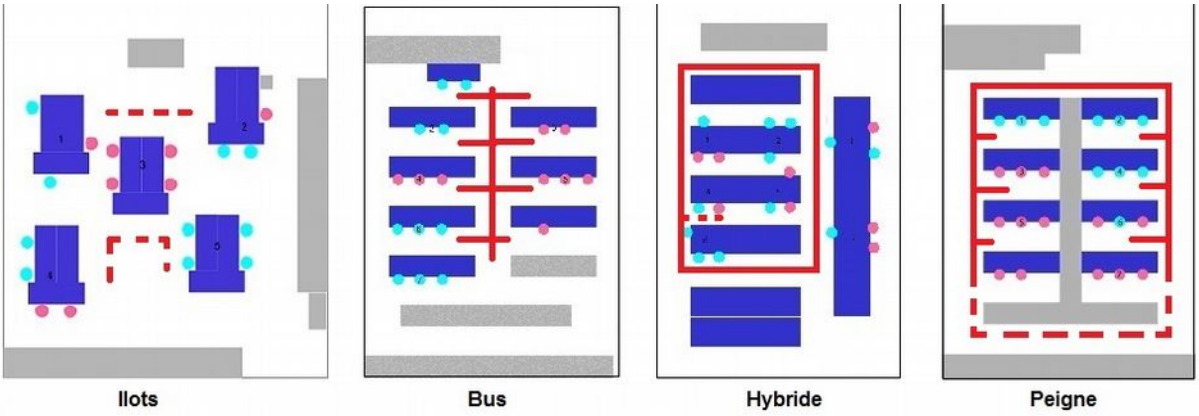


Figure 94. Schématisation des parcours des enseignants.

2.2.5.2 Contraintes de passabilité

Certaines contraintes de passabilité sont à mettre en regard des parcours observés. En effet, les largeurs des tables, les largeurs entre les rangs, les largeurs de travées sont différentes selon les configurations :

Tableau20. Espaces entre rangs et largeurs de travées

	Bus 12	Bus 34	Bus 56	Hybride 12	Peigne 12
Largeur des tables (cm)	60	56	62	80	60
Espace entre les rangs (cm)	80	70	80	60	84
Largeur travée centrale (cm)	100	52 et 100	60	90	Pas de travée centrale
Largeur travée latérale couloir (cm)	50	70	110	98	115
Largeur travée latérale fenêtre (cm)	71	70	70	90	115

2.2.5.3 Déplacements empêchés

En configuration hybride, l'espace entre les rangs est le plus faible, il est seulement de 60 cm. On observe que dans cette configuration, les déplacements entre les rangs sont presque absents, et le point d'interaction est plutôt en position latérale. Il est vraisemblable que la faible largeur empêche ici certains déplacements et placements.

Dans la configuration Bus 34, la présence des tablettes relevables limite la largeur de la travée centrale à 52 cm. On observe que l'enseignant utilise la travée latérale, plus large, quand les tablettes sont relevées.

Les observations confirment que les contraintes de passabilité modifient effectivement les placements et déplacements des enseignants observés. La largeur de 60 cm semble exercer une contrainte suffisamment forte pour modifier les choix de placements et déplacements.

2.2.5.4 Points d'interactions effectifs

Les règles retenues pour choisir le point optimal d'interaction pour le calcul de l'accessibilité potentielle étaient les suivantes (page 107 de la partie méthodologie) :

(1) si c'est possible, l'enseignant est placé face au groupe d'élèves

(2) sinon, il est placé sur le coté de la paillasse

(3) sinon, il est placé derrière la paillasse, entre les élèves.

(4) s'il reste plusieurs possibilités, le positionnement retenu est le plus favorable au contact visuel de l'enseignant avec l'ensemble de la classe.

Les observations à partir de la cartographie sont à confronter à ces règles. Elles sont rassemblées dans le tableau suivant :

Tableau21. Observation des choix effectifs du point d'interaction par les enseignants.

Position du point d'interaction	Bus	Peigne	Hybride	Îlot
Face à face : 78	54	10	3	7
Latéral : 56	25	12	13	6
Arrière : 3		1	2	
Taux latéral/total	32 %	57 %	72 %	46 %

Les points d'interaction privilégiés par les enseignant enregistrés seraient donc d'après ces observations, par ordre préférentiel : (1) face au groupe d'élève, (2) placé latéralement, (3) en arrière du groupe. Le placement arrière est très rarement utilisé. Il est à noter que les taux les plus élevés de placement latéral concernent les configurations de plus mauvaise accessibilité, Peigne et Hybride. Les observations tendent par conséquent à valider le choix des trois premières règles.

2.3 Principaux résultats relatifs à la première question de recherche

La première question de recherche était « comment les contraintes d'accessibilité de l'espace physique de travail modifient les distances effectives entre l'enseignant et les groupes d'élèves, et modifient les déplacements de l'enseignant ? »

2.3.1 Hypothèse 1

La première hypothèse envisagée était la suivante : « la distance effective de l'enseignant vis-à-vis des groupes d'élèves pourrait être différente en fonction de l'accessibilité potentielle inhérente à chaque espace de travail ».

Les placements et déplacements de trois enseignants ont été étudiés. Chaque enseignant a été placé dans deux configurations, la configuration Bus étant la référence commune. Les résultats montrent qu'une valeur donnée d'accessibilité peut être déterminée pour chaque configuration. Les mesures de proximité réelle montrent également que ces trois enseignants ne se placent et ne se déplacent pas de la même façon dans la configuration contrôle et dans la configuration de comparaison, et que leur distance de proximité réelle vis-à-vis des groupe d'élèves est différente selon la configuration.

2.3.2 Hypothèse 2

La deuxième hypothèse était la suivante : « la distance effective de l'enseignant à certains groupes d'élèves pourrait être plus grande lorsque l'accessibilité aux groupes d'élèves est plus faible ».

Les résultats vont dans le sens d'une corrélation entre l'accessibilité spécifique pour un groupe d'élèves donné et la proximité réelle de l'enseignant vis-à-vis de ce groupe. Cette corrélation n'est pas très intense, mais elle est très significative. L'intensité moyenne du lien indique que l'accessibilité n'est pas le seul facteur agissant sur les déplacements, mais sa significativité pointe la contrainte d'accessibilité comme un facteur important.

L'observation de la cartographie des points d'interactions fait apparaître un taux élevé de placement latéral dans les configurations de mauvaise accessibilité. L'observation des parcours effectifs des enseignants montre que les parcours sont contraints par la passabilité, autrement dit que les largeurs entre rangs ou dans les travées entravent certains parcours.

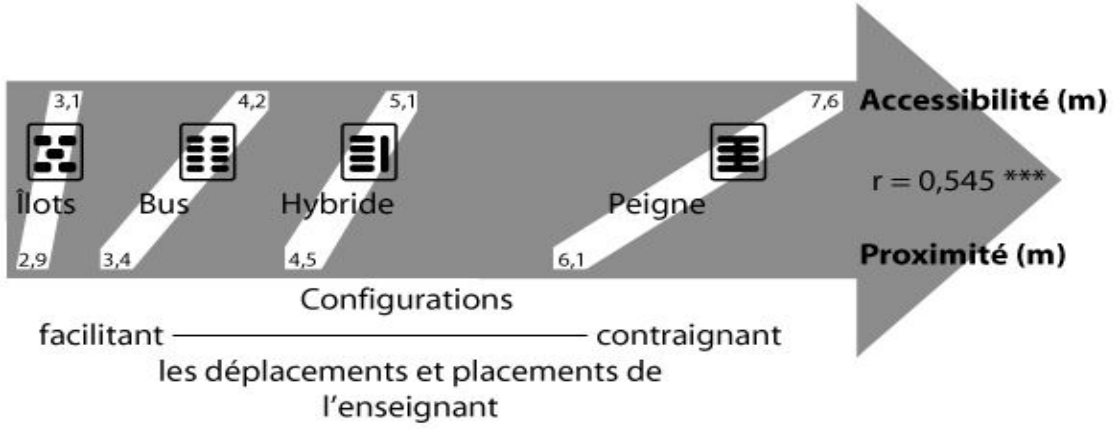


Figure 95. Synthèse des résultats pour la première question de recherche.

Le chapitre 3 examine si les interactions verbales sont différentes en fonction de la configuration afin d'apporter des éléments de réponse à la deuxième question de recherche.

Chapitre 3. Contraintes d'accessibilité et interactions verbales

L'objet de ce chapitre est la présentation des résultats attachés à la deuxième question de recherche , c'est à dire dans quelle mesure des modifications de l'accessibilité modifient les interactions verbales entre les enseignants et les groupes d'élèves et les interactions intragroupes. Les résultats présentés dans ce chapitre ont été obtenus d'une part à partir des valeurs moyennes des indicateurs associés aux interactions verbales, d'autre part en analysant leurs valeurs échantillonnées.

J'analyse dans une première partie la cohérence entre les deux modes de codage, codage initial et codage automatisé, présentés dans la partie méthodologie, et présente les choix qui en découlent pour la présentation des résultats. Je décris ensuite les différences mesurées dans la nature et la fréquence moyenne des différents types d'échanges verbaux intragroupes et enseignant-groupes selon les configurations. Je présente ensuite les corrélations mesurées entre les contraintes d'accessibilité, la proximité effective de l'enseignant, et la fréquence moyenne des différents types d'interactions. Je décris pour finir les résultats de l'analyse complémentaire en valeurs échantillonnées des interactions en fonction de la proximité instantanée et du temps. Ce chapitre se termine par une synthèse des éléments de réponse apportés à la deuxième question de recherche.

Les données utilisées pour ce chapitre proviennent uniquement des comparaisons Bus-Peigne et Bus-Hybride. La comparaison Bus-Îlot s'est révélée difficile à exploiter du point de vue des interactions verbales. En effet, la nature de l'activité a généré des échanges très implicites entre les élèves, qui désignent beaucoup le matériel avec lequel ils effectuent les manipulations. Le sens de ces échanges est souvent difficile à saisir sans support visuel, et de ce fait très difficile à coder. Il n'était pas possible à ce stade de la recherche de refaire des enregistrements complémentaires qui auraient permis d'analyser la configuration en Îlots.

3.1 Cohérence entre les deux modes de codage

Je présente dans ce qui suit les éléments permettant de valider le codage utilisé. Le choix de valider le codage humain par un codage automatisé a permis la détermination de mots-clés susceptibles de décrire les échanges de régulation. Bien que ce résultat ne soit pas directement attendu dans le cadre de cette thèse, je présente dans une première partie les mots-clés qui ressortent comme

caractéristiques des échanges d'argumentation et de régulation. Je présente ensuite les résultats statistiques concernant la cohérence des modes de codage, fondés sur le coefficient Kappa de Cohen.

3.1.1 Mots-clés caractéristiques des échanges d'argumentation et de régulation

3.1.1.1 Mots-clés d'argumentation

Les mots-clés d'argumentation ont été extraits des sujets et des corrections comme précisé dans la partie méthodologie p. 122. Le tableau 22 présente la liste obtenue à partir des enregistrements Bus, Hybride et Peigne..

Tableau22. Liste des mots-clés d'argumentation

adn	aliment	alimentair	antibiotiqu	anticorp	antigen
antiseptiqu	bacteri	bacteri	besoin	camarad	cellul
chromosom	contact	contamin	contamin	degres	divis
doubl	elev	enfant	etap	grand	huil
hygieniqu	intox	lave	lymphocyt	main	memoir
microb	multipl	noemi	pathogen	peau	permet
petri	plus	possed	produir	produit	quantit
rapid	reservoir	self	temperatur	toilett	touch
varicel					

Ces mots-clés sont spécifiques des contenus enseignés (pour mémoire, la multiplication cellulaire et la mémoire immunitaire en 3ème, l'hygiène en cuisine et le lavage des mains en 5ème). Cette liste est utilisée pour le codage automatisé des échanges d'argumentation quel que soit le corpus considéré.

3.1.1.2 mots-clés de régulation

Deux corpus d'apprentissage ont été testés successivement. Des mots-clés en ont été extraits selon la procédure décrite en page 124 de la partie méthodologie et précisée dans l'annexe 5.

Le premier corpus testé intègre les échanges Bus12 et Hybride12, le second intègre les échanges Bus34 et Peigne12. Les mots-clés extraits de ces deux corpus sont présentés dans le tableau 22. Ils sont en nombre restreint, et ont en commun 6 substantifs (***aide, brouillon, paragraphe, pire, propre, texte***) et 9 verbes (***aller, arrêter, commencer, demander, écrire, finir, lire, prendre, travailler***).

Quatre substantifs font partie du champs sémantique de l'activité d'écriture : ***brouillon, propre, paragraphe, texte***. Un substantif concerne une stratégie, la demande d'***aide***. Le dernier substantif correspond à une mode de langage adolescent « au ***pire***, on va faire... », type de phrase souvent

entendu lors du travail de transcription. Il correspond aussi à une certaine forme d'engagement dans la réalisation de la tâche.

Les verbes sont des verbes d'action. Trois sont associés à l'engagement dans la tâche ; ***aller, arrêter, travailler***. Deux sont associés à la planification de l'action : ***commencer, finir***. Deux évoquent des stratégies associées à l'activité : ***écrire, lire, demander, prendre***.

Tableau23. Listes de mots-clés associés à la régulation intragroupe extraits à partir des deux corpus.

substantifs	
Bus12- Hybride12	**Bus34-Peigne12**
aide	
brouillon	
dessin	
document	
feuill	
note	
paragraph	
pire	
propre	
texte	
	mieux
	plait
	schema

verbes	
Bus12- Hybride12	**Bus34-Peigne12**
allez allaient aller	
arret.	
commenc.	
demand.	
ecri. ecrit ecrir.	
fini	
lire	lis
	marquer
parl.	
passe	
pense	
peux	
prend prendre	
travail.	
vais	vas
voir	

Ces deux listes de mots-clés ont été utilisées pour extraire de manière automatisée les échanges de régulation.

3.1.2 Comparaison interjuge du codage humain et du codage automatisé

Comme décrit dans la partie méthodologie page 116 et dans l'annexe 5, la validation du codage repose sur la comparaison entre le jugement humain (codage manuel) et le jugement informatique (codage automatisé). Elle utilise des corpus d'apprentissages et des corpus tests. La qualité de l'accord est estimé par le coefficient de Kappa de Cohen.

Le calcul du coefficient Kappa utilise un tableau de contingence analogue au tableau 24. Pour mémoire dans ce tableau A désigne les échanges argumentatifs et R les échanges de régulation.

Tableau24. Comparaison codage manuel vs codage automatisé

Jugement → humain → ↓ automatisé ↓	A=HLQ	R=Ri
A = Aa	Nombre d'accords (jugements HLQ et Aa en cohérence)	Nombre de désaccords (jugements Ri *vs* Aa)
R = Ra	Nombre de désaccords (jugement HLQ *vs* Ra)	Nombre d'accords (jugements, Ri et Ra)

Pour compléter ce tableau, les échanges identifiés comme argumentatif (HLQ) ou de régulation (Ri) par le codage humain (au total 10747 échanges), ont été filtrés avec les mots-clés de régulation et les mots-clés d'argumentation.

3.1.2.1 Cohérence interjuge avec corpus d'apprentissage Bus12-Hybride12

Une première étape utilise les mots-clés de régulation extraits du corpus d'***apprentissage*** Bus12-Hybride12. Ces mots-clés ont été utilisés en association avec les mots-clés d'argumentation pour coder automatiquement les échanges du corpus ***test*** Peigne12-Bus34.

Le tableau de contingence obtenu dans cette première étape (tableau 25) permet de calculer un coefficient Kappa de 0,678 en comparant les codages humains et automatisés

Tableau25. Cohérence interjuge avec corpus d'apprentissage Bus12-Hybride12.

	HLQ	Ri	
Aa	1104	100	
Ra	156	459	Kappa = 0.678

Dans une deuxième étape le corpus d'apprentissage a été changé. Les mots-clés extraits du nouveau corpus d'***apprentissage*** Peigne12-Bus34 ont été utilisés pour coder automatiquement les échanges du corpus ***test*** Bus12-Hybride12 toujours en association avec les mots-clés d'argumentation.

Le nouveau tableau de contingence (tableau 26) donne un coefficient Kappa de 0,626 en comparant les codages humains et automatisés

Tableau26. Cohérence interjuge avec avec corpus d'apprentissage Peigne12-Bus34.

	HLQ	Ri	
Aa	1426	159	
Ra	205	516	Kappa = 0.626

On observe que le coefficient Kappa est du même ordre de grandeur, ce qui permet d'estimer que le codage humain est cohérent sur l'ensemble des échanges dans la mesure où l'assemblage des corpus a été constitué de manière à mélanger des données codées à des moments différents.

Au final, la liste retenue pour le codage automatisé est la réunion des deux listes présentées dans le tableau 23, les deux corpus apparaissant comme équivalents.

3.1.2.2 Mesure de l'accord interjuge pour l'ensemble des échanges

Ce test a été fait en utilisant les mots-clés de la liste d'union pour identifier les échanges de régulation. La liste de mots clé d'argumentation reste la même. Cette dernière étape a permis l'identification automatique (Aa) ou (Ra) de 42 % des 10747 échanges.

La comparaison de la cohérence interjuge présentée ici porte uniquement sur ces échanges ayant pu être identifiés. D'après Santos (2010), quand le coefficient Kappa est compris entre 0.61 et 0.80, on considère l'accord comme satisfaisant entre deux juges attribuant une cotation aux mêmes données.

Le tableau de contingence obtenu est le suivant :

Tableau27. Cohérence interjuge pour l'ensemble des échanges.

	HLQ	Ri	
Aa	2530	354	
Ra	361	1255	Kappa = 0.654

Sur les 4501 échanges identifiés R ou A, le jugement humain et le jugement automatique s'accordent pour 2530 échanges A et pour 1255 échanges R, ils diffèrent pour 715 échanges, et le coefficient Kappa calculé avec ces données est 0.65, ce qui correspond à un accord satisfaisant.

3.1.3 Bilan concernant la cohérence du codage

Les analyses qui suivent ont été menées en parallèle avec les deux types de codage humain et automatisé. Dans le cas où des différences notables sont mesurées, les résultats le mentionnent. Dans le cas contraire, seule l'analyse à partir du codage initial humain est présentée. En effet, le codage humain apparaît quand même comme plus nuancé, même s'il était intéressant de le confronter au mode automatisé.

3.2 Nature et fréquence des différents types d'interactions verbales selon les configurations

Cette partie traite maintenant des résultats directement en lien avec la deuxième question de recherche, en examinant dans quelle mesure des modifications de l'accessibilité modifient d'une part les interactions verbales entre les enseignants et les groupes d'élèves et d'autre part les interactions intragroupes. Je présente dans ce qui suit les résultats des mesures permettant de

comparer la fréquence de chaque type d'interaction intragroupe et enseignant-groupes dans les deux situations de comparaison Bus-Peigne et Bus-Hybride.

Les différents indicateurs utilisés ont été décrits dans la partie méthodologie. Dans la suite, les abréviations suivantes sont utilisées pour les désigner :

- FHLQ : Fréquence des échanges argumentatifs
- FRi : Fréquence des échanges de régulation intragroupe
- FDeEm : Fréquence des échanges hors tâche
- FP : Fréquence globale des échanges enseignant-groupes
- FPa : Fréquence des échanges enseignant-groupes étayant le processus cognitif
- FPr : Fréquence des échanges enseignant-groupes visant à réguler la réalisation de la tâche
- FPe : Fréquence des échanges enseignant-groupes visant à réguler les comportements

La première hypothèse examinée est la suivante : « la nature et la fréquence des interactions verbales de l'enseignant avec les différents groupes d'élèves d'une classe dépendent de l'accessibilité de l'enseignant à chaque groupe d'élève ». Elle sera donc abordée au travers de la comparaison des interactions enseignant-groupes FP, FPa, FPr, FPe et selon l'accessibilité du groupe AGGi.

La deuxième hypothèse examinée est la suivante : « la qualité du processus d'argumentation et la qualité de la régulation intragroupe pour un groupe d'élèves donné dépendent de la distance effective de l'enseignant à ce groupe d'élèves et donc de la configuration de l'espace». Elle sera donc traitée au travers de la comparaison des interactions intragroupes FHLQ, FRi, FDeEm, et selon l'accessibilité du groupe AGGi et la proximité réelle de l'enseignant dPGi

3.2.1 Comparaison globale Bus - Peigne

Comme décrit dans la partie méthodologie, cette comparaison porte sur l'ensemble des deux classes A et B, soit 28 mesures concernant 14 groupes d'élèves. La configuration de référence est Bus12, la configuration de comparaison est Peigne 12.

Il y a un écart important d'accessibilité globale entre ces deux configurations, puisque l'accessibilité potentielle globale est $\overline{AGG}$ = 4,4m pour la configuration Bus, (IC95=[4,0;4,8]) *vs* 7,6m pour la configuration Peigne , (IC95=[6,3;8,8]).

La proximité moyenne entre l'enseignant et les groupes, mesurée en configuration Bus12 est $\overline{dPG}$ = 3,4m , (IC95=[3,1;3,7]), elle est de 6,1m dans la configuration Peigne (IC95=[5,3;7,0]).

3.2.1.1 Interactions enseignant-groupes

La différence dans la fréquence globale des interactions verbales entre l'enseignant et les groupes FP n'est pas significative.

Une différence apparaît concernant la nature des échanges entre l'enseignant et les groupes d'élèves (Figure 94). La fréquence des interactions portant sur la régulation cognitive, c'est à dire l'étayage du processus d'argumentation est plus élevée dans la configuration Peigne (MPeigne=34.1 , (IC95=[21,2;47,0]) que dans la configuration Bus (MBus = 18.1 , (IC95=[9,3;26,9]) (t = -2.2143, df = 22.963, p = .03701).

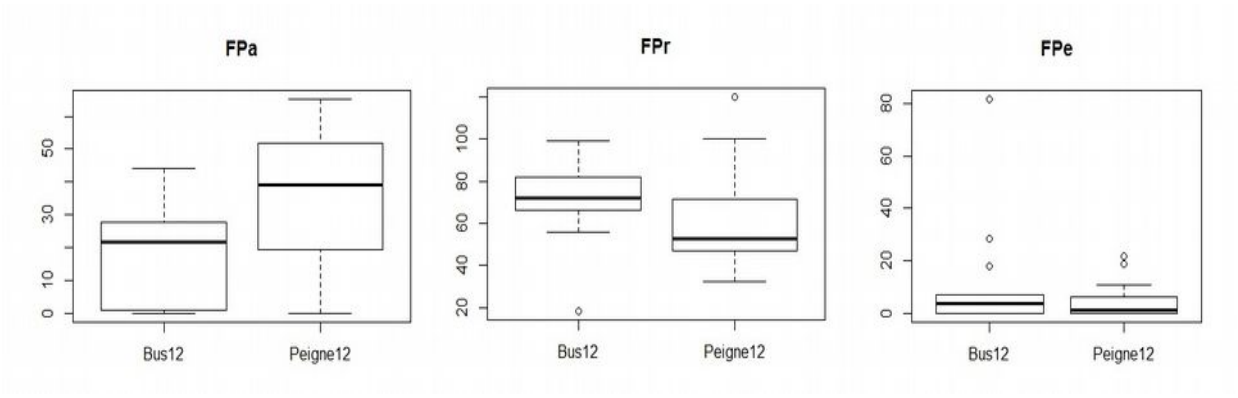


Figure 96: Type d'interactions enseignant-groupes en configuration Peigne.

FPa : fréquence des échanges d'étayage du processus d'argumentation
FPr : fréquence des échanges de régulation de la réalisation de la tâche
FPe : fréquence des échanges de régulation des comportements

Les résultats de cette comparaison Bus-Peigne vont dans le sens d'une différence dans les interactions verbales enseignant-groupes selon l'accessibilité, ce qui tend à valider partiellement la première hypothèse.

3.2.1.2 Interactions intragroupes

Les graphiques font apparaître des différences concernant les interactions intragroupes lors du changement de configuration.

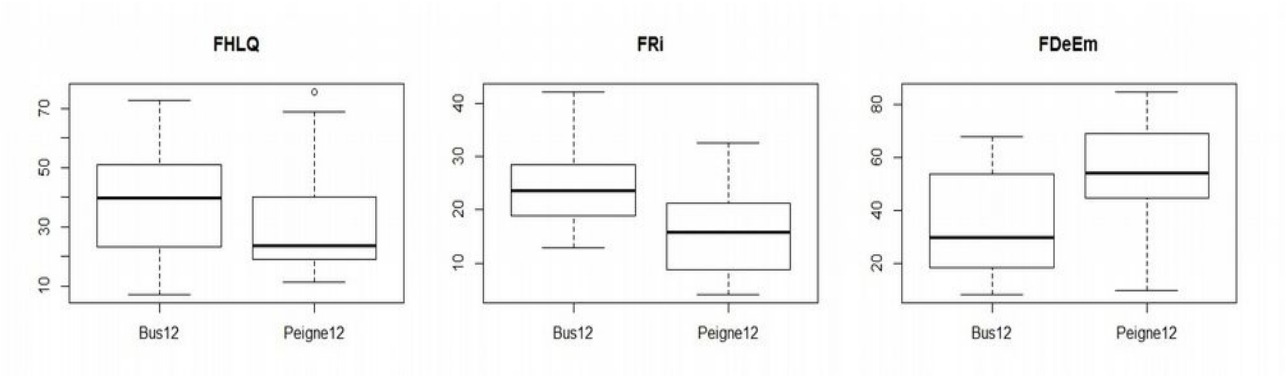


Figure 97: Interactions verbales intragroupes – 14 groupes d'élèves en Configuration Bus (à gauche) et 14 groupes en configuration Peigne (à droite).

HLQ : Fréquence des échanges argumentatifs
FRi : Fréquence des échanges de régulation intragroupe
FDeEm : Fréquence des échanges hors tâche

Deux différences sont significatives au vu des tests de Student :

- La fréquence des échanges de régulation FRi observée en configuration Bus (MBus = 25 , (IC95=[20,2;29,8]) est significativement supérieure à celle observée en configuration Peigne (MPeigne = 16.7 , (IC95=[11,6;21,8]) (t = 2.5715, df = 25.918, *p* = .01622).
- La fréquence des échanges hors tâche FDeEm tend à être plus forte en configuration Peigne (MPeigne = 50.7 , (IC95=[37,2;64,2]) qu'en configuration Bus (MBus = 34.8 , (IC95=[23,7;45,9]) (t = -1.9571, df = 25.041, *p* = .06157).

Les résultats mettent donc en évidence une différence dans la nature des interactions verbales intragroupes selon l'accessibilité. La tendance observée montre une meilleure qualité d'échange dans la configuration Bus (fréquence moindre d'échanges hors tâche et plus forte fréquence d'échanges de régulation) ce qui tend à valider partiellement la deuxième hypothèse.

3.2.2 Comparaison globale Bus - Hybride

Le nombre de mesures utilisées (19) pour cette comparaison est plus faible que pour la comparaison Bus-Peigne. Dans chaque classe, un groupe n'a pas été enregistré car un élève n'avait pas d'autorisation parentale. Deux enregistrements se sont révélés inexploitables car les élèves enregistrés travaillaient chacun de leur côté, sans communiquer. Au final, pour la classe C, six groupes ont été observés lors de la première séance, et cinq lors de la deuxième séance. Pour la classe D, l'observation porte sur quatre groupes.

Il est à souligner que l'écart d'accessibilité globale entre ces deux configurations est plus faible que pour la comparaison Bus12-Peigne12. L'accessibilité potentielle globale est ici $\overline{AGG}$ = 4,0m pour la configuration Bus 34, (IC95=[3,4;4,7]), et elle est de 5,1m pour la configuration Hybride , (IC95=[4,1;6,2]).

La proximité moyenne mesurée en configuration Bus34 est $\overline{dPG}$ = 3,7m , (IC95=[3,3;4,2]), elle est de 4,5m dans la configuration Hybride (IC95=[5,3;7,0]).

3.2.2.1 Interactions enseignant-groupes Bus vs Hybride

Il n'y a pas de différence significative dans les interactions enseignant-groupes dans cette comparaison.

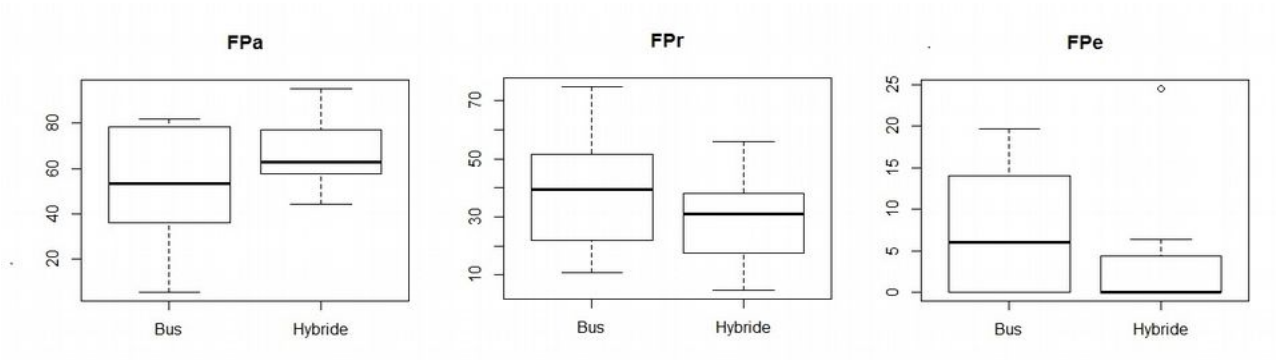


Figure 98: Comparaisons de la nature des interactions enseignant-groupes, lors du changement de configuration Bus-Hybride, pour 19 groupes d'élèves.

FPa : fréquence des échanges d'étayage du processus d'argumentation
FPr : fréquence des échanges de régulation de la réalisation de la tâche
FPe : fréquence des échanges de régulation des comportements

3.2.2.2 Interactions intragroupes Bus vs Hybride

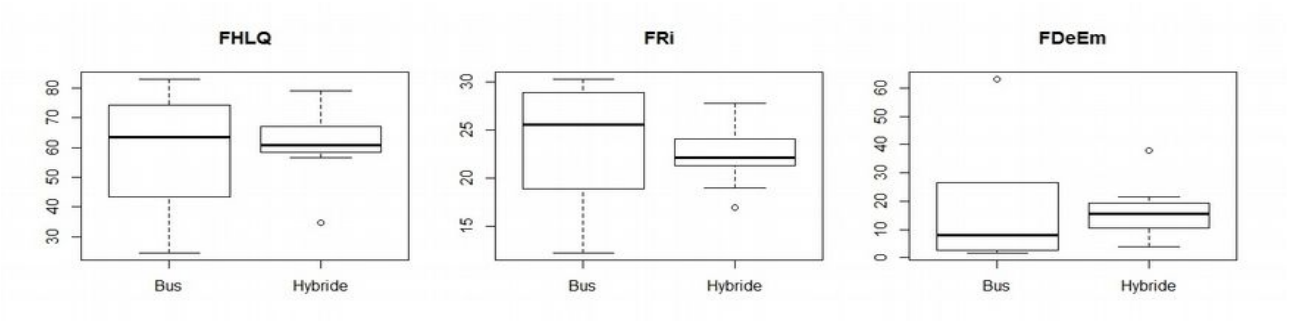


Figure 99: Comparaison globale des interactions intragroupes, lors du changement de configuration Bus-Hybride, pour 19 groupes d'élèves (10 groupes en configuration Bus, 9 en configuration Hybride).

HLQ : Fréquence des échanges argumentatifs
FRi : Fréquence des échanges de régulation intragroupe
FDeEm : Fréquence des échanges hors tâche

Il n'y a pas non plus de différences significatives dans les interactions intragroupes.
La comparaison Bus-Hybride ne permet donc pas de valider les hypothèses envisagées.

3.2.3 Comparaison globale Bus - Îlots

Comme précisé dans l'introduction de cette partie (page 197), les interactions verbales dans la comparaison Bus-Îlots n'ont pas pu être exploitées. L'activité des élèves au cours des séances filmées était expérimentale (travail sur circuits électriques). Les échanges se sont avérés trop fondés sur l'implicite pour permettre un codage correct, et les contraintes de temps n'ont pas permis une prise de données complémentaire.
En résumé, seule la comparaison Bus-Peigne permet pour le moment de valider partiellement les hypothèses proposées. La partie qui suit examine maintenant la deuxième question de recherche sous l'angle complémentaire de l'analyse des corrélations entre les différentes variables.

3.3 Analyse des corrélations entre types d'interactions, contraintes d'accessibilité et proximité effective

Dans cette partie, je décris les résultats issus de la recherche de corrélations entre les variables décrivant les interactions et les variables décrivant l'accessibilité et la proximité, pour chaque

groupe d'élève. Ces résultats permettent également de tester les deux hypothèses accompagnant la deuxième question de recherche. Après avoir décrit la structure des données, je présente la matrice des corrélations, que je commente ensuite en examinant la signification de chaque type de lien au regard des hypothèses.

3.3.1 Données

Les données utilisées représentent au total 47 mesures. Elles correspondent (1) aux 28 mesures effectuées pour la première situation de comparaison Bus12 *vs* Peigne12, (2) auxquelles s'ajoutent les 19 mesures de la deuxième situation de comparaison Bus 34 *vs* Hybride 12.

Chaque mesure rassemble d'abord des caractéristiques propres au groupe, à savoir son accessibilité $\overline{AGGi}$ et sa note moyenne annuelle. Elle décrit aussi la proximité de l'enseignant vis-à-vis de ce groupe $\overline{dPGi}$ et la fréquence globale $\overline{FP}$ de ses échanges avec le groupe. Elle donne enfin accès aux différents types d'échanges intragroupes (argumentation $\overline{FHLQ}$, régulation $\overline{FRi}$, hors tâche $\overline{FDeEm}$) et d'échanges enseignant-groupes (étayage $\overline{FPa}$, régulation de la réalisation $\overline{FPr}$, régulation comportementale $\overline{FPe}$).

3.3.2 Matrice des corrélations

Le tableau 11 présente les différentes corrélations testées. Les valeurs en gras correspondent aux corrélations significatives. Le tableau 12 indique les valeurs de significativité associées aux corrélations. Les valeurs en caractères gras sont significatives au seuil de 5 %.

Tableau28. Matrice des corrélations – Données Bus-Peigne-Hybride

	dPGi	FRi	FDeEm	FHLQ	FP	FPe	FPa	FPr	AGGi
FRi	**-0.42****								
FDeEm	**0.28***	**-0.42****							
FHLQ	-0.15	0.09	**-0.94*****						
FP	-0.14	0.22	0.02	-0.10					
FPe	-0.18	0.18	0.00	-0.07	-0.09				
FPa	0.09	-0.04	-0.30*	0.34*	0.12	**-0.35***			
FPr	0.06	-0.10	**0.34***	**-0.34***	-0.09	-0.18	**-0.85*****		
AGGi	**0.55*****	**-0.36***	**0.36***	**-0.26°**	0.03	**0.26°**	**0.26°**	-0.11	
moy20Grpe	-0.11	-0.01	-0.22	**0.25°**	-0.15	0.10	-0.04	-0.01	0.04

n= 47

Tableau29. Significativité des corrélations – Données Bus-Peigne-Hybride

	dPGi	FRi	FDeEm	FHLQ	FP	FPe	FPa	FPr	AGGi
FRi	**0.0035**								
FDeEm	**0.0562**	**0.0032**							
FHLQ	0.3033	0.5391	**<0.0001**						
FP	0.3492	0.1418	0.8960	0.4978					
FPe	0.2305	0.2364	0.9833	0.6632	0.5417				
FPa	0.5375	**0.7749**	**0.0431**	0.0186	0.4345	**0.0158**			
FPr	0.6942	**0.5180**	**0.0182**	0.0194	0.5669	0.2325	**<0.0001**		
AGGi	**0.0000**	**0.0118**	**0.0129**	0.0758	0.8216	**0.0743**	0.0772	0.4510	
moy20Grpe	0.4802	0.9711	0.1289	0.0946	0.3040	0.5109	0.7874	0.9228	0.7777

n= 47

La figure 99 représente toutes les corrélations significatives entre les différentes variables. Ces corrélations sont ensuite commentées.

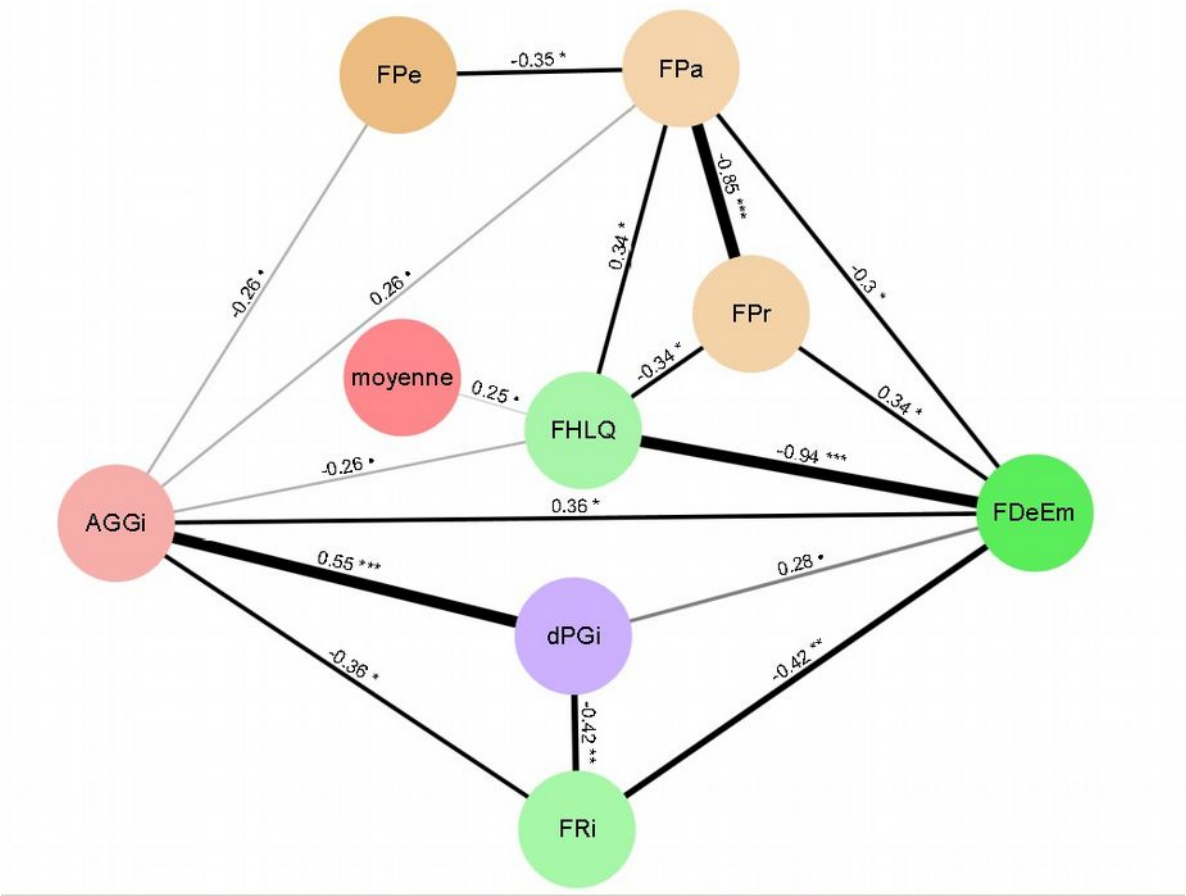


Figure 100. Corrélations entre l'accessibilité AGGi, la proximité dPGi et les fréquences des interactions enseignant-groupes et intragroupes.

3.3.2.1 Corrélation de la proximité effective de l'enseignant avec les interactions intragroupes

La proximité effective de l'enseignant apparaît comme corrélée avec deux types d'interactions intragroupes. Tout d'abord, il y a une relation très significative entre la proximité de l'enseignant et la fréquence des interactions de régulation au sein des groupes d'élèves. La corrélation est négative, et d'intensité moyenne (-0,42**). Cette corrélation négative signifie que plus l'enseignant est loin du groupe, moins les échanges intragroupes ont un caractère de régulation. Il y a aussi une relation significative d'intensité moindre (0,28*) entre la proximité et la fréquence des échanges hors tâche. Autrement dit, plus l'enseignant se tient loin du groupe, plus les échanges hors tâche apparaissent comme fréquents.

3.3.2.2 Corrélation entre les types d'échanges intragroupes et les caractéristiques du groupe

Chaque groupe est caractérisé par son accessibilité potentielle (qui peut être considérée comme résultant du choix de la place) et sa note moyenne annuelle.

Les mesures mettent en évidence une relation négative significative d'intensité assez faible entre l'accessibilité du groupe et la fréquence des échanges de régulation (-0,36*). Cette relation signifierait que moins le groupe est accessible (forte valeur de la distance enseignant-groupe), moins les échanges intragroupes ont un caractère de régulation. A l'inverse, une relation positive significative de même intensité (0,36*) est mesurée entre l'accessibilité du groupe et la fréquence des échanges hors tâche. Cela impliquerait que moins le groupe est accessible, plus la fréquence des échanges hors tâche est importante.

Il est à noter deux relations négatives entre les trois types d'échanges intragroupes :

- la première, entre la fréquence d'échanges hors tâche et la fréquence d'échanges argumentatifs, est très significative et de forte intensité (-0,94***),
- la seconde, entre la fréquence d'échanges hors tâche et la fréquence d'échanges de régulation est significative mais d'intensité moyenne (-0,42**).

Il semble qu'il existe également une tendance (p = ,094) positive d'intensité faible (0,24°) liant la moyenne annuelle du groupe d'élèves et la fréquence des interactions argumentatives.

3.3.2.3 Corrélation de la proximité avec les interactions enseignant-groupes

La proximité de l'enseignant n'apparaît pas comme corrélée à ses interactions verbales avec le groupe, que ce soit globalement ou pour chaque type d'interaction.

3.3.2.4 Corrélation entre les types d'échanges enseignant-groupes et les caractéristiques du groupe

Deux tendances se manifestent entre l'accessibilité du groupe et le type d'échanges avec l'enseignant. Elles sont toutes deux de faible intensité (0,26° et -0,26°).

- La première est positive et pourrait indiquer un lien entre les échanges de type étayage et l'accessibilité. Une valeur d'accessibilité élevée (accès difficile), augmenterait la fréquence des échanges portant sur le processus argumentatif, c'est à dire sur les contenus et l'étayage cognitif.
- La deuxième va dans le sens d'un lien négatif entre les échanges de régulation des comportements et l'accessibilité. Une valeur d'accessibilité élevée (accès difficile) diminuerait la fréquence de ces échanges.

3.3.2.5 Corrélation entre les types d'échanges enseignant-groupes et les types d'échanges intragroupes

Les résultats indiquent que deux types d'échanges enseignant-groupes sont corrélés à deux types d'échanges intragroupes.

- La fréquence des interventions de l'enseignant portant sur le processus argumentatif est liée positivement (0,34*) à la fréquence des échanges argumentatifs intragroupes, et négativement (-0,30*) à la fréquence des échanges hors tâche.
- En miroir, la fréquence des interventions de l'enseignant visant à réguler la réalisation de la tâche est liée négativement (-0,34*) à la fréquence des échanges argumentatifs intragroupes, et positivement (0,34*) à la fréquence des échanges hors tâche.

Les échanges enseignant-groupes sont corrélés de manière interne, il y a une corrélation négative de forte intensité (-0,85***) entre fréquence des échanges de type étayage et fréquence des échanges de régulation de réalisation de la tâche. Ce qui semble indiquer que l'enseignant est dans un mode ou un autre, soit il étaye et régule le processus d'apprentissage, soit il régule la réalisation de la tâche.

De même, les échanges intragroupes sont corrélés de manière interne. La fréquence des échanges argumentatifs est très fortement et très significativement corrélée de manière négative (-0,94***) aux échanges hors tâche. De la même façon, il y a une corrélation négative très significative mais moins intense (-0,42**) entre la fréquence des échanges de régulation de la réalisation de la tâche et la fréquence des échanges hors tâche.

3.3.2.6 Synthèse à l'issue de l'analyse des corrélations

En résumé, les mesures ne valident pas la première hypothèse, la nature et la fréquence des interactions verbales de l'enseignant avec les différents groupes d'élèves ne semblent pas dépendre de l'accessibilité vis-à-vis de chaque groupe d'élèves.

En revanche, les mesures tendent à valider la deuxième hypothèse. En effet, il apparaît que l'accessibilité à un groupe d'élèves donné et la proximité réelle de l'enseignant sont corrélées de manière significative avec la fréquence des interactions intragroupes de régulation et avec la fréquence des échanges hors tâche.

- Un lien direct relie accessibilité, proximité, et qualité de la régulation intragroupe. Plus l'accessibilité et la proximité sont bonnes (faible valeur de distance), plus la fréquence des échanges de régulation est forte, plus celle des échanges hors tâche est faible.
- Un lien indirect relie accessibilité et proximité à la qualité du processus d'argumentation. En effet, un lien très significatif et très fort relie la fréquence des échanges hors tâche et celle des échanges d'argumentation. Plus la fréquence des échanges hors tâche est faible, plus celle des échanges d'argumentation est élevée.

3.4 Analyse globale

Cette analyse porte sur les résultats attachés à la deuxième question de recherche, c'est à dire dans quelle mesure des modifications de l'accessibilité modifient les interactions verbales entre les enseignants et les groupes d'élèves et les interactions intragroupes. Elle est présentée en complément, car elle apporte une finesse supplémentaire à la description spatiale et temporelle des trois types d'interactions intragroupes. Les résultats s'appuient sur les valeurs instantanées des différentes variables mesurées. L'analyse repose sur une modélisation par régression additive généralisée GAM.

3.4.1 Modélisation par régression additive généralisée GAM

Cette modélisation utilise le modèle de régression additive généralisé GAM (Hastie & Tibshirani, 1987

). Le détail du traitement est présenté de façon plus approfondie en annexe 8. Cet outil statistique est d'utilisation récente dans le domaine des sciences humaines. Il permet de modéliser des phénomènes non linéaires dans le cadre d'une démarche prédictive. Je l'utilise ici uniquement à des fins descriptives, dans une démarche exploratoire, en complément des analyses présentées précédemment.

Les graphiques présentés représentent les analyses statistiques effectuées dans R sur des données lissées à partir d'algorithmes reposant sur des modèles additifs non linéaires. Le lissage choisi ici est un lissage de base. La variable d'intérêt est modélisée en additionnant les effets des variables lissées, choisies parmi celles qui constituent la base de données.

J'utilise ici l'ensemble des données doublement discrétisées en temps et en distance, selon le principe exposé en page 154 de la partie méthodologie. L'axe intitulé « dist » sur les graphiques représente la distance enseignant-groupes instantanée, c'est à dire la proximité réelle échantillonnée dPG(t) de l'enseignant. Chaque graphique est ainsi établi à partir de 992 échantillons, chaque échantillon comportant l'ensemble des n-uplets (temps,position,modalité) décomptés pour tous les groupes d'élèves dans l'intervalle de 90 secondes et 40 cm auquel correspond l'échantillon.

3.4.2 Nature et fréquence des interactions intragroupes

Les variables explicatives retenues pour cette modélisation sont la distance (c'est à dire la proximité de l'enseignant vis-à-vis du groupe), le temps, et la fréquence des interactions enseignant-groupes. Ce choix répond d'abord à un souci de parcimonie, et aussi au souhait de conserver la fréquence des interactions enseignant-groupes en tant que variable explicative.

Trois graphiques représentent la fréquence des interactions intragroupes. Ils sont présentés en figure 100 ainsi que le résumé de l'analyse statistique qui les accompagne.

- Le premier (FHLQ) représente la fréquence des interactions argumentatives en fonction du temps et de la proximité de l'enseignant vis-à-vis du groupe. Le lissage effectué sur la fréquence des interactions argumentatives FHLQ donne une valeur moyenne de 37,85 (*SD* = 0,62). Ce modèle explique 17,3 % de la variance. La distance n'apparaît pas comme un terme significatif pour le lissage ($p=0,09$). En revanche, le temps et la fréquence des interactions avec l'enseignant sont significatifs ($p< 0,001$).

- Le deuxième (FRi) décrit de la même façon la fréquence des interactions de régulation intragroupes. La valeur moyenne de FRi est 19,37 (*SD* = 0,44), ce modèle explique 20,4 % de la variance. Les trois termes de lissage sont significatifs (p<0,001).
- Le troisième (FDeEm) représente la fréquence des échanges hors tâche. La valeur moyenne de FDeEm est 36,06 (*SD* = 0,63) et le modèle explique 23,2 % de la variance. Cette fois encore, les trois termes de lissage sont significatifs(p<0,001).

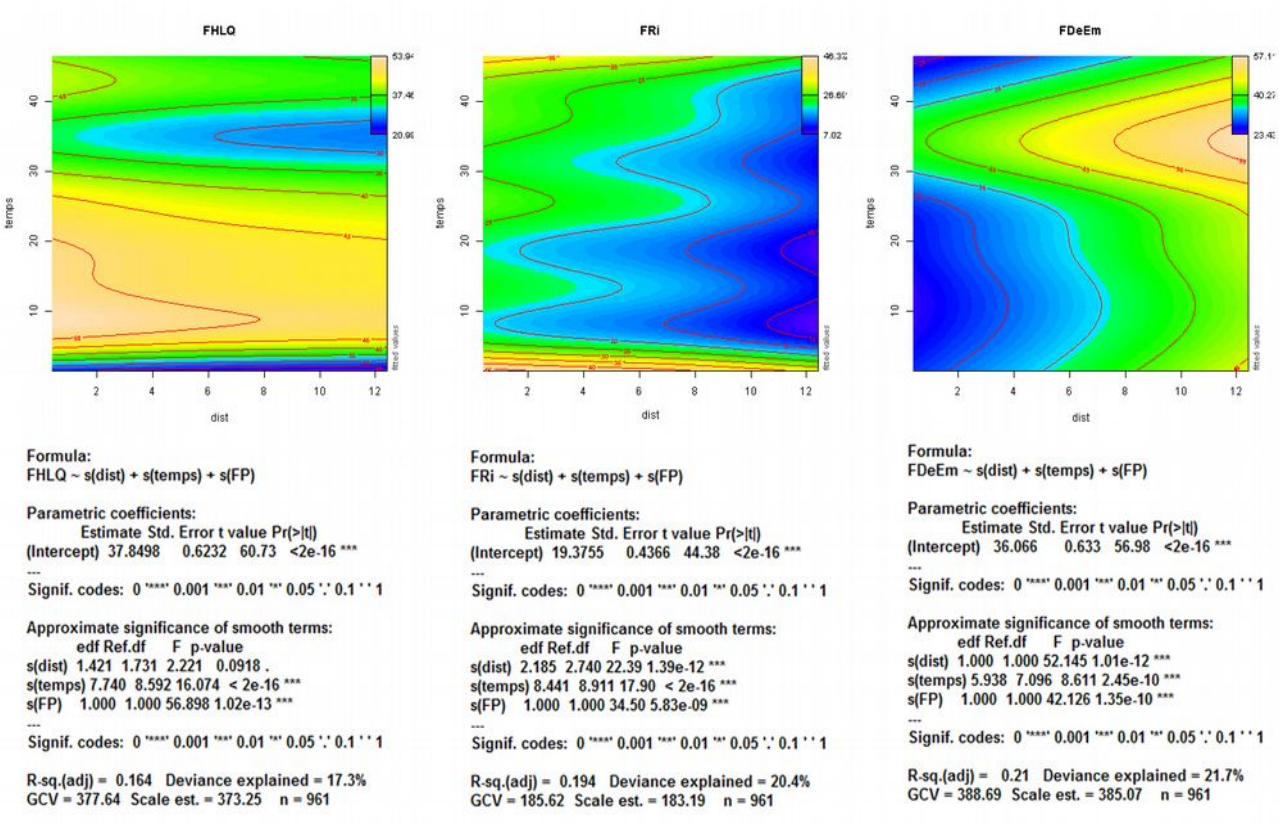


Figure 101. Fréquence des trois types d'échanges intragroupes, toutes données confondues – Modélisation GAM pour l'ensemble des deux classes A et B.

La figure 100 agrandie se trouve également en annexe 9.

Différents constats peuvent être faits :

- La dimension temporelle présente des « tranches » qui peuvent être associées à la prédominance de types d'interactions spécifiques. Par exemple, vers 10 minutes, on observe davantage d'interactions argumentatives et relativement moins d'interactions de régulation.
- La répartition spatiale des interactions argumentatives FHLQ est homogène. La fréquence de ce type d'échange est assez élevé. La répartition temporelle fait apparaître un seuil, vers

30-35 minutes, au delà duquel on observe une baisse sensible, en particulier à partir de 4 à 6m.

- Il y a une certaine complémentarité entre les échanges argumentatifs HLQ et les échanges de régulation Ri, les zones de fréquence élevée, en marron et jaune sur une carte apparaissent en vert ou bleu sur l'autre carte. En particulier, les cinq premières minutes se caractérisent par une plus grande fréquence d'échanges de régulation et une faible fréquence d'échanges argumentatifs.
- On observe au delà de 30 minutes, une baisse des échanges argumentatifs au delà de 6m qui correspond à une augmentation de la fréquence des échanges hors tâche DeEm.
- Les échanges de régulation Ri apparaissent comme moins fréquents que les échanges HLQ et que les échanges hors tâche DeEm. Cette lecture globale des graphiques et de l'analyse statistique va dans le même sens que l'approche en valeurs moyennes rapportées en page 204. Ces échanges Ri sont sensibles à la dimension spatiale. La lecture des graphique fait ressortir que la fréquence des échanges de régulation baisse de manière sensible quand la proximité réelle de l'enseignant dépasse 4 à 6 m. Au delà de 7 m, elle diminue très sensiblement. La répartition temporelle est également marquée par un seuil, vers 20 minutes, au delà duquel la fréquence des échanges de régulation tend à augmenter, assez sensiblement pour les distances ne dépassant pas 7 m. Il y aurait donc des moments de la séance et des distances plus ou moins propices aux échanges de régulation.
- La fréquence des échanges hors tâche est assez faible avant 25-30 minutes et en deçà d'une proximité de 6 mètres. Leur fréquence augmente sensiblement au delà de ces seuils et atteint de fortes valeurs de fréquence. Ces échanges apparaissent comme les plus affectés par la dimension spatiale.

3.4.3 Cohérence des codages humain et informatique

La même modélisation est effectuée à partir des données issues du codage informatique. Les graphiques peuvent ensuite être comparés.

Les graphiques (figure 100) représentant la fréquence des interactions argumentatives FHLQ (codage humain) et FAa (codage automatisé) montrent assez peu de ressemblances.

En revanche les graphiques représentant la fréquence des interactions de régulation FRi (codage humain) et FRa (codage automatisé) montrent des similitudes. On retrouve dans les deux

représentations une certaine régularité temporelle, par exemple une une bande vers 25 minutes, et on note une diminution globale des échanges de régulation au delà de 6m.

Il est à noter que les échanges identifiés de manière automatisée sont moins nombreux, ce qui abaisse de façon sensible leur fréquence, le nombre de points utilisé pour le calcul de la fréquence étant le même que pour le codage humain.

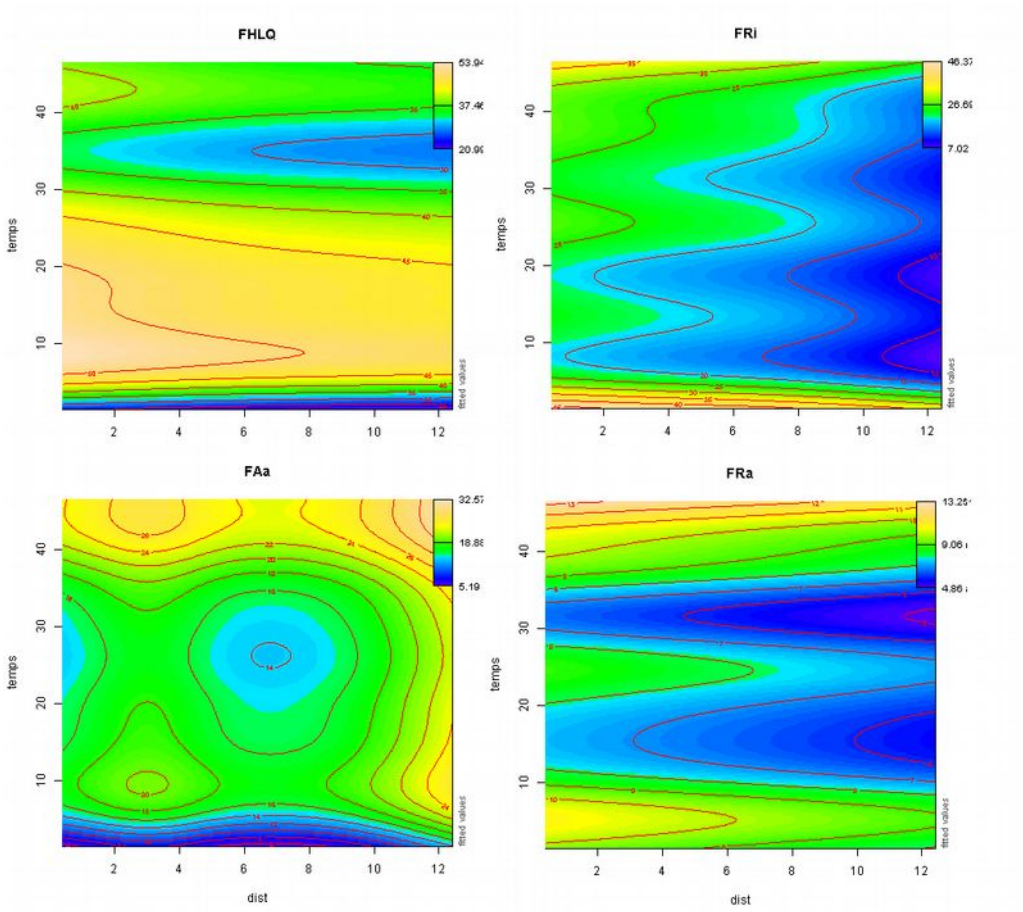


Figure 102: Fréquence des échanges intragroupes d'argumentation et de régulation, toutes données confondues, pour le codage humain (en haut) et automatisé (en bas).

3.4.4 Distance et temps seuils

Les représentations tendent à montrer l'existence d'un seuil de distance au delà de 8m, au delà duquel la fréquence des échanges de régulation diminue sensiblement pendant que la fréquence des échanges hors tâche augmente sensiblement. Elles laissent supposer aussi un seuil temporel, vers 30 minutes, après lequel la fréquence des échanges argumentatifs diminue sensiblement.

A partir de ce constat, une dernière comparaison est présentée dans ce qui suit. Elle met en regard, d'une part les graphiques obtenus pour l'ensemble des configurations Bus, d'autre part des

graphiques obtenus en coupant artificiellement l'ensemble de toutes les données au delà d'une distance seuil de 8m et d'un temps seuil de 30 minutes.

Sur les graphiques ci-dessous, le contour bleu représente ces seuils.

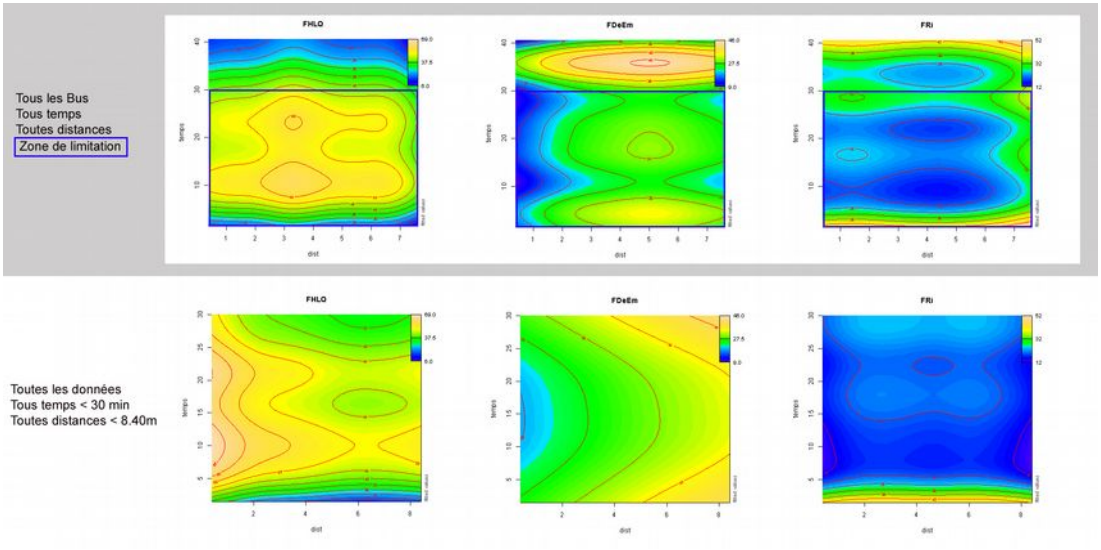


Figure 103. Comparaison modélisation GAM – En haut, ensemble des configurations Bus – En bas, ensemble de toutes les configurations, données limitées à la distance et au temps seuils.

La figure 102 agrandie se trouve également en annexe 9. La comparaison fait apparaître des ressemblances assez marquées entre la partie du graphique de l'ensemble des configurations Bus correspondant à la zone de limitation et le graphique établi à partir de l'ensemble des données seuillées, toutes configurations confondues. Le comportement des groupes d'élèves lorsque la proximité est inférieure à 8m, pour une durée inférieure à 30 minutes tendrait donc à se rapprocher, quelque soit la configuration, de leur comportement ordinaire dans une salle en bus.

3.4.5 Distances seuils et accessibilité

Les valeurs d'accessibilité des différentes configurations étudiées ont été mises en regard des graphiques représentant la fréquence de chaque type d'interaction intragroupe sur la figure 103.

Il faut ici souligner que ces graphiques sont issus de la modélisation portant sur l'ensemble des données Bus, Hybride et Peigne. L'accessibilité de la configuration Îlots a été reportée pour mémoire.

Les graphiques suggèrent que l'évolution de la fréquence des interactions hors tâche et de régulation avec la proximité semble liée à l'accessibilité de la configuration de classe.

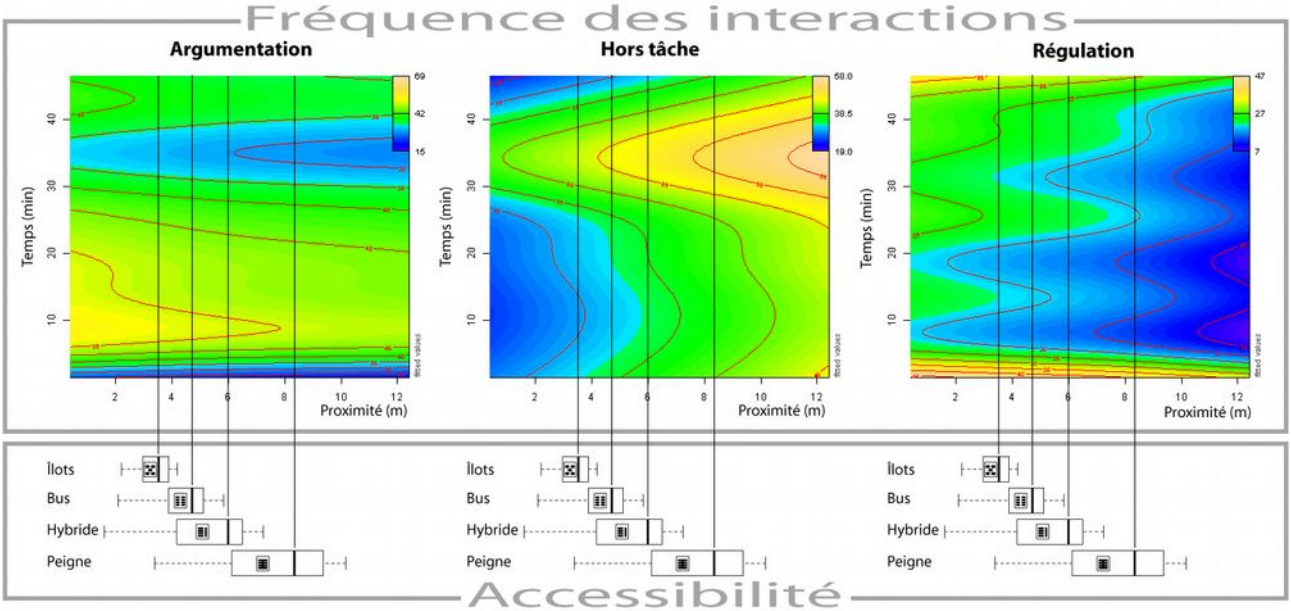


Figure 104. Fréquence des interactions et accessibilité.

La figure 103 agrandie se trouve également en annexe 9.

3.5 Principaux résultats relatifs à la deuxième question de recherche

La deuxième question de recherche examinait dans quelle mesure des modifications de l'accessibilité modifient les interactions verbales entre les enseignants et les groupes d'élèves et les interactions intragroupes.

3.5.1 Hypothèse 1

La première hypothèse envisagée étaient la suivante : « La nature et la fréquence des interactions verbales de l'enseignant avec les différents groupes d'élèves d'une classe dépendent de l'accessibilité de l'enseignant à chaque groupe d'élève ».

Les résultats tendent à montrer que les interactions verbales de l'enseignant ne changent pas significativement, ni en nature, ni en fréquence lorsque l'enseignant est placé dans une configuration différente. Ce résultat ne va pas dans le sens de cette première hypothèse.

3.5.2 Hypothèse 2

La deuxième hypothèse étudiée était la suivante : « La qualité du processus d'argumentation et la qualité de la régulation intragroupe pour un groupe d'élèves donné dépendent de la distance effective de l'enseignant à ce groupe d'élèves et donc de la configuration de l'espace »

Les résultats mettent en évidence des différences dans la fréquence des interactions intragroupes selon la configuration. Ces différences sont plus marquées quand on compare deux configurations très différentes en ce qui concerne l'accessibilité.

De surcroît les mesures ont permis d'établir l'existence de différentes corrélations entre certains types d'interactions intragroupes et la proximité et/ou l'accessibilité, ainsi que des corrélations entre les interaction intragroupes et les interactions enseignant-groupes. Ce dernier résultat n'avait pas été anticipé dans les hypothèses émises a priori.

Discussion

Dans cette dernière partie, je discute tout d'abord les réponses apportées aux deux questions de recherche. Je rappelle d'abord les principaux résultats obtenus et examine leur intérêt empirique et méthodologique. Je m'appuie dans cette discussion sur deux aspects en particulier, susceptibles d'apporter un éclairage spécifique et des clés d'interprétation des résultats observés. Le premier est la perception de l'accessibilité telle qu'elle peut être ressentie par l'enseignant en différents lieux de la salle, ou telle que peuvent la ressentir les groupes d'élèves. Le deuxième est le style professionnel propre à chaque enseignant de cette étude.

Je présente ensuite les limites et la portée scientifique des résultats. Enfin je résume les différentes conclusions qui peuvent être tirées et suggère des recommandations.

Chapitre 1. Questions scientifiques

Les questions de recherche étaient :

- Dans quelle mesure les contraintes d'accessibilité de l'espace physique de travail, en modifiant les distances effectives entre l'enseignant et les groupes d'élèves, sont susceptibles de se répercuter sur les déplacements de l'enseignant ?
- Dans quelle mesure des modifications de l'accessibilité sont susceptibles de modifier les interactions verbales entre les enseignants et les groupes d'élèves et les interactions intragroupes et ainsi d'interférer avec les processus de construction des savoirs.

Pour répondre à ces questions, les placements et déplacements de trois enseignants ont été étudiés et comparés dans la configuration Bus de référence et dans trois configurations de comparaison. Dans le même temps, les interactions verbales entre l'enseignant et les différents groupes d'élèves, ainsi que les interactions verbales intragroupes ont été enregistrées. Je présente d'abord comment l'étude quantitative des déplacements fait apparaître des liens entre l'accessibilité potentielle de l'espace et la proximité réelle de l'enseignant. Je montre ensuite en quoi l'étude qualitative des placements dégage les critères de décisions sous-jacents. Enfin j'analyse les résultats relatifs aux liens entre les contraintes d'accessibilité, la proximité réelle et la nature et la fréquence des interactions verbales d'argumentation.

1.1 En quoi l'accessibilité modifie-t-elle les déplacements et placements ?

1.1.1 Déplacements de l'enseignant

J'analyse ici les résultats quantitatifs apportés à la première question de recherche. Les hypothèses testées étaient les suivantes :

- la distance effective de l'enseignant vis-à-vis des groupes d'élèves pourrait être différente en fonction de l'accessibilité potentielle inhérente à un espace de travail spécifique
- la distance effective de l'enseignant à un groupe d'élèves pourrait être plus grande lorsque l'accessibilité au groupe d'élèves est plus faible

1.1.1.1 Mobilisation de concepts géographiques

Des auteurs se sont intéressés à la difficulté d'accès ou la mobilité dans la salle de classe. Par exemple Issaadi et Jaillet (2017) mentionnent la difficulté d'accès comme un facteur intervenant dans le choix de placement des étudiants. Jeannin (2017) calcule une mobilité dans la classe et la met en regard de différents types de configurations. Au demeurant, les concepts d'accessibilité et de distance sont des concepts de géographie, qui à ma connaissance n'ont pas réellement été mobilisés auparavant dans le domaine des Sciences de l'Éducation.

Pour tester les hypothèses, deux variables ont été élaborées, l'accessibilité potentielle et la proximité réelle.

- La variable d'accessibilité potentielle a été construite à partir de la définition de l'accessibilité en géographie, en s'appuyant sur le concept proposé par Vickerman (1974). C'est une distance déterminée à partir des caractéristiques physiques de chaque configuration.
- La variable de proximité réelle, est construite sur le même principe. Il s'agit la aussi d'une distance, mais qui est calculée à partir des mesures successives des positions effectives de l'enseignant dans la classe.

Je décris dans ce qui suit comment les résultats obtenus à partir de ces deux variables nourrissent les hypothèses.

1.1.1.2 Accessibilité potentielle

Les résultats montrent que l'accessibilité potentielle d'une configuration peut être calculée pour un contexte de classe donné à partir du concept d'accessibilité de Vickerman (1974). Pour un même type de configuration les valeurs d'accessibilité potentielle sont similaires, mais sont significativement différentes de celles obtenues pour les autres configurations. La valeur d'accessibilité est basse pour des configurations d'accès facile et élevée pour des configurations de facilité d'accès médiocres, par conséquent cela suggère que plus la valeur d'accessibilité est faible pour un espace de travail, plus sa facilité d'accès potentielle est grande. Ce résultat est cohérent avec la conception d'accessibilité de Vickerman (1974) utilisée pour la détermination de la valeur d'accessibilité. La configuration en Peigne, sans travée centrale, a ainsi une valeur élevée d'accessibilité. Au contraire, la configuration Îlots, dans laquelle les déplacements sont faciles, a une faible valeur d'accessibilité.

1.1.1.3 Proximité réelle

Les mouvements des enseignants révèlent certaines de leurs décisions et dépendent des distances physiques en classe et de la facilité d'accès de l'enseignant aux élèves, le suivi du mouvement réel des enseignants semble pertinent pour observer comment les différents espaces de travail d'enseignement modifient les interactions de l'enseignant avec les élèves. La mesure de la distance topologique réelle moyenne entre l'enseignant et les élèves, apparaît comme représentative de la proximité de l'enseignant. Cette proximité réelle résulte des mouvements réels de l'enseignant et indique les décisions de l'enseignant d'interagir avec les élèves.

Les résultats montrent des différences significatives entre les proximités d'un même enseignant placé dans deux configurations différentes. En outre, les résultats montrent que les configurations de faible facilité d'accès - comme la configuration en peigne - semblent éloigner les élèves et les enseignants, en augmentant la valeur de proximité réelle. Cela tend à confirmer que la configuration en Îlots facilite la mobilité des enseignants, comme l'a observé Jeannin (2017).

1.1.1.4 Corrélation accessibilité potentielle – proximité réelle

De plus, les résultats font apparaître une corrélation entre l'accessibilité potentielle calculée pour un groupe donné et la proximité de l'enseignant à ce groupe. Cette corrélation est vraisemblable, ce qui tend à confirmer la pertinence de la méthode de mesure de proximité réelle utilisée. Cela confirme que les décisions et les actions des enseignants peuvent être modifiées par l'espace physique de travail, dans le contexte instrumental. La force de la corrélation reste modérée, ce qui est cohérent avec l'idée que d'autres facteurs que l'accessibilité potentielle sont susceptibles d'affecter les décisions des enseignants qui déterminent sa proximité réelle vis-à-vis des groupes d'élèves.

1.1.2 Placements des élèves et de l'enseignant

Les résultats montrent que les trois enseignants ne se placent pas de la même façon dans la configuration contrôle (le Bus) et dans la configuration de comparaison. L'observation fait apparaître des différences concernant les choix de placements des élèves, les choix de placements pour l'interaction avec les groupes d'élèves et le choix du lieu d'énonciation. Je les analyse en cherchant à cerner les critères de décisions sous-jacents

1.1.2.1 Différents choix de placement des élèves pour le travail en groupes

L'interaction avec un groupe d'élèves suppose des décisions de placement, plus ou moins conscientes. Les résultats montrent que trois enseignants observés ne procèdent pas de la même façon pour placer les élèves dans la classe. Le tableau suivant synthétise les observations :

Tableau30. Les choix de placement des élèves

Enseignant 1	• placement libre, mais constant d'une séance à l'autre • disposition côte à côte à une même table • séparation genrée résultant des choix de placement des élèves
Enseignante 2	• placement imposé • des différences entre les deux séances, conséquence de la situation de recherche • disposition face à face ou en coin à une même table • nombreux groupes mixtes
Enseignante 3	• imposé, constant d'une séance à l'autre • disposition en coin ou face à face à une même table • nombreux groupes mixtes • circulation libre des élèves • groupes mixtes

L'observation des vidéos montre que dans la configuration en Bus, l'enseignant 1 conserve la disposition initiale des élèves en rangs, tandis que les enseignants 2 et 3 modifient le placement des élèves de manière à ce qu'ils se fassent face ou soient placés en coin pendant le travail en groupes. Les enseignants 2 et 3 détournent donc l'usage frontal des salles en Bus (conforme au genre professionnel), et les utilisent comme des salles en Îlots, en modifiant le placement des élèves de manière à favoriser la communication. L'enseignant 2 détourne aussi l'usage frontal de la salle Hybride en l'utilisant en îlots.

Les résultats tendent donc à montrer que les trois enseignants ne perçoivent ou n'utilisent pas de la même façon les opportunités (affordances) de placement offertes par la salle en Bus.

1.1.2.2 Perception des « affordances de placement » des élèves

Dans ce sens, les résultats sont cohérents avec l'idée de la prise d'indices dans le contexte de la classe vu comme élément déclencheur des décisions, qui est un élément du modèle des savoirs processus (Grangeat, 2010). Les différences observées laissent supposer que les indices perçus ne sont pas les mêmes ou que les enseignants enregistrés ne poursuivent peut-être pas les mêmes buts quant à la structure de communication (Lécuyer, 1975) qu'ils souhaitent mettre en place.

Dans le modèle des savoir-processus, les prises de décision de l'enseignant sont déclenchées par une prise d'indices, répondent au but poursuivi par l'enseignant, sont conformes à ses règles d'action et dépendent de ses connaissances de référence (Grangeat, 2010). Ces décisions sont inscrites dans le contexte instrumental, qui interagit avec les connaissances de références et les modifie (Grangeat & Hudson, 2015). Le contexte instrumental offre à l'individu un environnement physique et des possibilités d'actions, dans ce sens il participe à son « pouvoir d'agir » (Clot, 2008) en favorisant ou en empêchant certaines actions. La perception des affordances (Stoffregent, 2003) offertes par l'environnement physique dépend du système perceptif de l'individu et de sa culture. La culture serait ici la culture professionnelle, à rapprocher du style professionnel décrit par Clot (2008) comme l'ajustement par lequel l'individu redéfinit son métier et transforme la tâche à réaliser en tâche réalisée au travers des filtres de l'auto-prescription, des objectifs intériorisés et de ses valeurs (Leplat, 2015).

Les résultats montrent que l'opportunité de placer les élèves face à face est utilisée par deux des trois enseignants. On peut ici se demander si cette « affordance de placement » est non perçue, ou si elle est perçue et rejetée par l'enseignant 1. Cela pose la question de l'intervention des connaissances et du style professionnels dans la perception des affordances.

Je propose trois interprétations de la différence de choix effectuée, (1) à partir de la connaissance professionnelle des effets de la structure de communication sur le travail de groupe, (2) à partir de la question des bénéfices perçus du détournement d'usage conduisant à modifier la disposition des élèves, et (3) à partir de la question des occasions de développement de stratégies d'usage de l'espace.

- (1) **Connaissance des effets de la structure de communication**

Le caractère sociofuge ou sociopète de l'espace a été décrit par Hall (1968). Les multiples expériences de Sommer (1961, 1965, 1967), Steinzor (1950), Howells et Becker (1962, in Lécuyer, 1975) ont montré que la disposition spatiale des individus est un déterminant de la structure de communication et qu'elle dépend de plusieurs critères dont la nature de la tâche à réaliser. Weinstein (1992) a affirmé que la disposition en rangs est adaptée aux tâches individuelles et la disposition en îlots aux travaux de groupe. Certains enseignants choisissent de laisser les élèves libres de leur placement, d'autres leur imposent un placement spécifique répondant une double préoccupations d'engagement de tous les élèves et de contrôle de leurs comportements (Rißler, Bossen, &Blasse, 2014).

Bien sûr les enseignants enregistrés n'ont pas une connaissance livresque des structures de communication et des types de tâches qui leur correspondent. Cependant la construction de leurs savoirs professionnels WPK (Boreham, 2004) a probablement intégré, de manière plus ou moins consciente, des éléments qui leur permettent de choisir en situation la structure de communication qui leur paraît la plus adaptée.

- (2) **Bénéfices perçus d'un détournement d'usage**

Il est à noter que le placement de certains élèves est inconfortable, car ils peuvent être gênés par le dossier de la table, comme le montre la figure 104. Le fait que l'enseignant fasse placer les élèves de cette façon malgré cet inconvénient me semble indiquer qu'il considère que les bénéfices pour les apprentissages l'emportent sur l'inconfort ainsi généré pour les élèves.

Figure 105. Détournement de l'usage frontal
A gauche, configuration Hybride, à droite, configuration Bus.

- (3) **Développement de stratégies d'usage de l'espace**

Je pense qu'il est possible que la confrontation à des configurations autres que la configuration Bus développe la perception des affordances de placement. L'enseignant 2 travaille habituellement dans la configuration Hybride. Il me semble vraisemblable que sa familiarité avec cette configuration lui a permis d'élargir sa panoplie de connaissances professionnelle concernant les opportunités d'usage de l'espace physique. L'enseignant 1 travaille habituellement en Bus, et même s'il a déjà travaillé dans la configuration Peigne, il a eu moins d'opportunités de développer des stratégies d'usage de l'espace dans cette configuration. L'enseignant 3 travaille habituellement en Îlots et transfère ce fonctionnement dans la salle en Bus.

1.1.2.3 Choix du lieu d'interaction avec un groupe

Les résultats montrent que l'enseignant ne se place pas toujours sur le lieu d'interaction optimal. En outre, l'observation des cartes de densité montre que dans la salle en hybride, caractérisée par une largeur entre rangs de 60 cm, l'enseignant ne se place pratiquement jamais en face à face. Ces observations sont cohérentes avec les notions (1) d'affordance de passabilité et (2) de sphère personnelle.

- (1) **Affordance de passabilité**

Parmi les affordances spatiales auxquelles l'enseignant est confronté dans l'environnement de la salle de classe, l'affordance de passabilité (décrite p.71) se caractérise par un seuil mis en évidence par Warren & Wang (1987), un peu plus grand que la largeur d'épaule de la personne qui se déplace (environ 1.2 fois cette largeur d'épaule). Si on réfléchit en terme de passabilité, et qu'on applique ce seuil à une largeur minimale entre rangs comprise entre 45 cm (morphologie féminine moyenne) et 60 cm (morphologie masculine moyenne) est nécessaire au passage, sans tenir compte de l'espace occupé par un élève assis devant sa table. Pour un espace entre rangs de 60 cm, il est donc logique que l'enseignant ne s'engage pas entre les rangs pour se placer en face-à-face et soit ainsi contraint à un placement latéral. On est ici dans une situation de placement empêché par la largeur entre les rangs.

- (2) **Sphère personnelle**

Si l'enseignant veut se placer en face à face, il se trouve dans l'obligation d'entrer dans la sphère intime de certains élèves. Les résultats des observations tendent à montrer que l'enseignant hésite à entrer dans la sphère personnelle des élèves, et que le choix du lieu d'interaction résulte d'un compromis, une tension entre le lieu que voudrait occuper l'enseignant pour une communication optimale et le lieu que déterminent la combinaison de la géométrie de l'espace et des comportements de proxémie acceptables.

1.1.2.4 Choix du lieu d'énonciation et perception d'accessibilité

L'observation in situ et vidéo montre que le même enseignant placé deux fois dans la même configuration se place de la même façon pour interagir avec l'ensemble de la classe. Ce choix apparaît comme répondant à des critères précis et stables. L'anamorphose de la salle depuis le lieu d'énonciation aide à cerner ces critères.

En déformant la salle par anamorphose pour représenter l'accessibilité de tous les points de la salle à partir du lieu d'énonciation, on infère la perception d'accessibilité du point de vue de l'enseignant.

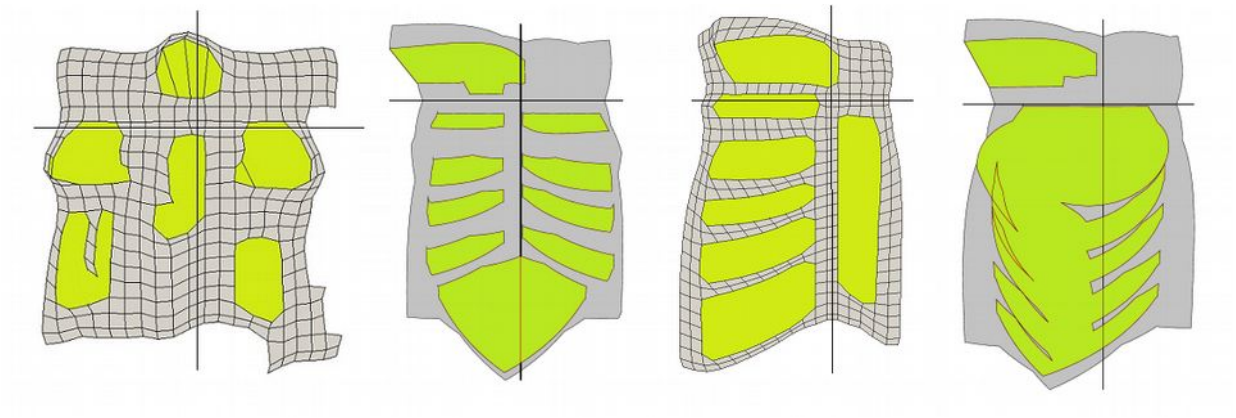


Figure 106: Exemples d'anamorphoses depuis différents lieux d'énonciation.

Les anamorphoses mettent en évidence des inégalités de perception de l'accès aux différents groupes d'élèves, et de grandes différences de perception selon les configurations. Depuis le lieu d'énonciation, l'enseignant a tous les élèves dans son champ visuel et reste à proximité du tableau. Les résultats tendent donc à faire apparaître le placement de l'enseignant comme à un choix stable guidé par deux critères, le contrôle de la classe par le contact visuel, et l'accès direct ou rapide au tableau.

Le critère de contrôle de la classe va dans le sens des observations de D. Forest (2006). Il qualifie de « lieu principal d'énonciation » un lieu spécifique privilégié par l'enseignant pour s'adresser au groupe classe dans son ensemble (p.137), lieu qu'il occupe pour contrôler l'ensemble de la classe. Pour D. Forest, l'éloignement et le rapprochement du lieu d'énonciation, « investi par les professeurs d'une valeur symbolique » (p.490) permet aux élèves d'interpréter l'importance que l'enseignant souhaite attribuer à certains moments de la séance. Il s'agirait donc d'un lieu de contrôle, depuis lequel l'enseignant exerce son leadership par le contrôle visuel pendant la communication. L'analyse proxémique des interactions de classe a fait ressortir le contrôle de la classe comme un élément du choix du lieu d'énonciation. Les résultats de cette étude confirment ce critère de contrôle.

Je propose d'y adjoindre un critère d'accès direct au tableau, en m'appuyant sur l'accessibilité perçue depuis le lieu d'énonciation, inférée par la représentation en anamorphose (Dumolard, 1999).

1.2 En quoi l'accessibilité modifie-t-elle les interactions ?

Je présente ici une analyse des résultats quantitatifs apportés à la deuxième question de recherche. Les hypothèses testées étaient les suivantes :

- La nature et la fréquence des interactions verbales de l'enseignant avec les différents groupes d'élèves d'une classe dépendent de l'accessibilité de l'enseignant à chaque groupe d'élèves.
- La qualité du processus d'argumentation et la qualité de la régulation intragroupe pour un groupe d'élèves donné dépendent de la distance effective de l'enseignant à ce groupe d'élèves et donc de la configuration de l'espace.

Il importe avant la discussion et l'analyser des résultats concernant les interactions de rappeler que dans les séances de classe de cette étude les élèves n'avait pas à leur disposition d'outils de soutien à l'autorégulation de leurs apprentissages (Cartier & Mottier Lopez, 2017). Les enseignants observés n'ont pas été mis en place d'évaluation formative en cours de séance.

C'est donc dans ce cadre que j'analyse les liens observés entre les interactions verbales de l'enseignant avec chaque groupe d'élèves et l'accessibilité potentielle de l'enseignant à chaque groupe, puis les liens entre les interactions intragroupes et la proximité réelle de l'enseignant au groupe.

1.2.1 Interactions enseignant-groupes

Trois résultats ressortent de l'étude des interactions enseignant-groupes. Deux sont directement en rapport avec la première hypothèse et ne la valident pas, le troisième ouvre des perspectives plus larges. Je les analyse dans ce qui suit.

1.2.1.1 Pas de lien direct avec l'accessibilité...

Tout d'abord, on n'observe pas de différences flagrantes dans la fréquence globale des interactions enseignant-groupes lors du changement de configuration, qu'on les considère dans leur globalité ou en les séparant selon leur nature. Seule la fréquence des interactions d'étayage du processus d'argumentation a été observée comme plus élevée dans la configuration Peigne, caractérisée par son accès difficile.

Ensuite, l'analyse des corrélations ne montre pas de lien net entre l'accessibilité et les interactions enseignant-groupes, puisque seules deux tendances sont mises en évidence.

Au final, ces deux résultats ne permettent pas de valider ni d'invalider la première hypothèse. La nature et la fréquence des interactions verbales de l'enseignant avec les différents groupes d'élèves ne dépendent apparemment pas directement de l'accessibilité vis-à-vis de chaque groupe d'élève.

1.2.1.2 ... mais des liens complexes avec les interactions intragroupes

Les mesures font apparaître des liens plus complexes que ceux envisagées dans les hypothèses, en pointant des corrélations entre différents types d'interaction enseignant-groupes et intragroupes, qui n'étaient pas envisagées dans les hypothèses.

Plus précisément, des liens semblent exister entre deux types d'interaction enseignant-groupes et deux types d'interactions intragroupes :

- La fréquence des interactions visant à réguler le processus d'apprentissage (FPa) est corrélée positivement à la fréquence des échanges argumentatifs (FHLQ) et négativement à la fréquence des échanges hors tâche (FDeEm). Ces deux liens sont d'intensité moyenne.
- La fréquence des interactions visant à réguler la réalisation de la tâche (FPr) est corrélée négativement à la fréquence des échanges argumentatifs (FHLQ) et positivement à la fréquence des échanges hors tâche (FDeEm). Ces deux liens sont également d'intensité moyenne.

En somme, ces liens tendent à montrer d'une part que plus le groupe d'élèves est engagé dans l'argumentation, plus l'enseignant interagit avec eux en soutenant le processus d'argumentation (ou inversement puisqu'il n'est pas ici question de causalité), et d'autre part que moins le groupe est engagé dans la tâche, plus les interactions de l'enseignant visent à réguler la réalisation de la tâche.

Par ailleurs, deux corrélations significatives lient les trois types d'interactions enseignant-groupes.

- Une corrélation négative très forte (-0.85) et très significative relie les fréquences FPa et FPr, ce qui pourrait indiquer que ces deux modes sont relativement exclusifs. Plus l'enseignant interagit avec le groupe pour réguler la réalisation de la tâche, moins il intervient pour étayer le processus argumentatif.
- Une corrélation négative d'intensité faible (-0.35*), relie significativement les échanges visant à réguler les comportements à ceux visant à réguler le processus d'argumentation. Plus l'enseignant interagit pour réguler les comportements, moins il intervient pour étayer le processus argumentatif.

Ces résultats tendent donc à indiquer que les échanges de régulation de la réalisation de la tâche et de régulation des comportement se font au détriment des échanges d'étayage du processus argumentatif.

1.2.1.3 Concurrence entre les types d'interactions enseignant-groupes

Sieber (2000) distingue deux types d'interactions associés à deux fonctions, réguler les comportements et réguler les apprentissages. Les résultats de cette étude tendent à montrer que les

interactions visant à réguler les comportements (FPe) n'ont pas les mêmes liens avec les interactions intragroupes que les interactions visant à réguler les apprentissages (FPa et FPr) ce qui va dans le sens de cette distinction sur la base de fonctions bien différentes.

Les échanges de régulation du processus d'argumentation (FPa) considérés pour cette étude se rapprochent de ce que Allal et Mottier Lopez (2005) désignent par régulation interactive, puisqu'ils interviennent pour étayer en continu le processus d'argumentation en cours (étayage du processus cognitif). A contrario, les échanges de régulation de la réalisation de la tâche (FPr) combinent des échanges rétroactifs « où en êtes vous, qu'avez vous fait ? » et proactifs « qu'est ce vous avez à faire maintenant, qu'est ce qui est demandé ? ».

Les résultats de cette étude pointent ainsi le lien entre la qualité de régulation interactive de l'enseignant et celle du processus d'argumentation du groupe d'élèves. Ils suggèrent aussi que l'enseignant utilise plus souvent la régulation rétroactive et proactive avec les groupes d'élèves qui sont fréquemment hors tâche. On peut se demander comment seraient modifiés ces liens dans le cadre de dispositifs de classe intégrant des outils d'auto-régulation en cours de séance.

1.2.2 Interactions intragroupes

Les résultats qui ressortent de l'étude des interactions intragroupes tendent à valider la deuxième hypothèse, c'est à dire à montrer que la qualité de ces interactions dépend de la proximité de l'enseignant.

1.2.2.1 Un réseau de liens entre accessibilité, proximité et les trois types d'interactions intragroupes

Les résultats montrent des liens directs entre la fréquence des échanges de régulation intragroupes et la fréquence des échanges hors tâche, d'une part avec l'accessibilité, et d'autre part avec la proximité.

Pour résumer, plus l'accessibilité et la proximité sont bonnes (faibles valeurs de distances), plus la fréquence des échanges de régulation est forte. En outre, plus l'accessibilité est bonne, moins les échanges hors tâche sont fréquents, et la même tendance se dessine concernant l'accessibilité.

Un lien négatif très significatif et très fort existe entre la fréquence des échanges hors tâche et celle des échanges d'argumentation. Un lien négatif très significatif existe aussi entre la fréquence des échanges hors tâche et celle des échanges de régulation. Plus les échanges hors tâche sont fréquents, moins les échanges argumentatifs et les échanges de régulation ne le sont.

Ces observations suggèrent que la qualité du processus d'argumentation et la qualité de la régulation intragroupe pour un groupe d'élèves donné dépendent de l'accessibilité et de la proximité de l'enseignant à ce groupe d'élèves et donc de la configuration de l'espace, ce qui va dans le sens de la deuxième hypothèse de cette étude. Plus précisément, les résultats tendent globalement à montrer une amélioration de la qualité globale des échanges quand l'accessibilité et la proximité sont meilleures (fréquence moindre d'échanges hors tâche, fréquence plus élevée d'échanges de régulation de la tâche).

1.2.2.2 Possibilité de l'existence d'un seuil de proximité

Un résultat complémentaire ressort de l'étude des interactions intragroupes en valeurs instantanées. En effet, la modélisation des données instantanées en utilisant un modèle additif généralisé fait aussi supposer l'existence d'une distance seuil de proximité, au delà de laquelle on observe simultanément un relatif accroissement des échanges hors tâche et une baisse sensible de la fréquence des échanges de régulation. La distance seuil de proximité établie par la lecture des visualisation GAM à partir de l'ensemble des données collectées est de l'ordre de grandeur de 8,4 m. Il s'agit d'une distance topologique, qui peut être représentée à partir d'un point de référence représentant une position de l'enseignant.

La figure 106 donne trois exemples de traduction graphique de cette distance seuil.

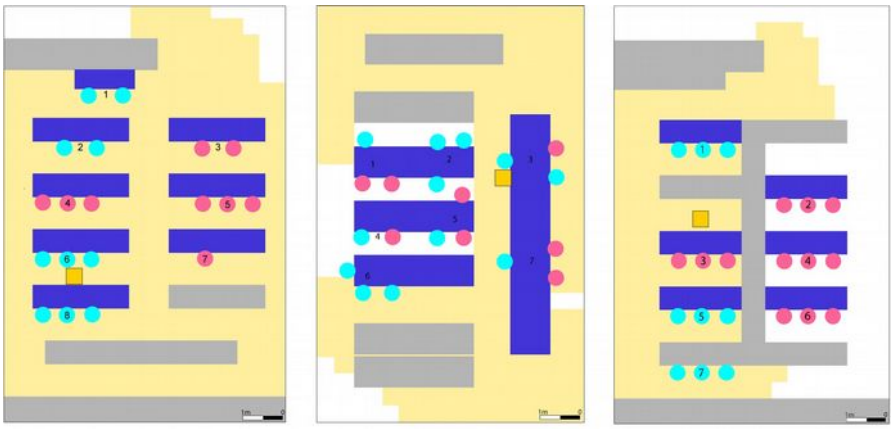


Figure 107. Distance seuil de 8,4m

La partie en jaune représente la zone dans laquelle la proximité est en dessous du seuil de 8,4m. L'enseignant est représenté par le carré jaune. Cette traduction graphique montre que la configuration Bus n'est pas concernée par cette distance seuil de proximité, mais que dans les deux autres configurations, une partie des groupes d'élèves se trouve au delà de ce seuil.

1.2.2.3 Accessibilité, table en or et zone d'action

Les résultats concernant les liens entre interactions intragroupes et l'accessibilité de l'enseignant au groupe d'élèves vont dans le sens des observations de Issaadi et Jaillet (2017) qui ont repéré des différences dans les interactions intragroupes selon la table choisie par les étudiants et la « facilité d'accès » de l'enseignant. Ils pourraient contribuer à l'interprétation des résultats faisant état d'une zone d'action dans la classe (Marx, Fuhrer, & Hartig, 1999 ; Park & Choi, 2014).

Chapitre 2. Questions méthodologiques

Dans ce chapitre, je fais état des différents outils méthodologiques utilisés, de leur contribution à cette étude et de leur potentiel.

2.1 Accessibilité potentielle et proximité réelle

Cette étude a utilisé deux construits pour analyser comment la facilité d'accès dans la salle de classe modifie les interactions enseignant-groupes et intragroupes. Ces construits ont été transposés de l'univers « macro » de la géographie et de l'urbanisme à l'univers « micro » de la salle de classe.

2.1.1 Calcul a priori et mesure

Le construit d'accessibilité potentielle dérive directement de l'accessibilité géographique dans un réseau reliant différents nœuds. Le calcul d'accessibilité potentielle a été effectué à partir des chemins minimaux déterminés par la géométrie de la salle et l'occupation des tables lors de la séance, comme décrit dans la partie méthodologie. Il s'agit d'un calcul a priori qui intègre des éléments fixes du contexte et des éléments associés à une séance donnée. Ce calcul peut être mis en œuvre de façon assez simple, par le relevé de la géométrie de la salle et de ses obstacles, et la détermination des nœuds où se déroulent les interactions à étudier.

Le construit de proximité réelle résulte de la transposition du concept d'accessibilité depuis les ***n*** points du réseau des positions successives de l'enseignant à un nœud donné. Les coordonnées de ces ***n*** points sont mesurés grâce à un dispositif combinant gilet émetteur, enregistrement ou capture en temps réel des positions, et application informatique dédiée. Il s'agit d'une mesure qui permet de quantifier les déplacements et la distance de l'enseignant vis-à-vis d'un nœud donné.

2.1.2 Caractérisation de l'espace et indicateur de comportements

La détermination de l'accessibilité potentielle et de la proximité réelle sont à mon sens des outils qui permettent deux type d'analyses.

Tout d'abord, l'accessibilité potentielle peut être utilisé comme outil de comparaison d'espaces de travail, comme cela a été fait dans cette étude. Elle permet de comparer des aménagements d'un même espace, de repérer les effets des obstacles possibles, ou de modéliser l'accessibilité d'un espace lors de sa conception.

Ensuite, la proximité réelle peut être un moyen parmi d'autres de mesurer les effets d'un dispositif. Sa mesure dans un même espace dans différents contextes peut être utilisée comme indicateur de comportements. On rejoint ici la cartographie comportementale de Legendre & Depeau (2003).

2.2 Analyse géospatiale des interactions de classe

Le caractère évolutif spatial et temporel des interactions est gommé par l'analyse en valeurs moyennes. Pour approcher la compréhension de l'évolution spatiale et temporelle des interactions de classe, ce travail doctoral a utilisé un traitement spécifique. Des outils d'analyse géospatiale (De Smith, Goodchild, Longley, 2007) ont été utilisés pour exploiter les données combinant trois types d'informations, temporelle, spatiale et a-spatiale. Il semble que ce type d'approche géospatiale n'ait pas été utilisé auparavant dans le domaine des Sciences de l'Éducation.

Des outils de traitement des grands nombres de données, de type « Big data » issus des méthodes de l'analyse géospatiale ont été employés. Des outils de visualisation géospatiale de ces données ont été utilisés, et ont donné lieu à une « micro-cartographie » de la salle de classe.

2.2.1 Traitement géospatial des données d'interaction

Ce traitement a nécessité pour commencer un couplage des données temporelles, spatiales, et d'interaction. A l'issue de cette association, les données obtenues étaient des triplets combinant les trois types d'informations (horodatage, proximité de l'enseignant, modalité associée à l'échange).

Les données ont été discrétisées selon un maillage spatial de 40cm et de 90 secondes. Des comptages ont permis d'établir des « fréquences » à la fois temporelles et spatiales des différentes modalités d'interactions enseignant-groupes et intragroupes.

2.2.1.1 Modélisation

Chaque type d'interaction a pu ainsi être modélisé. L'utilisation d'un modèle additif généralisé a permis de dégager un comportement spatio-temporel de chaque type d'interaction intragroupe. Cette modélisation a donné lieu à une visualisation qui fournit des résultats complémentaires. Il en ressort que la fréquence des interactions de type argumentatif ne seraient pas affectée par la plus ou moins grande proximité de l'enseignant. A contrario, la fréquence des échanges à caractère de régulation de la tâche diminue fortement lorsque l'enseignant est en moyenne au delà de 8-9m, tandis que la fréquence des échanges hors tâche augmente sensiblement. Une distance seuil de proximité de l'ordre de 8-9m semble par conséquent défavorable. Il apparaît également qu'une durée seuil de 30

minute correspond à la fois à une diminution de la fréquence des échanges d'argumentation et à l'augmentation de la fréquences des échanges de régulation et des échanges hors tâche.

2.2.1.2 La visualisation spatio-temporelle des interactions dans la classe

La modélisation par modèle additif généralisé est habituellement utilisée à des fins prédictives. Elle a été utilisée ici pour l'analyse en valeurs instantanée dans un mode descriptif, pour une approche exploratoire. Les graphiques présentés et interprétés sont tous couplés avec des analyses statistiques qui soutiennent leur sens. Valois (2000) analyse l'intérêt des approches graphiques en analyse statistique des données. Il affirme qu'une certaine méfiance subsiste vis-à-vis des graphiques chez les statisticiens, montre les limites des approches graphiques tout en insistant sur le rôle de « partenaires » qu'ils peuvent jouer en ce qui concerne la validation de modèles et la recherche de nouvelles informations (Tukey, 1990, cité par Valois, 2000). Il souligne que les avancées actuelles des sciences cognitives placent le graphique à la frontière entre deux mondes, celui des données et celui des savoirs, et que les processus cognitifs variés impliqués dans son traitement nous permettent d'en faire une lecture semi-quantitative très rapide en hiérarchisant l'information de façon efficace. En conclusion de cet article qui date de 2000, il plaide pour l'association des méthodes graphiques et numériques dans le traitement statistique et souligne l'intérêt de méthodes conjointes.

2.2.2 Micro-cartographie de la salle de classe

2.2.2.1 Visualisation des placements et déplacements

La cartographie des déplacements et des positions est un outil permettant l'étude fine des comportements spatiaux, préconisée par Legendre & Depeau (2003). A partir de la trace des comportements spatiaux, des placements et déplacements inattendus émergent. Dans cette étude, ils ont permis d'inférer des empêchements de l'action, d'autres possibilités existent sans doute.

2.2.2.2 Visualisation de l'accessibilité

L'anamorphose est un moyen de représenter l'accessibilité (Dumolard, 1999) utilisé en géographie, en particulier pour représenter la mobilité humaine, dans le domaine de la cartographie statistique. La carte déformée représente l'accessibilité depuis un point donné, elle a été obtenue ici en construisant chaque point à partir des distances topologiques pour donner une image de la réalité des obstacles en leur attribuant une importance dépendant des temps de déplacements. Cauvin

(1997) souligne l'intérêt de cette construction mathématique, qu'elle appelle plus précisément « transformations cartographiques de position » pour la recherche, et insiste sur l'idée que la représentation doit être en cohérence avec les hypothèses étudiées.

Cette visualisation a été utilisée ici pour se placer du point de vue d'un acteur et interpréter son choix de positionnement.

2.3 Croisement d'un codage humain et un codage automatisé

2.3.1 Accord interjuges entre deux modes de codages

La méthodologie qui a été choisie dans cette étude pour valider le codage repose sur le croisement du codage effectué avec un codage automatisé reposant sur l'extraction informatisée de mots-clés.

Une méthodologie voisine, combinant un codage manuel, une extraction automatisée et l'analyse de l'accord interjuge, a été utilisée par Bolly, Crible, Degand, & Uygur-Distexhe (2015) dans un domaine spécifique de l'étude du langage pour identifier trois catégories de marqueurs discursifs dans un discours oral. L'accord interjuge que nous avons obtenu est correct. Pour l'améliorer et gagner en pertinence, il faudrait encore affiner l'extraction automatique des échanges de régulation intragroupes. L'extension et la normalisation du corpus d'apprentissage pourrait être un moyen de réaliser cette amélioration.

2.3.2 Extension et normalisation du corpus d'apprentissage pour le codage automatisé des échanges de régulation intragroupes

Le codage automatisé a utilisé la moitié des échanges de régulation codés manuellement en tant que corpus d'apprentissage. A partir de ce corpus initial, une liste de mots-clés caractérisant la régulation intragroupe pour des élèves de niveau collège, en sciences a pu être constituée. Il serait intéressant d'élargir le corpus de départ, afin d'affiner cette liste de mots-clés. Il serait pertinent de s'appuyer sur les recherches actuelles sur les corpus oraux dans le domaine des langues vivantes, des parler oraux non standard ou dans le domaine de l'étude du langage des enfants. Il serait alors nécessaire de prendre en compte les guides qui existent pour leur constitution (Baudé et. al, 2006) pour tendre vers la normalisation d'un tel corpus qui pourrait ensuite être mis à disposition de communautés de chercheurs en Sciences de l'Éducation.

Chapitre 3. Limites

Je présente dans ce qui suit les limites méthodologiques et les biais de mesure possibles.

3.1 Limites méthodologiques de la méthode de comparaison

Deux limites attachées à la méthode de comparaison employée peuvent être soulevées. La première concerne le contrôle de la variable enseignant, la deuxième celui de la variable classe.

3.1.1 Contrôle de la variable enseignant.

Une limite de cette étude est attachée à la méthode de comparaison, qui pourrait être encore améliorée. En effet, la méthode de comparaison choisie ne permet de contrôler complètement la variable enseignant. Le même enseignant intervient dans une situation de comparaison pour un couple de configurations, comportant la configuration bus de référence. Pour les deux autres comparaisons, il s'agit de deux autres enseignants. Pour améliorer la méthode, il faudrait que ce soit le même enseignant qui intervienne dans les trois couples de configurations.

La comparaison des corrélations entre accessibilité, proximité et interactions entre l'enseignant 1 et l'enseignant 2 montre que certains liens sont absents ou moins marqués pour l'enseignant 2.

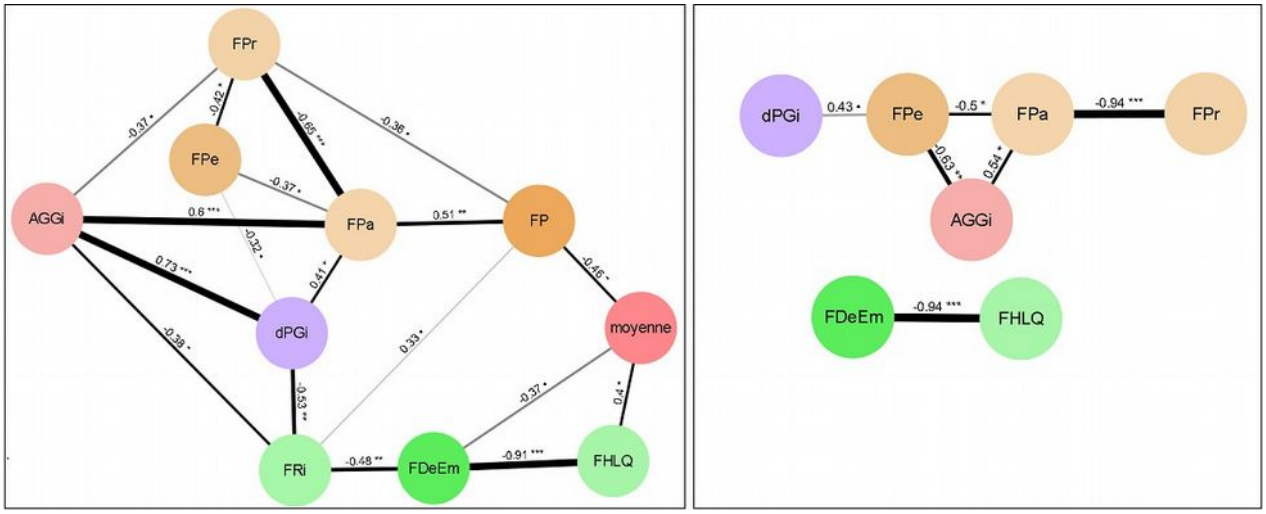


Figure 108: Corrélations accessibilité, proximité et interactions

A gauche, enseignant 1 (Bus-Peigne) - A droite, enseignant 2 (Bus-Hybride).

La comparaison montre également des points communs, et elle montre que les liens existants sont cohérents :

(1) Il y a une corrélation significative d'intensité moyenne entre l'accessibilité potentielle au groupe d'élèves et la fréquence des interactions de l'enseignant visant à étayer le processus d'argumentation. L'accessibilité potentielle semble donc reliée plutôt à ce type spécifique d'interactions enseignant-groupes.

(2) Il y a une corrélation significative d'intensité moyenne à forte entre la fréquence des interactions de l'enseignant visant à étayer le processus d'argumentation et la fréquence des interactions visant à réguler la réalisation de la tâche. Cette corrélation est négative, indiquant que plus l'enseignant étaye le processus d'argumentation, moins il régule la réalisation de la tâche.

(3) La fréquence des échanges argumentatifs intragroupes HLQ est très significativement corrélée à la fréquence des échanges hors tâche. La corrélation est forte et négative.

Il est difficile de dire ici si l'absence de certains liens pour l'enseignant 2 provient de son style professionnel, ou du moindre écart d'accessibilité potentielle entre les configurations Bus et Hybride.

3.1.2 Contrôle de la variable classe

Le contrôle de la variable classe est aussi une limite de cette étude. Il a été demandé aux enseignants de choisir des classes comparables, mais la comparaison des classes A et B dans la configuration Bus fait quand même apparaître des différences.

Il y a une différence significative concernant la fréquence des interactions enseignant-groupes, qui est deux fois plus élevée pour la classe A que pour la classe B (MA = 12.8, MB = 6.7, t = 4.0618, df = 10.993, p = .00188).

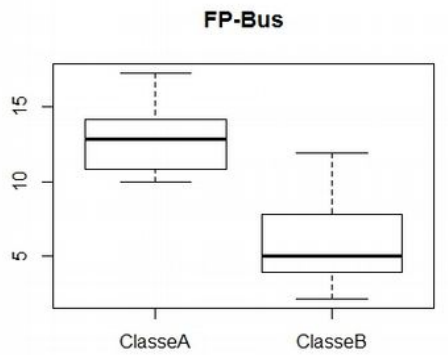


Figure 109: Comparaison de la fréquence des interactions enseignant-groupe dans la configuration Bus pour les classes A et B

Il est à noter que le test t de Student fait également apparaître une différence significative entre les classes A et B sur le plan des performances annuelles mesurées par les notes de l'enseignant (*MA* = 12.2, *MB* = 14.7, t = -3.1527, df = 8.2699, *p* = .01299).

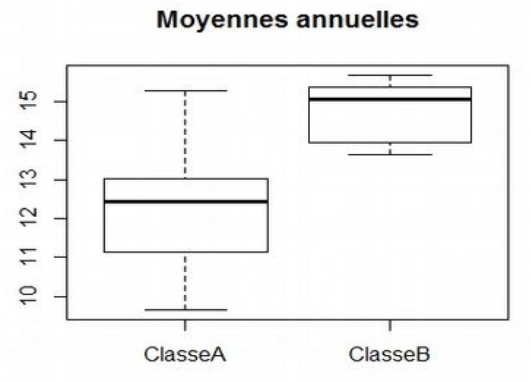


Figure 110: Comparaison des moyennes annuelles des deux classes A et B.

Dans la configuration Bus l'enseignant intervient donc deux fois plus souvent avec la classe la plus faible.

La comparaison des classes C et D en configuration Bus ne fait apparaître aucune différence dans la répartition des notes moyennes ni dans les fréquences des interactions enseignant-groupes.

Le premier enregistrement pour les classes A et B a eu lieu fin novembre, et le deuxième fin mai. Même si les deux classes apparaissaient comme comparables initialement, leur évolution dans l'année est probablement une des raisons de ces différences. Pour mieux contrôler la variable classe, il semble préférable de réaliser des enregistrements proches dans le temps, ce qui a été fait pour les autres classes.

3.2 Biais de mesure de l'accessibilité potentielle

Trois biais sont possibles dans la détermination de l'accessibilité.

3.2.1 Choix de la partition euclidienne pour l'adaptation de la carte

Un premier biais pourrait résulter du choix de la partition euclidienne pour l'adaptation de la carte, étape décrite dans la partie méthodologie p. 108. Afin d'estimer l'importance de ce biais, deux placements ont été comparés, ce qui a permis de vérifier que les différents choix de placement ne modifiaient pas sensiblement la valeur d'accessibilité potentielle, en tout cas que la précision du calcul restait inférieure à quarante centimètres, soit la valeur de la partition euclidienne choisie. L'effet du placement sur la précision de la mesure des distances de groupe à groupe semble être

faible, il est cependant nécessaire de réitérer les observations et de vérifier que cela reste vrai dans d'autres cas.

3.2.2 Choix a priori de règles de passabilité

Un deuxième biais pourrait découler des choix a priori des critères de passabilité, autrement dit de la décision d'ouvrir ou de fermer un chemin entre les rangées ou les tables, après leur placement sur la grille. Comme expliqué dans la partie méthodologie, il a été nécessaire de décider de fermer ou non ces espaces entre les rangées en fonction de la facilité d'accès pour l'enseignant. Il était parfois difficile de décider quelle largeur minimale était nécessaire entre deux tables. Or cette décision affecte la valeur d'accessibilité potentielle, et les variations qui en résultent peuvent être de l'ordre de grandeur du mètre. Un moyen possible d'éviter ce biais consiste à utiliser les cartes du suivi de la position de l'enseignant pour justifier la décision de fermer ou non un chemin non utilisé effectivement.

3.2.3 Choix du point optimal d'interaction

Un troisième biais pourrait provenir du choix du lieu optimal d'interaction pour l'enseignant. Les règles fixées a priori exposées dans la partie méthodologie p.107 peuvent être remises en cause. Le choix privilégié de la position d'interaction en face à face est fondé sur l'hypothèse que le contact visuel face à face favorise l'interaction enseignant-groupe. On peut contester cette hypothèse ou avancer que certains styles professionnels ou circonstances peuvent mener à des choix différents. Le choix du lieu d'interaction peut être guidé par d'autres objectifs que le maintien du contact visuel avec tous les élèves du groupe. Par exemple, le souci de la sécurité des élèves peut faire passer au premier plan l'objectif de garder un œil sur l’ensemble la classe, et cet objectif peut conduire à un placement très différent pour un enseignant.

Suite à ces réflexions, différents lieux d'interaction ont été testés pour le calcul de l’accessibilité, afin de mesurer l'étendue de la différence résultant du choix de la place optimale de l'enseignant. L'écart entre les valeurs extrêmes reste inférieur à quarante centimètres. Cependant, cet écart pourrait être plus grand pour d'autres configurations.

Chapitre 4. Perspectives

Je présente dans ce qui suit des prolongements méthodologiques possibles suite à cette recherche ainsi que des recommandations concernant la conception des espaces d'enseignement.

4.1 Prolongements méthodologiques

A l'issue de ce travail doctoral trois axes me semblent intéressants à prendre en compte pour de futures recherches : l'accessibilité réelle, la mobilité de l'enseignant et la nécessité de contrôler la variable configuration dans toute recherche concernant les interactions.

4.1.1 De l'accessibilité potentielle à l'accessibilité réelle

4.1.1.1 Nœud orienté théorique ou nœud multidirectionnel réel

Le calcul de l'accessibilité prend en compte des nœuds potentiels de stationnement de l'enseignant. Ces nœuds sont orientés face aux groupes d'élève et cette orientation, définie a priori, participe à la définition des chemins minimaux entre ces nœuds. Le calcul d'accessibilité potentielle utilisé est donc centré sur des placements orientés. On peut imaginer que l'enseignant pivote et interagisse avec d'autres groupes à partir d'un même nœud. La cartographie des placements effectifs de l'enseignant, associée aux informations concernant l'orientation de son axe corporel et de son champ de vision permettrait de construire une variable d'accessibilité réelle globale et par groupe d'élèves. La comparaison de cette accessibilité réelle avec l'accessibilité potentielle serait intéressante pour approcher les choix effectifs de placement de l'enseignant.

4.1.1.2 Perception d'accessibilité et visibilité

On peut imaginer utiliser les anamorphoses représentant l'accessibilité perçue depuis un point comme un indicateur de l'écart entre la perception visuelle et temporelle des distances. L'anamorphose étant construite sur les distances topologiques, elle se rapproche d'une perception temporelle de la distance. Un élève placé en un point, perçoit la distance qui sépare l'enseignant de lui de deux manières plus ou moins discordantes. La première est la perception visuelle de la distance, qui est ici une distance « à vol d'oiseau ». La deuxième est une perception temporelle de la distance, en tant que durée du parcours de l'enseignant selon la distance topologique.

4.1.2 De la proximité réelle à la mobilité de l'enseignant

Les déplacements de l'enseignant créent un fil temporel commun aux différents groupes, et construisent un espace commun. L'approche utilisée pour le calcul de la proximité réelle ne prend pas en compte cet aspect temporel qui participe à ce qui se joue dans la classe.

4.1.2.1 Accélération et prises de décision

Pour approcher la mobilité de l'enseignant, il serait intéressant de prendre en compte la dimension temporelle des déplacements, par exemple en suivant les variations de vitesse sur son parcours, en tant que trace de ses décisions d'interagir avec un groupe ou un autre. Il serait intéressant pour approcher de plus près la prise de décision de coupler l'enregistrement des déplacements à l'enregistrement de ce que regarde l'enseignant, par l'utilisation de lunettes de suivi oculaire (équipées de caméras type eye tracking).

4.1.2.2 Suivi de trajectoire, diffusion spatiale et analyse des échanges verbaux

Le suivi de la trajectoire de l'enseignant entre les différents groupes peut être effectué à partir des données de cette étude. Cet axe n'a pas été développé dans le cadre de ce travail doctoral, mais il offre des perspectives intéressantes pour également mieux approcher les éléments qui participent à la prise de décisions. On peut faire l'hypothèse que les interactions de l'enseignant avec un groupe sont entendues par les groupes contigus et que des effets de voisinage et des phénomènes de diffusion des informations ont lieu dans la classe. Il pourrait être intéressant d'approcher ce type de phénomènes en s'appuyant sur des travaux touchant à la diffusion spatiale comme ceux de Hagerstrand (1963, citée par Langlois & Daudé, 2007).

La trajectoire de l’enseignant pourrait aussi être prise en compte dans l’analyse et la recherche de régularités dans les échanges verbaux. La recherche de séquences dans les échanges pourrait intégrer la proximité.

4.1.3 Nécessité du contrôle de la configuration dans les études des interactions lors du travail de groupes

Suite à ce travail doctoral, il apparaît que les interactions intragroupes sont affectées par la configuration de l'espace. Il semble donc nécessaire de contrôler l'accessibilité dans de futures recherches concernant les interactions dans la classe lors du travail en groupes.

4.2 Recommandations pour la conception des espaces scolaires

4.2.1 Accessibilité et proximité

Cette recherche a montré que la configuration en Îlots présentait l'accessibilité la meilleure. D'autre part, elle a aussi montré que la qualité des échanges verbaux intragroupes est meilleure pour la configuration Bus que pour la configuration Peigne.

Il semble important, pour la qualité de l'enseignement et des apprentissages, de privilégier des configurations de bonne accessibilité et d'éviter d'aménager des espaces d'accessibilité médiocre comme le Peigne.

4.2.2 Passabilité

Une limite de passabilité entre rangs a été mise en évidence par les observations effectuées au cours de cette recherche. Cette limite semble se situer entre 60 et 70 cm. La réflexion sur la réfection d'espaces existants, l'aménagement ou la conception de nouveaux espaces doit la prendre en compte.

4.2.3 Distance seuil

De la même façon, une réflexion sur la conception de nouveaux espaces pourrait intégrer cette distance seuil topologique de 8-9m, qui est à vérifier par de nouvelles observations dans des contextes différents.

Conclusion

Deux objectifs ont guidé ce travail doctoral. Le premier était d'étudier comment la configuration de la salle de sciences, plus précisément son accessibilité, modifie les déplacements de l'enseignant dans son espace de travail, et sa proximité vis-à-vis des différents groupes d'élèves. Le deuxième était d'observer comment la proximité de l'enseignant aux différents groupes d'élèves modifiait les interactions verbales enseignant-groupes et intragroupes associées au processus d'argumentation. La finalité de ce travail était de dépasser le ressenti associé à la qualité d'un espace de travail, d'appréhender son accessibilité pour identifier et qualifier des espaces favorables, et repérer des empêchements de l'action.

Le premier objectif réclamait une méthodologie spécifique afin de comparer les déplacements de l'enseignant en classe dans deux configurations différentes. Afin de spécifier l'accessibilité de chaque configuration le concept d'accessibilité géographique a été transposé à l'univers de la classe. La méthodologie imaginée pour cette recherche a nécessité au final deux construits, l'accessibilité potentielle et la proximité réelle. Le premier était nécessaire pour caractériser le contexte d'une séance pour une classe placée dans une configuration donnée, et le deuxième pour mesurer les placements et les déplacements effectifs de l'enseignant dans les différents contextes.

L'accessibilité potentielle représente le capital de déplacements possibles dans un espace donné compte tenu de ses caractéristiques géométriques et des dimensions sociales et culturelles liées au placement des élèves. Sa détermination repose sur la modélisation de l'espace de la classe sous la forme d'un réseau, les nœuds de ce réseau étant les points optimaux d'interaction de l'enseignant avec les différents groupes d'élèves, définis a priori à partir de règles reposant sur une optimisation de la communication enseignant-groupes. Un algorithme de calcul de chemins de coût minimaux a été utilisé pour déterminer l'accessibilité potentielle à partir des distances topologiques entre les différents nœuds.

Conclusion

La proximité réelle représente comment l'enseignant ajuste ses placements et déplacements aux obstacles et besoins, et comment il saisit les opportunités inhérentes à la configuration. Il s'agit d'une valeur déterminée à partir des mesures de positions successives de l'enseignant, enregistrées à chaque seconde grâce à un dispositif spécifique. La proximité réelle vis-à-vis d'un groupe donné a été définie et calculée comme une moyenne des distances topologiques successives entre chaque position mesurée et le nœud correspondant au groupe considéré. Quatre configurations (Îlots, Bus, Hybride et Peigne) ont été comparées. Les résultats ont montré que la valeur d'accessibilité potentielle est d'autant plus élevée que l'accès est difficile et présente des obstacles aux déplacements. Ils ont montré également que la valeur de proximité réelle est d'autant plus grande que l'enseignant se tient éloigné des élèves. Les deux grandeurs évoluent de façon conjointe. L'intensité de leur corrélation est de valeur moyenne, ce qui tend à indiquer que l'accessibilité n'est pas le seul facteur explicatif de la proximité et réciproquement.

La méthodologie construite pour ce travail doctoral a donc permis de montrer que l'accessibilité potentielle modifie les déplacements effectifs de l'enseignant dans son espace de travail, et donc sa proximité vis-à-vis des différents groupes d'élèves.

Le deuxième objectif nécessitait la comparaison des interactions enseignant-groupes et intragroupes dans différentes configurations. Les échanges verbaux ont été enregistrés, transcrits et codés selon différentes granularités. Dans le cadre de ce travail doctoral, la granularité qui a été choisie pour l'analyse est la plus grossière. Cette granularité était suffisante pour distinguer trois types d'échanges enseignant-groupes et trois types d'échanges intragroupes. Le codage distinguait ainsi les interactions enseignant-groupes à caractère d'étayage du processus d'argumentation, celles de régulation de réalisation de la tâche,et celles de régulation des comportements. Il distinguait les échanges intragroupes argumentatifs, de régulation, et échanges hors tâche.

Deux analyses complémentaires ont été menées, à partir des données obtenues pour les trois configurations Bus, Hybride et Peigne. La première analyse s'est appuyée sur les traitements statistiques en valeurs moyennes de l'accessibilité, de la proximité et des fréquences respectives de chaque type d'interactions concernant les 47 groupes d'élèves enregistrés. La deuxième analyse a utilisé une méthodologie d'analyse géospatiale pour exploiter les données temporelles, spatiales et d'interaction de 140 000 points de mesure obtenus à partir de la mise à plat de tous les échanges horodatés et repérés dans l'espace.

Concernant les interactions enseignant-groupes, les résultats des comparaisons des valeurs moyennes entre les configurations Peigne et Bus a montré que la fréquence des interactions

intragroupes portant sur la régulation cognitive, c'est à dire l'étayage du processus d'argumentation était plus élevée dans la configuration Peigne. L'analyse des corrélations a montré que la nature et la fréquence des interactions ne dépendait pas directement de la configuration et a mis en évidence des liens complexes entre les interactions enseignant-groupes et les interactions intragroupes. Les résultats ont montré que les enseignants de cette étude étayaient d'autant plus le processus d'argumentation que les groupes d'élèves étaient eux même engagés dans ce processus, et que moins les groupes d'élèves manifestaient d'engagement dans la tâche par une grande fréquence d'échanges hors tâche, plus les enseignants intervenaient pour réguler la réalisation de la tâche.

Concernant les interactions intragroupes, les résultats de l'analyse des corrélations ont montré que la nature relative des interactions intragroupes dépend de l'accessibilité et de la proximité. Plus l'accessibilité et la proximité sont bonnes (c'est à dire de faibles valeurs), plus la fréquence des échanges de régulation augmente tandis que celle des échanges hors tâche diminue. Par ailleurs, une faible fréquence des échanges hors tâche correspond à une fréquence élevée des échanges argumentatifs. En outre, l'analyse géospatiale globale fait apparaître que la répartition spatio-temporelle de chaque type d'échange intragroupe est non linéaire et semble indiquer des phénomènes de seuils. Au delà d'un seuil temporel de 25-30 minutes, la nature des échanges change, la fréquence des échanges hors tâche augmente ainsi que celle des échanges de régulation, tandis que la fréquence des échanges argumentatifs diminue sensiblement. Au delà d'un seuil de distance topologique d'environ 8 mètres, la fréquence des échanges hors tâche augmente sensiblement tandis que celle des échanges de régulation diminue de façon nette.

Les réponses apportées par cette recherche soulèvent à présent de nouvelles questions, qui constituent autant de nouvelles pistes de recherche.

D'abord, le potentiel de la granularité fine du codage des échanges intragroupes n'a pas été utilisée dans le cadre de ce travail doctoral. Les recherches sur les échanges argumentatifs en classe s'intéressent aux motifs répétitifs de modalités. La recherche de ce type de motifs dans les séquences de modalités émises par les groupes d'élèves, par des méthodologies issues du codage du génome est une piste qui reste à exploiter. Le couplage de ce séquençage des échanges argumentatifs avec l'analyse géospatiale pourrait amener des réponses pertinentes concernant l'articulation des processus d'argumentation au sein du système classe. L'analyse géospatiale semble un élément indispensable à prendre en compte dans ces recherches, ne serait-ce que pour tenir compte des phénomènes de diffusion de l'information qui interfèrent vraisemblablement dans ces

processus. Le groupe d'élèves est une entité insérée dans un environnement, dont font partie l'enseignant et les autres groupes et son processus d'argumentation n'est pas hors sol.

Ensuite, les placements et déplacements de l'enseignant ont été étudiés ici dans le cadre du travail en petits groupes en sciences. Les résultats de cette étude peuvent-ils être généralisés à d'autres contextes et d'autres disciplines ? Comment l'enseignant ajuste-t-il son espace de travail quand le mobilier est déplaçable, et quels sont alors ses choix de placement ? La méthodologie d'analyse utilisée dans ce travail, couplée à l'auto-confrontation vidéo dans de multiples contextes pourrait apporter des éléments pour appréhender une compétence professionnelle de gestion de l'espace, compétence partagée par tous les enseignants, mais demeurant dans le domaine de l'implicite et absente de la formation des enseignants.

Enfin, l'introduction du numérique fait évoluer les espaces scolaires. On parle de nouveaux espaces d'apprentissage, intégrant le numérique, et de l'autonomie des élèves dans ces nouveaux espaces. Cette recherche s'est intéressé à l'espace de la classe et aux interactions entre les êtres humains qui occupent cet espace. L'analyse géospatiale des nouveaux espaces d'apprentissages devra également prendre en compte les interactions avec les artefacts numériques et considérer des espaces étendus, espace physique hors de la classe et espaces virtuels. Quelle seraient les caractéristiques optimales de ces nouveaux espaces, pour quelles formes d'apprentissage en devenir ? Quels espaces pour quelle nouvelle forme scolaire ? L'analyse géospatiale des interactions de classe semble être un moyen d'évaluer les expérimentations actuelles sur les nouveaux espaces d'apprentissage.

Bibliographie

Ahrens, D. (2009). Der schulische Lernort: Zwischen institutioneller Entgrenzung und sozialer Verräumlichung? In J. Böhme (Ed.), *Schularchitektur im interdisziplinären Diskurs. Territorialisierungskrise und Gestaltungsperspektiven des schulischen Bildungsraums* (pp. 73-86). Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.

Albe, V. (2006). Procédés discursifs et rôles sociaux d'élèves en groupes de discussion sur une controverse socio-scientifique. *Revue française de pédagogie. Recherches en éducation*, (157), 103-118.

Allal, L., & Lopez, L. M. (2005). L'évaluation formative de l'apprentissage: revue de publications en langue française. *L'évaluation formative, Pour un meilleur apprentissage dans les classes secondaires*, 265-299.

Antoni, J. P., Klein, O., & Moisy, S. (2004). Cartographie interactive et multimédia: vers une aide à la réflexion géographique. *Cybergeo: European Journal of Geography*.

Bailly, A. (1985). Distances et espaces: vingt ans de géographie des représentations. *L'espace géographique*, 197-205.

Banos, A. (2001). A propos de l'analyse spatiale exploratoire des données. *Cybergeo: European Journal of Geography*.

Barnaud, M. L., Morgado, N., Palluel-Germain, R., Diard, J., & Spalanzani, A. (2014, September). Proxemics models for human-aware navigation in robotics: Grounding interaction and personal space models in experimental data from psychology. In *Proceedings of the 3rd IROS'2014 workshop "Assistance and Service Robotics in a Human Environment"*.Davis, T. R. (1984). The influence of the physical environment in offices. *Academy of management review*, *9*(2), 271-283.

Baude, O., Blanche-Benveniste, C., Calas, M. F., Cappeau, P., Cordereix, P., Goury, L., & Mondada, L. (2006). *Corpus oraux, guide des bonnes pratiques 2006* (p. 203). CNRS Editions, Presses Universitaires Orléans.

Beichner, R. J., Saul, J. M., Abbott, D. S., Morse, J. J., Deardorff, D., Allain, R. J., Bonham, S. W., Dancy, M. H., & Risley, J. S. (2007). The student-centered activities for large enrollment undergraduate programs (SCALE-UP) project. *Research-based reform of university physics*, *1*(1), 2-39.

Bibliographie

Bender, H. E., & Fracchia, J. (1971). Designer's handbook: Environmental planning for group stability.

Bernard, J. (2012). A place to learn: Lessons from research on learning environments. *UNESCO Institute for Statistics, Montreal, Quebec*.

Bessonnat, D. (1998). Maîtrise de la langue et apprentissages disciplinaires. Approches transversales au collège en France. *Revue internationale d'éducation de Sèvres*, (19), 41-48.

Bian, Z., & Andersen, G. J. (2013). Aging and the perception of egocentric distance. *Psychology and aging*, *28*, 813.

Bisault, J. (2008). Interactions verbales, investigation expérimentale et conceptualisation en sciences à l'école primaire. *Carrefours de l'éducation*, (1), 17-31.

T Bolly, C., Crible, L., Degand, L., & Uygur-Distexhe, D. (2015). MDMA. Un modèle pour l'identification et l'annotation des marqueurs discursifs «potentiels» en contexte. *Discours. Revue de linguistique, psycholinguistique et informatique. A journal of linguistics, psycholinguistics and computational linguistics*, (16).

Boreham, N. (2004). Collective competence and work process knowledge. In *European Conference on Educational Research, Crete, Greece*.

Bouysse, V. (2006). L'école maternelle, un modèle quasi mythique. *La revue de l'inspection générale*, *3*, 18-25.

Brooks, D. C. (2011). Space matters: The impact of formal learning environments on student learning. *British Journal of Educational Technology*, *42*(5), 719-726.

Brooks, D. C. (2012). Space and consequences: The impact of different formal learning spaces on instructor and student behavior. *Journal of Learning Spaces*, *1*(2).

Bucheton, D., & Soulé, Y. (2009). Les gestes professionnels et le jeu des postures de l'enseignant dans la classe: un multi-agenda de préoccupations enchâssées. *Éducation & didactique*, *3*(3), 29-48.

Buisson, F. (1911). *Nouveau dictionnaire de pédagogie.* Edition électronique en ligne sur http://www.inrp.fr/edition-electronique/lodel/dictionnaire-ferdinand-buisson

Burke, C., & Grosvenor, I. (2008). *School*. London : Reaktion Books.

Butler, D. L., & Winne, P. H. (1995). Feedback and self-regulated learning: A theoretical synthesis. *Review of educational research*, *65*(3), 245-281.

Caloz, R., & Collet, C. (2011). Analyse spatiale de l'information géographique. PPUR Presses polytechniques.

Cartier, S. C., & Mottier Lopez, L. (2017). Introduction: moyens et dispositifs de l'apprentissage autorégulé et de la régulation des apprentissages, une perspective contemporaine.

Cauvin, C. (1997). Au sujet des transformations cartographiques de position. *Cybergeo: European Journal of Geography*.

Charron, M., & Shearmur, R. (2005). La ségrégation économique comme un phénomène complexe: une analyse spatio-temporelle du cas montréalais. *The Canadian Geographer/Le Géographe canadien*, *49*(4), 332-351.

Claramunt, C., Parent, C., & Thériault, M. (1998). Design patterns for spatio-temporal processes. *In Data Mining and Reverse Engineering* (pp. 455-475). Springer, Boston, MA.

Clot, Y., Faïta, D., Fernandez, G., & Scheller, L. (2001). Entretiens en autoconfrontation croisée: une méthode en clinique de l'activité. *Education permanente*, *146*(1), 17-25.

Clot, Y. (2008). *Travail et pouvoir d'agir.* Paris : PUF.

Clot, Y. (2015). *Le travail à cœur: pour en finir avec les risques psychosociaux*. Paris : La découverte.

Collins, J. K. (1976). Distance perception as a function of age. *Australian Journal of Psychology*, *28*(2), 109-113.

Côté, N. (2011). Perception multimodale de la distance dans un environnement virtuel.

Cutting, J. E., & Vishton, P. M. (1995). Perceiving layout and knowing distances: The integration, relative potency, and contextual use of different information about depth. In *Perception of space and motion* (pp. 69-117).

Darmody, M., Smyth, E., & Doherty, C. (2010). Designing primary schools for the future. *Economic and Social Research Institute (ESRI) Research Series*.

Darras, B., & Belkhamsa, S. (2008). Faire corps avec le monde. Etude comparée des concepts d'affordance, d'énaction et d'habitude d'action. *Recherches en communication*, *29*(29), 125-146.

Davis, T. R. (1984). The influence of the physical environment in offices. *Academy of management review*, *9*(2), 271-283.

De Rosnay, J. (2014). *Le macroscope. Vers une vision globale*. Le seuil.

De Smith, M. J., Goodchild, M. F., & Longley, P. (2007). *Geospatial analysis: a comprehensive guide to principles, techniques and software tools*. Troubador Publishing Ltd.

Dewe, P. J. (1985). Coping with work stress: An investigation of teachers' actions. *Research in Education*, *33*(1), 27-40.

Dijkstra, E. W. (1959). A note on two problems in connexion with graphs. *Numerische mathematik*, *1*(1), 269-271.

Driver, R., Newton, P., & Osborne, J. (2000). Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms. *Science education*, *84*(3), 287-312.

Efran, M. G., & Cheyne, J. A. (1973). Shared space: The co-operative control of spatial areas by two interacting individuals. *Canadian Journal of Behavioural Science/Revue canadienne des sciences du comportement*, *5*(3), 201.

Engeström, Y. (1999). Activity theory and individual and social transformation. *Perspectives on activity theory*, *19*(38).

Fischer, G. N., & Fousse, C. (2002). Espaces de travail et communication–Une lecture psychosociale. *Communication et organisation*, (21).

Fischer, G. (2011). Psychologie sociale de l'environnement. Paris: Dunod.

Forest, C. (2012). Qui s' assoit où?. Stratégies d'occupation des sièges dans la salle de cinéma. *Conserveries mémorielles. Revue transdisciplinaire*, (12).

Forest, D. (2006). *Analyse proxémique d'interactions didactiques (Doctoral dissertation, Rennes 2).*

Garritz, A. (2013). PCK for dummies. *Educación química*, *24*(2), 462-465.

Gaver, W. W. (1991). Technology affordances. In *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems* (pp. 79-84). ACM.

Gess-Newsome, J., Carlson, J., Berry, A. K., Borowski, A., Fischer, H. E., Radboud, I. H., & Kirschner, S. (2013). A report on the PCK Summit: Current and future research directions. *NARST-PCK Summit*.

Gess-Newsome, J. (2015). A model of teacher professional knowledge and skill including PCK. *Re-examining pedagogical content knowledge in science education*, 28-42.

Gibson, J. J. (1979). The theory of affordances. In The Ecological Approach to Visual Perception (pp. 127-143).

Guérin, F., Laville, A., Daniellou, F., Duraffourg, J., & Kerguelen, A. (1991 ; 2007). Comprendre le travail pour le transformer : la pratique de l'ergonomie. Lyon, ANACT.

Good, T. L., & Brophy, J. E. (1970). Teacher-child dyadic interactions: A new method of classroom observation. *Journal of School Psychology*, *8*(2), 131-138.

Grangeat, M. (2010). Les régulations métacognitives dans l'activité enseignante: rôle et modes de développement. *Revue des sciences de l'éducation*, *36*(1), 233-253.

Grangeat, M. (2013). Modéliser les enseignements scientifiques fondés sur les démarches d'investigation: développement des compétences professionnelles, apport du travail collectif.

Grangeat, M., & Hudson, B. (2015). A new model for understanding the growth of science teacher professional knowledge. In *Understanding science teachers' professional knowledge growth* (pp. 205-228). SensePublishers, Rotterdam.

Hall, E. T. (1966). The hidden dimension

Hall, E.T. (1966). La dimension cachée

Hattie, J., & Timperley, H. (2007). The power of feedback. *Review of educational research*, *77*(1), 81-112.

Hastie, T., & Tibshirani, R. (1987). Generalized additive models: some applications. *Journal of the American Statistical Association*, *82*(398), 371-386.

Hazelkorn, E., Ryan, C., Beernaert, Y., Constantinou, C., Deca, L., Grangeat, M., & Welzel-Breuer, M. (2015). Science education for responsible citizenship (No. EUR 26893). *Brussels: European Commission–Research and Innovation*.

Hearn, G. (1957). Leadership and the spatial factor in small groups. *The Journal of Abnormal and Social Psychology*, *54*(2), 269.

Hediger, H. (1955). Studies of the psychology and behavior of captive animals in zoos and circuses.

Howells, L. T., & Becker, S. W. (1962). Seating arrangement and leadership emergence. *The Journal of Abnormal and Social Psychology*, *64*(2), 148.

Hubault, F., & Bourgeois, F. (2004). Disputes sur l'ergonomie de la tâche et de l'activité, ou la finalité de l'ergonomie en question. *Activités*, *1*(1-1).

Issaadi, S., & Jaillet, A. (2017). Proxémie d'apprentissage. *Éducation et socialisation. Les Cahiers du CERFEE*, (43).

Jacobson, M. J., & Wilensky, U. (2006). Complex systems in education: Scientific and educational importance and implications for the learning sciences. *The Journal of the learning sciences*, *15*(1), 11-34.

Jeannin, L. (2017). La mobilité, clé de nouvelles pratiques?. *Éducation et socialisation. Les Cahiers du CERFEE*, (43).

Karwowski, W. (2005). Ergonomics and human factors: the paradigms for science, engineering, design, technology and management of human-compatible systems. *Ergonomics*, *48*(5), 436-463.

Karwowski, W. (2012). The discipline of human factors and ergonomics. *Handbook of human factors and ergonomics*, *4*, 3-37.

Kermen, I., & Barroso, M. T. (2013). Activité ordinaire d'une enseignante de chimie en classe de terminale. *RDST. Recherches en didactique des sciences et des technologies*, (8), 91-114.

Kregenow, J. M., Rogers, M., & Price, M. F. (2011). Is There a" Back" of the Room When the Teacher Is in the Middle?. *Journal of College Science Teaching*, *40*(6), 45.

Lapointe, J. (1993). L'approche systémique et la technologie de l'éducation. *disponible sur: http://www. fse. ulaval. ca/fac/ten/reveduc/html/vol1/no1/apsyst. Html*.

Langlois, P., & Daudé, E. (2007). Concepts et modélisations de la diffusion géographique. *Cybergeo: European Journal of Geography*.

Larsen, K. (2015). GAM: The predictive modeling silver bullet. *Multithreaded. Stitch Fix*, *30*.

Laugaa, D., & Bruchon-Schweitzer, M. (2005). L'ajustement au stress professionnel chez les enseignants français du premier degré. *L'orientation scolaire et professionnelle*, (34/4), 499-519.

Le Cœur, M. (2011). La chaire et les gradins. De la salle de classe à la salle de cours dans les lycées au XIXe siècle. *Histoire de l'éducation*, (130), 85-109.

Lécuyer, R. (1975). Psychosociologie de l'espace. I. Disposition spatiale et communication en groupe. *L'année psychologique*, *75*(2), 549-573.

Lefebvre, H. (1974). La production de l'espace. *L'Homme et la société*, *31*(1), 15-32.

Lepareur, C. (2016). *L'évaluation dans les enseignements scientifiques fondés sur l'investigation: effets de différentes modalités d'évaluation formative sur l'autorégulation des apprentissages* (Doctoral dissertation, Université Grenoble Alpes).

Lieury Alain, « Mémoire et apprentissages scolaires », *Ela. Études de linguistique appliquée*, 2003/2 (n° 130), p. 179-186. URL : https://www.cairn.info/revue-ela-2003-2-page-179.htm

Lippman, P. C. (2010). *Can the Physical Environment Have an Impact on the Learning Environment?* (No. 2010/13). OECD Publishing.

Loomis, J. M., Da Silva, J. A., Fujita, N., & Fukusima, S. S. (1992). Visual space perception and visually directed action. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *18*(4), 906.

Löw, M. (2008). The Constitution of Space. *European Journal of Social Theory*, *11*(1), 25-49.

Luyat, M., & Regia-Corte, T. (2009). Les affordances: de James Jerome Gibson aux formalisations récentes du concept. *L'année psychologique*, *109*(2), 297-332.

Mello, P., Marzin-Janvier, P., & de Almeida, D. M. (2018). Comment des élèves de lycée argumentent avec la plateforme LabBook dans une situation de résolution de problème en immunologie. In *10 ème rencontres scientifiques de l'ARDIST*.

Martin, J. Y. (2006). Une géographie critique de l'espace du quotidien. L'actualité mondialisée de la pensée spatiale d'Henri Lefebvre. *Articulo-Journal of Urban Research*, (2).

Marx, A., Fuhrer, U., & Hartig, T. (1999). Effects of classroom seating arrangements on children's question-asking. *Learning Environments Research*, *2*(3), 249-263.

McGrenere, J., & Ho, W. (2000, May). Affordances: Clarifying and evolving a concept. In *Graphics interface* (Vol. 2000, pp. 179-186).

McClelland, L., & Auslander, N. (1978). Perceptions of crowding and pleasantness in public settings. *Environment and Behavior*, *10*(4), 535-553.

Miller, H. J. (1991). Modelling accessibility using space-time prism concepts within geographical information systems. *International Journal of Geographical Information System*, *5*(3), 287-301.

Milner, A. D., & Goodale, M. A. (1998). The Visual Brain in Action. *PSYCHE*, *4*, 12.

Monnard, M. (2017). *Lutte des places dans la société des pairs: une ethnographie scolaire dans trois cycles d'orientation genevois* (Doctoral dissertation, University of Geneva).

Morgado, N. (2014). *L'influence des contraintes physiques et sociales des actions sur la perception visuelle de l'espace* (Doctoral dissertation, Université de Grenoble).

Norman, D. (1988). *The design of everyday things*. Basic Books, New York.

Norman, D. (2013). *The design of everyday things: Revised and expanded edition*. Basic Books (AZ).

Noulin, M. (1992) Ergonomie. Techniplus. (2002) Seconde édition actualisée Toulouse : Octarès Editions.

Park, E. L., & Choi, B. K. (2014). Transformation of classroom spaces: Traditional versus active learning classroom in colleges. *Higher Education*, *68*(5), 749-771.

Parzen, E. (1962). On estimation of a probability density function and mode. *The annals of mathematical statistics*, *33*(3), 1065-1076.

Pastré, P. (1999). Travail et compétences: un point de vue de didacticien. *Formation emploi*, *67*(1), 109-125.

Pastré, P. (2002). L'analyse du travail en didactique professionnelle. *Revue française de pédagogie*, 9-17.

Pastré, P. (2007). Quelques réflexions sur l'organisation de l'activité enseignante. *Recherche et formation*, (56), 81-93.

Perkins, K. K., & Wieman, C. E. (2005). The surprising impact of seat location on student performance. *The Physics Teacher*, *43*(1), 30-33.

Peuquet, D. J. (1999). Time in GIS and geographical databases. *Geographical information systems*, *1*, 91-103.

Plantin, C. (1996). Le trilogue argumentatif: Présentation de modèle, analyse de cas. *Langue française*, 9-30.

Plumejeaud, C. (2011). *Modèles et méthodes pour l'information spatio-temporelle évolutive* (Doctoral dissertation, Université Grenoble Alpes)

Porcher, D., Munoz, G., Courchay, M. (2016). Un non-verbal qui en dit beaucoup. Déplacements, postures, distances entre enseignant et élèves. *Dossier EP&S n°83 Corps et Climat scolaire*

Rabardel, P. (1995). *Les hommes et les technologies; approche cognitive des instruments contemporains.* Armand Colin.

Regoeczi, W. C. (2008). Crowding in context: an examination of the differential responses of men and women to high-density living environments. *Journal of health and social behavior*, *49*(3), 254-268.

Reverdy, C. (2012). De l'architecture scolaire aux espaces d'apprentissage: au bonheur d'apprendre?

Ria, L. (2008). Ergonomie du travail enseignant.

Rißler, G., Bossen, A., & Blasse, N. (2014). School as space: spatial alterations, teaching, social motives, and practices. *Studia paedagogica*, *19*(4), 145.

Rocard, M., Csermely, P., Jorde, D., Lenzen, D., Walberg-Henriksson, H., & Hemmo, V. (2007). L'enseignement scientifique aujourd'hui: une pédagogie renouvelée pour l'avenir de l'Europe. *Commission européenne/Bruxelles.[Rapport en ligne] Disponible sur http://ec. europa. eu*.

Rosenblatt, M. (1956). A central limit theorem and a strong mixing condition. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *42*(1), 43-47.

Rumbaugh, J., Blaha, M., Eddy, F., Premerlani, W., Lorensen, W., Fontaine, A. B., Reich, G. P. & Zaïm, V. (1995). OMT(modélisation et conception orientées objet).

Shulman, L. S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational researcher*, *15*(2), 4-14.

Sieber, M. (2001). *Comment gérer l'indiscipline en classe?* (Doctoral dissertation, Université de Fribourg).

Sommer, R. (1961). Leadership and group geography. *Sociometry*, *24*(1), 99-110.

Sommer, R. (1962). The distance for comfortable conversation: A further study. *Sociometry*, *25*(1), 111-116.

Sommer, R. (1965). Further studies of small group ecology. *Sociometry*, 337-348.

Sommer, R. (1967). Sociofugal space. *American Journal of Sociology*, *72*(6), 654-660.

Steinzor, B. (1950). The spatial factor in face to face discussion groups. *The Journal of Abnormal and Social Psychology*, *45*(3), 552.

Stokols, D. (1972). On the distinction between density and crowding: Some implications for future research. *Psychological review*, *79*(3), 275.

Stoffregen, T. A. (2003). Affordances as properties of the animal-environment system. *Ecological psychology*, *15*(2), 115-134.

Tagliacollo, V. A., Volpato, G. L., & Pereira Júnior, A. (2010). Association of student position in classroom and school performance. *Educational Research*, 198-201.

Tiberghien, A. (2003). Chapitre 8. Des connaissances naïves au savoir scientifique. In *Les sciences cognitives et l'école* (pp. 353-413). Presses Universitaires de France.

Toulmin, S. E. (1958). *The Uses of Argument.*

Toulmin, S. E. (2003). *The Uses of Argument*. Cambridge University Press.

Toye, R. C. (1986). The effect of viewing position on the perceived layout of space. *Perception & Psychophysics*, *40*(2), 85-92.

Tukey, J. W. (1990). Data-based graphics: visual display in the decades to come. *Statistical Science*, *5*(3), 327-339.

Turvey, M. T. (1992). Affordances and prospective control: An outline of the ontology. *Ecological psychology*, *4*(3), 173-187.

Valois, J. P. (2000). Approche graphique en analyse des données. *Journal de la société française de statistique*, *141*(4), 5-40.

Valois, J. P. (2000). La représentation graphique des données: des héritages aux pratiques nouvelles. *Journal de la société française de statistique*, *141*(4), 93-107.

Veyrunes, P. (2012). Dynamique de l'activité individuelle et collective en classe lors du passage dans les rangs. *Revue des sciences de l'éducation*, *38*(1), 187-208.

Vygotski, L. S. (1934). Pensée et langage (2002). *Paris: La Dispute*.

Warren, W. H. (1984). Perceiving affordances: Visual guidance of stair climbing. *Journal of experimental psychology: Human perception and performance*, *10*(5), 683.

Warren Jr, W. H., & Whang, S. (1987). Visual guidance of walking through apertures: body-scaled information for affordances. *Journal of experimental psychology: human perception and performance*, *13*(3), 371.

Weinstein, C. S. (1992). Designing the Instructional Environment: Focus on Seating.

Abréviations (classement thématique)

Codages des interactions intragroupes

Ac	Modalité d'accord
Af	Modalité d'affirmation
Ce	Modalité de déduction élaborée
De	Modalité de déconcentration
Di	Modalité d'interprétation/analyse de données
Do	Modalité de lecture d'images ou observation directe
Em	Modalité de ressenti négatif
Ep	Modalité d'engagement positif
Jm	Modalité de justification fondée sur un modèle
Jv	Modalité de justification fondée sur la vie courante
Lt	Modalité de lecture des données
Oe	Modalité d'opposition élaborée
Os	Modalité d'opposition simple
Qd	Modalité Question
Rb	Modalité de régulation évoquant le but de la tâche à réaliser
Re	Modalité de régulation évoquant l'état de réalisation de la tâche
Rq	Modalité de régulation évoquant la qualité de réalisation de la tâche
Rs	Modalité de régulation évoquant des stratégies de réalisation de la tâche
Vd	Modalité de demande de feedback

Codage des interactions enseignant-groupes

Pa	Modalités d'interactions enseignant-groupe de régulation du processus cognitif (Pi Pj Po Pc)
Pc	Modalité d'interactions enseignant-groupe de validation-confirmation
Pe	Modalité d'interactions enseignant-groupe visant à réguler les comportements
Pi	Modalité d'interactions enseignant-groupe incitant à les élèves à rechercher des informations
Pj	Modalité d'interactions enseignant-groupe incitant à les élèves à justifier leurs affirmations
Po	Modalité d'interactions enseignant-groupe questionnant ou mettant en doute les affirmations des élèves
Pr	Modalité d'interactions enseignant-groupe visant à réguler le processus de réalisation de la tâche par l'enseignant
FP	Fréquence globale des interactions enseignant-groupes
FPa	Fréquence des interactions enseignant-groupe de régulation du Processus cognitif d' argumentation (Pi Pj Po Pc)
FPe	Fréquence des interactions enseignant-groupe visant la régulation des comportements

Abréviations (classement thématique)

FPr	Fréquence des interactions enseignant-groupe de régulation du Processus de Réalisation de la tâche

Regroupements de modalités d'interaction pour l'analyse

DeEm	Modalités d'échanges Hors Tâche (De et Em)
HQ	Modalités d'échanges intragroupes d'argumentation de haute qualité (Do Di Ce Jv Jo Jm Os Oe)
LQ	Modalités d'échanges intragroupes d'argumentation simple (Lt Ac Af Vd Qd)
HLQ	Modalités d'échanges intragroupes d'argumentation : tous les échanges HQ+LQ
Ri	Modalités d'échanges intragroupes de régulation (Ep Re Rb Rs Rq)
FDeEm	Fréquence des échanges Hors Tâche (De et Em)
FHQ	Fréquence des modalités d'argumentation de Haute Qualité (Codage manuel Do Di Ce Jv Jo Jm Os Oe)
FLQ	Fréquence des modalités d'argumentation simple (Codage manuel Lt Ac Af Vd Qd)
FHLQ	Fréquence des modalités d'argumentation : tous les échanges HQ (High Quality)+LQ (Low Quality)
FRi	Fréquence des interactions intragroupes de régulation de la réalisation de la tâche (Codage manuel Ep Re Rb Rs Rq)

Comparaison des modes de codage, humain et automatisé

Aa	Modalité d'Argumentation (jugement automatisé)
Ah	Modalité d'Argumentation (jugement humain)
Ra	Échange de régulation (jugement automatisé)
Rh	Échange de régulation (jugement humain)
nAA	Nombre d'accords entre jugement humain et automatisé concernant les échanges d'Argumentation
nAR	Nombre de désaccords entre jugement humain (Argumentation) et automatisé (Régulation)
nRA	Nombre de désaccords entre jugement humain (Régulation) et automatisé (Argumentation)
nRR	Nombre d'accords entre jugement humain et automatisé concernant les échanges de Régulation

Distances, accessibilité et proximité

AGG	Accessibilité potentielle globale moyenne
AGGi	Accessibilité spécifique du groupe à chaque seconde
distMoyGGi	Accessibilité à partir du groupe i (distance moyenne du Groupe i aux autres Groupes)
distMoyPG	Proximité moyenne (distance moyenne Prof-Groupe)
dPG	Proximité réelle globale moyenne
dPGi	Proximité à chaque seconde de l'enseignant vis-à-vis du groupe i
npei	Nombre de points de mesure associés à des interactions enseignant-groupe i pouvant être codées* pour ce groupe

npi	Nombre de points de mesure associés à des interactions pouvant être codées* pour le groupe i

Autres

ACT	American College Test
ALC	Active Learning Classrooms
AVS	Auxiliaire de vie scolaire
ESPE	École Supérieure du Professorat et de l'Éducation
GAM	Generalized Additive Model
GWR	Geographically Weighted Regression
OMT	Object Modeling Technique
PCK	Connaissances professionnelles de référence de l'enseignant
PERT	Program Evaluation and Review Technique
PESAPS	Program Evaluating the Set of Alternative Sample Paths
PPA	Potential Path Area, variété des chemins possibles entre deux nœuds d'un réseau
SD	Standard Deviation
SIG	Système d'Information Géographique
SPC	Sciences Physiques et Chimiques
SVT	Sciences de le Vie et de la Terre
TPKinCs	Connaissances professionnelles des enseignants associées aux contextes instrumental, social et scolaire

Abbréviations (classement alphabétique)

Aa	Modalité d'Argumentation (codage automatisé)
Ac	Modalité d'accord
ACT	American College Test
Af	Modalité d'affirmation
AGG	Accessibilité potentielle globale moyenne
AGGi	Accessibilité spécifique du groupe à chaque seconde
ALC	Active Learning Classrooms
AVS	Auxiliaire de vie scolaire
Ce	Modalité de déduction élaborée
De	Modalité de déconcentration
DeEm	Modalités d'échanges Hors Tâche (De et Em)
Di	Modalité d'interprétation/analyse de données (Donnée interprétée)
distMoyGGi	Accessibilité à partir du groupe i (distance moyenne du Groupe i aux autres Groupes)
distMoyPG	Proximité moyenne (distance moyenne Prof-Groupe)
Do	Modalité de lecture d'images ou observation directe
dPG	Proximité réelle globale moyenne
dPGi	Proximité à chaque seconde de l'enseignant vis-à-vis du groupe i
Em	Modalité de ressenti négatif
Ep	Modalité d'engagement positif
ESPE	École Supérieure du Professorat et de l'Éducation
FAa	Fréquence des modalités d' Argumentation (codage automatisé)
FDeEm	Fréquence échanges Hors Tâche (De et Em)
FHLQ	Fréquence des modalités d'argumentation : tous les échanges HQ (High Quality)+LQ (Low Quality)
FHQ	Fréquence des modalités d'argumentation de Haute Qualité (Do Di Ce Jv Jo Jm Os Oe)
FLQ	Fréquence des modalités d'argumentation simple (Low Quality : Lt Ac Af Vd Qd)
FP	Fréquence globale des interactions enseignant-groupes
FPa	Fréquence des interactions enseignant-groupe de régulation du Processus cognitif d' argumentation (Pi Pj Po Pc)
FPe	Fréquence des interactions enseignant-groupe visant la régulation des comportements
FPr	Fréquence des interactions enseignant-groupe de régulation du Processus de Réalisation de la tâche
FRa	Fréquence des interactions intragroupes de Régulation de la réalisation de la tâche (codage automatisé)
FRi	Fréquence des interactions intragroupes de Régulation de la réalisation de la tâche (Codage manuel Ep Re Rb Rs Rq)
GAM	Generalized Additive Model
GWR	Geographically Weighted Regression
HLQ	Modalité d'interactions intragroupes d'argumentation : tous les échanges HQ+LQ
HQ	Modalité d'interactions intragroupes d'argumentation de haute qualité (Do Di Ce Jv Jo Jm Os Oe)
Jm	Modalité de justification fondée sur un modèle
Jv	Modalité de justification fondée sur la vie courante
LQ	Modalité d'interactions intragroupes d'argumentation simple (Lt Ac Af Vd Qd)

Lt	Modalité de lecture des données
nAA	Nombre d'accords entre jugement humain et automatisé concernant les échanges d'Argumentation
nAR	Nombre de désaccords entre jugement humain (Argumentation) et automatisé (Régulation)
npei	Nombre de points de mesure associés à des interactions enseignant-groupe i pouvant être codées* pour ce groupe
npi	Nombre de points de mesure associés à des interactions pouvant être codées* pour le groupe i
nRA	Nombre de désaccords entre jugement humain (Régulation) et automatisé (Argumentation)
nRR	Nombre d'accords entre jugement humain et automatisé concernant les échanges de Régulation
Oe	Modalité d'opposition élaborée
Os	Modalité d'opposition simple
OMT	Object Modeling Technique
Pa	Modalités d'interactions enseignant-groupe de régulation du processus cognitif (Pi Pj Po Pc)
Pc	Modalité d'interactions enseignant-groupe de validation-confirmation
PCK	Connaissances professionnelles de référence de l'enseignant
Pe	Modalité d'interactions enseignant-groupe visant à réguler les comportements
PERT	Program Evaluation and Review Technique
PESAPS	Program Evaluating the Set of Alternative Sample Paths
Pi	Modalité d'interactions enseignant-groupe incitant à les élèves à rechercher des informations
Pj	Modalité d'interactions enseignant-groupe incitant à les élèves à justifier leurs affirmations
PPA	Potential Path Area, variété des chemins possibles entre deux nœuds d'un réseau
Po	Modalité d'interactions enseignant-groupe questionnant ou mettant en doute les affirmations des élèves
Pr	Modalité d'interactions enseignant-groupe visant à réguler le processus de réalisation de la tâche par l'enseignant
Qd	Modalité Question
Ra	Échange de régulation (jugement automatisé)
Rb	Modalité de régulation évoquant le but de la tâche à réaliser
Re	Modalité de régulation évoquant l'état de réalisation de la tâche
Rh	Échange de régulation (jugement humain)
Ri	Modalité d'échange de régulation intragroupe (Ep Re Rb Rs Rq)
Rq	Modalité de régulation évoquant la qualité de réalisation de la tâche
Rs	Modalité de régulation évoquant des stratégies de réalisation de la tâche
SD	Standard Deviation
SIG	Système d'Information Géographique
SPC	Sciences Physique et Chimiques
SVT	Sciences de le Vie et de la Terre
TPKinCs	Connaissances professionnelles des enseignants associées aux contextes instrumental, social et scolaire
Vd	Modalité de demande de feedback

Annexes

ANNEXE 1 : Procédure de synchronisation des fichiers sons et vidéos....271

ANNEXE 2 : Exemples de fichiers transcription.....273

1) Enseignant 2 – Groupe 4 – Séance 1 – Configuration Bus.....273

2) Enseignant 1 – Groupe 4 – Séance 1 – Configuration Peigne.....281

ANNEXE 3 : Détermination de la proximité effective à partir des données de position.....295

1) Saisie de la position.....295

2) Zones neutres.....296

3) Calcul des proximités effectives (distances topologiques réelles de l'enseignant aux différents groupes).....297

4) Estimation de la densité de présence par la méthode du noyau.....299

ANNEXE 4 : Couplage des données de position et des données relatives aux échanges verbaux.....301

ANNEXE 5 : Principe d'extraction des mots Ra (codage automatisé).....303

1) Principe d'extraction des mots Ra.....305

2) Principe de mesure du coefficient interjuge (Kappa de Cohen).....305

ANNEXE 6 : Procédure de discrétisation spatio-temporelle des données.....307

ANNEXE 7 : Illustration de la normalisation des données discrétisées....309

1) Normalisation en fréquence.....309

2) Règles fixant les seuils de représentativité des lignes et colonnes du tableau.....310

ANNEXE 8 : Traitements avec R Studio.....311

1) RStudio.....311

2) Packages utilisés.....311

3) Traitements sur les valeurs moyennes.....314

1 Fichier Centralisation.....314

2 Résultats de la comparaison Bus-Peigne.....316

3 Résultats de la comparaison Bus -Hybride.....320

4) Modélisation et visualisation spatio-temporelle avec GAM.....324

1 Étapes de modélisation et visualisation.....324

ANNEXE 9 : Figures dupliquées.....329

ANNEXE 1 : Procédure de synchronisation des fichiers sons et vidéos

Les fichiers ont d'abord été découpés de manière à ne conserver que la partie correspondant au travail de groupe. Deux instants particuliers et identifiables ont été repérés pour chaque séance, et tous les fichiers ont été calés en début et en fin du travail de groupe. Le découpage a été effectué avec le logiciel AVS4you, qui permet un découpage précis et autorise différents formats d'enregistrement.

L'intégralité du travail en groupe a été conservée, les fichiers sont donc plus ou moins longs selon les séances observées.

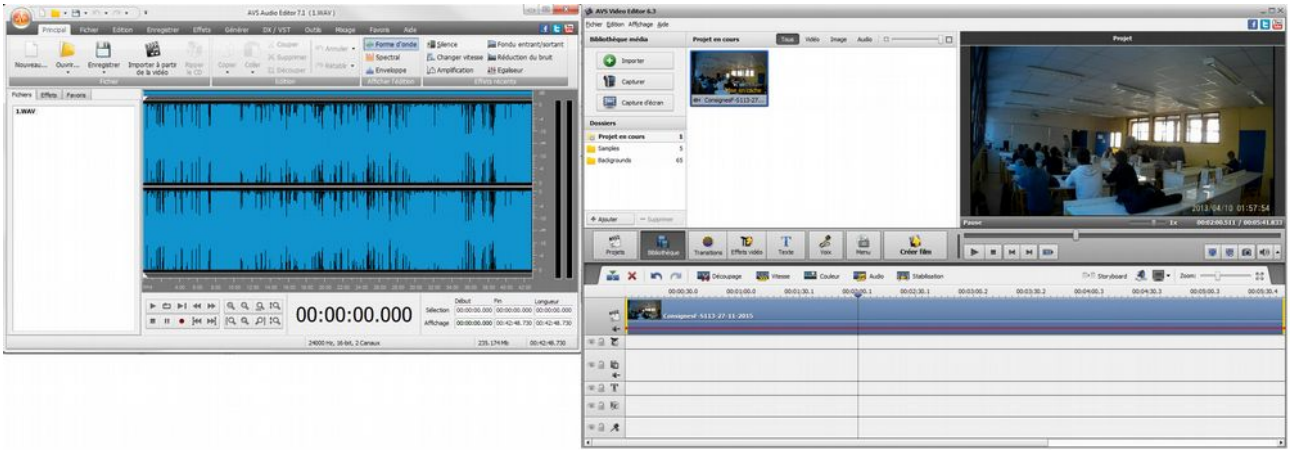


Figure 111. Découpage des fichiers - Éditeur audio et éditeur vidéo AVS4You.

Après découpage, Les fichiers ***Son*** sont tous convertis au format .vaw. Ils sont nommés en fonction du numéro du groupe. Par exemple, le fichier ***Son*** du groupe n°1 du 27 novembre 2015 s'appelle 1.wav et il est rangé dans le sous-répertoire ***Sons*** correspondant au 27 novembre 2015. Le nombre de fichiers sons n'est pas toujours égal au nombre de groupes présents lors de la séance, suite à certains refus concernant le droit à l'image et à cause de problèmes techniques tels que la manipulation du bouton marche/arrêt par les élèves.

Les fichiers vidéos visible et infra-rouge sont tous convertis au format .mov. Leur nom comporte la mention T quand il s'agit de la caméra du tableau, F pour la caméra de fond de classe. La partie consignes est conservée, en plus du travail de groupe.

ANNEXE 1 : Procédure de synchronisation des fichiers sons et vidéos

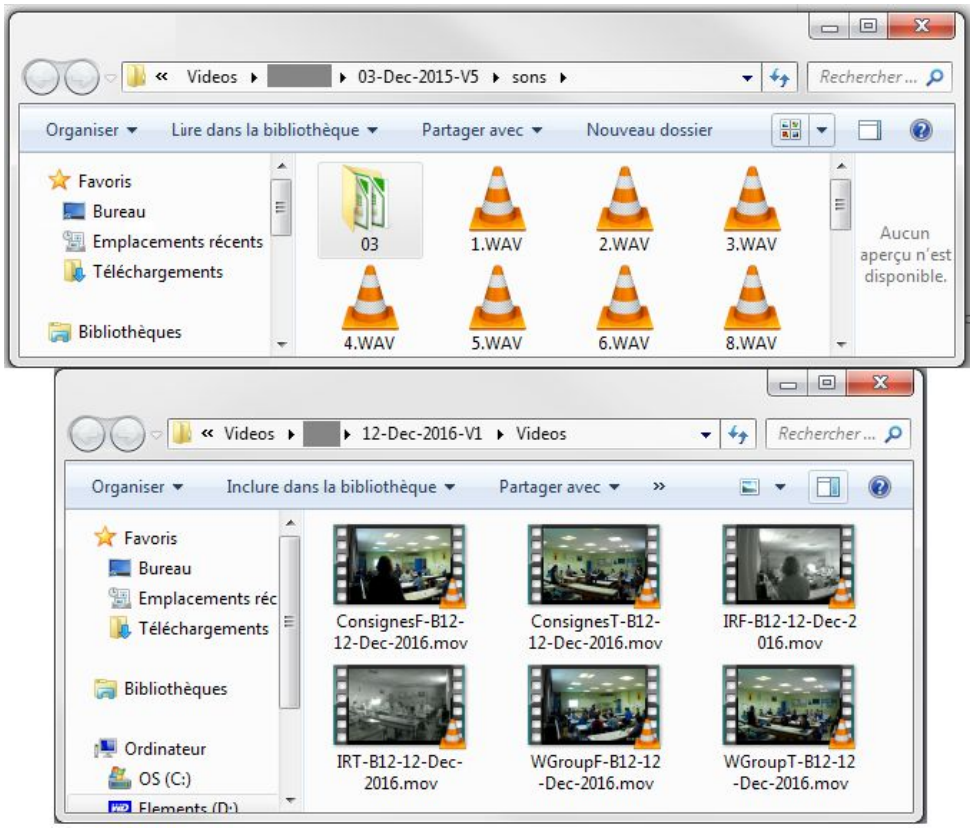


Figure 112. Rangement des fichiers Sons et Vidéos.

A l'issue du découpage des fichiers, il apparaît encore des différences au niveau de la durée, malgré le calage. Cela provient des différences dans la compression numérique utilisée en audio et en vidéo. Il a donc été nécessaire de mesurer l'écart, et de le prendre en compte en appliquant un coefficient de correction temporelle lors du traitement informatique de repérage de la position de l'enseignant.

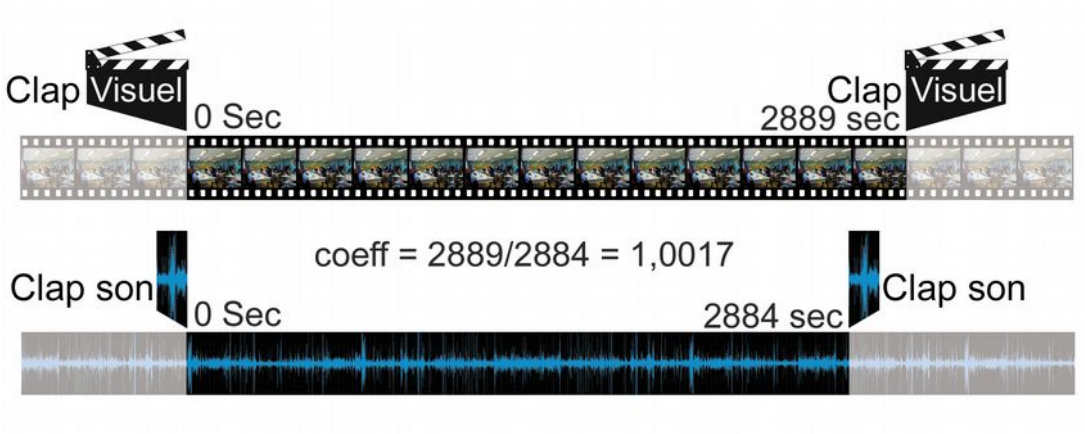


Figure 113. Synchronisation des fichiers vidéo et son.

ANNEXE 2 : Exemples de fichiers transcription

1) Enseignant 2 – Groupe 4 – Séance 1 – Configuration Bus

Les modalités correspondant aux interventions de l'enseignante débutent par « enseignante » pour faciliter le codage.

Les prénoms ont été codés (NED, ECA, IXU) pour préserver l'anonymat des élèves.

La situation concerne l'hygiène en cuisine et les mécanismes de contamination.

Dans ce groupe, les échanges hors tâche (De) sont assez peu nombreux, ils sont surlignés en jaune.

La moyenne annuelle des ces élèves est de 14. L'accessibilité de ce groupe est 4,55m. La proximité de l'enseignante est 3,55m.

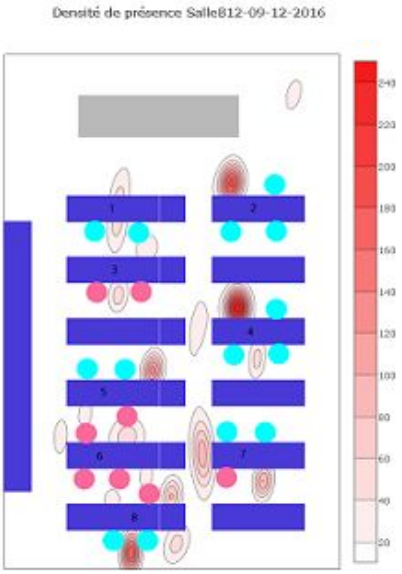


Figure 114. Densité.Enseignant 2 - Séance 1 - Bus

La durée de la séance prise en compte d'environ 28 minutes.

ANNEXE 2 : Exemples de fichiers transcription

La durée des échanges argumentatifs de haute qualité (HQ) pendant cette durée est d'un peu moins de 3 minutes. Celle des échanges argumentatifs ordinaires (LQ) est d'un peu plus de 12 minutes, soit au total environ 15 minutes d'échanges argumentatifs. Les échanges de régulation occupent environ 7 minutes. Les échanges hors tâche sont peu nombreux et représentent un peu plus de 3 minutes. Les échanges avec l'enseignant occupent 92 secondes.

Horaire intiale	Secondes	Temps calé	Temps sec calé	Modalites	4.Wav 09 Decembre 2016
		0			
00:00	0	00:00	0	Pr	enseignant : Allez c'est parti on y va
00:17	17	00:17	17	Re	allez NED … On (inaudible)
00:27	27	00:27	27		ben ECA met-toi au milieu
00:28	28	00:28	28		non mais i se retourne
00:30	30	00:30	30		ah
00:41	41	00:41	41	Pe	enseignant : c'est bon tout le monde est au travail… Allez donc on touche pas euh
00:43	43	00:43	43	Ac	non non non
00:48	48	00:48	48	xx	ça fait bientôt 20 minutes qu'il est en…
00:50	50	00:50	50	Qd	mais c'est vrai Madame les bactérie ou c'est des
00:51	51	00:51	51	Pi	enseignante : alors à ton avis est-ce que je peux te mettre en présence de bactéries pathogènes ?
00:55	55	00:55	55	Ac	non
00:56	56	00:56	56	Pc	enseignant : non ça pourrait pas être (inaudible)
00:59	59	00:59	59	Qd	c'est des photos ?
01:00	60	01:00	60	Pi	enseignant : oui… On peut pas… D'accord ? Sauf si je veux me débarrasser de toi … ce qui n'est pas le cas
01:08	68	01:08	68	Ac	à ouais mais c'est
01:09	69	01:09	69	xx	enseignant : alors (s'adresse à un autre groupe
01:12	72	01:12	72	xx	chercheur : vous marquerez bien vous non prénoms ici s'il vous plaît
01:15	75	01:15	75		noms de famille et prénoms ?
01:16	76	01:16	76		chercheurs : non le prénoms ç'est suffisant s'il y a deux prénoms pareils dans la classe tu mets l'initiale en plus
01:31	91	01:31	91		tien
01:35	95	01:35	95	Ep	non c'est bon j'arrête
01:45	105	01:45	105	Re	(inaudible) moi je prends la photo
01:50	110	01:50	110	Do	ah mais i z'ont pris des vraies photos
01:51	111	01:51	111		ben oui
01:54	114	01:54	114		à ouais
02:01	121	02:01	121		les salmonelles
02:04	124	02:04	124		les baignaients (rires)s

02:08	128	02:08	128	Qd	t'as dit quoi
02:10	130	02:10	130	xx	Ah mon dieu
02:13	133	02:13	133	Ep	alors... on va commencer
02:18	138	02:18	138	Lt	Hector a-t-il pu être contaminé en mangeant collège vous êtes l'équipe de scientifiques (inaudible) afin de répondre à la problématique (inaudible)
02:32	152	02:32	152	Rs	Ben la on va dire que c'est les documents dans les documents
02:39	159	02:39	159		lis un document
02:41	161	02:41	161	Lt	alors… Il doit être effect...
02:50	170	02:50	170		il doit être effectué entre chaque manipulation s on fait couler l'eau avec le genou et on s'essuie les mains avec un papier que l'on jette ensuite on utilisait un savon antiseptique
03:05	185	03:05	185		les couteaux utilisés pour la viande sont stockés dans une petite armoire contenant de l'ozone à 50°... d'accord
03:13	193	03:13	193		nettoyage quotidiens des surfaces avec un produit antiseptique
03:20	200	03:20	200		les salmonelles sont des bactéries logées dans le tube digestif c'est-à-dire… Des en… Des en… térobactériess chez l'homme les bactéries sont responsables de deux grandes catégories d'infection (inaudible) d'origine alimentaire et la fièvre typhoïde les aliments sus...ceptibles de contenir des bactéries sont les viandes crues ou insuffisamment cuites le lait non pasteurisées et les et les œufs
03:46	226	03:46	226		les symptômes sont la… Migraines des douleurs abdominales nausées frisson fièvre et vomissements la prise d'antibiotiques (inaudible) élimine cette bactérie
03:58	238	03:58	238		donc après la Salmonella
04:09	249	04:09	249		après staphylocoque staphylocoque c'est au deuxième rang des bactéries responsables d'intoxication alimentaire en France après les salmonelles
04:16	256	04:16	256	Di	en gros voilà donc ça veut dire que la c'est les deux pires bactéries … les deux bactéries quand même
04:23	263	04:23	263	Lt	elles produisent des antéros toxines un poison à l'origine des (inaudible) les aliments généralement concernés sont les pâtisseries crèment pâtissière mayonnaise
04:35	275	04:35	275	Di	ça veut dire que les pâtisseries ... ils ont peut-être des staphylocoques dans
04:43	283	04:43	283	Do	symptômes crampes abdominales vomissements et sévères diarrhéess
04:49	289	04:49	289	Do	ben forcément ça peut venir
04:50	290	04:50	290	Qd	c'est quoi les salmonelles ...ca fait quoi les salmonelles ?
04:52	292	04:52	292	Af	salmonelles c'est par exemple migraines diarrhées douleurs abdominal
04:55	295	04:55	295	Qd	oui mais elles viennent quoi
04:58	298	04:58	298	Af	ouais donc en gros ces eh donc en gros la c'est les deux bactéries qui ont été
05:03	303	05:03	303	Ac	ouais… Euhs (inaudible)
05:04	304	05:04	304	Af	ah les antibiotiques éliminent ...bactéries
05:10	310	05:10	310	Ac	ah oui ...
05:15	315	05:15	315	Ep	j'ai trouvé
05:16	316	05:16	316	Qd	quoi
05:18	318	05:18	318	Vd	non ...ah si en fait c'est bon
05:22	322	05:22	322		c'est bien des antibiotiques la ?
05:24	324	05:24	324	Lt	ben anti … Antibio...
05:28	328	05:28	328	Af	antiseptique c'est pour enlever les euh… C'est de l'alcool hein quoi
05:34	334	05:34	334	Do	les entrées (inaudible) normalement (inaudible)

ANNEXE 2 : Exemples de fichiers transcription

05:35	335	05:35	335		10°
05:38	338	05:38	338		les plats chauds dans les gastro … Oh mais ça va pas (rires)
05:43	343	05:43	343		la température doit être supérieure à 63°
05:47	347	05:47	347	Lt	mais quoi... dans une intoxication alimentaire... (Lit) l'intoxication alimentaire résulte de une ingestion d'aliments contaminés par un micro-organisme nocif ou un (inaudible) pathogènes
06:02	362	06:02	362		les bactéries sont souvent mises en cause en cas d'intoxication (inaudible)
06:08	368	06:08	368	De	ça va pas (rires) quatre brass
06:16	376	06:16	376	Lt	courrier du médecin soussigné Docteur Chavez auscultait l'enfant Victor (inaudible) il souffre d'une forte diarrhée vomissement
06:24	384	06:24	384	Ac	ouais
06:26	386	06:26	386	Lt	quelques heures après son passage par le service des urgences des symptômes se sont calmées la première analyse sanguine permet de dire qu'il n'est pas nécessaire de lui administrer les antibiotiques Docteur Chavez
06:41	401	06:41	401	Di	OK donc si on doit pas lui administrer d'antibiotiques ça veut dire que c'est pas des bactéries
06:49	409	06:49	409	Qd	quoi ?
06:53	413	06:53	413	Af	ben on a pas récolté d'indices
06:57	417	06:57	417	Lt	quand il sont livrées les aliments sont stockés dans une chambre froide si la température n'est pas conforme les aliments ne sont pas livres un disque mesure en permanence la température… de la chambre froide une hausse de température peut être un peu plus longue...
07:23	443	07:23	443		un prélèvement de tous les aliments (inaudible) garder dans la chambre froide pour (inaudible) cultures...
07:41	461	07:41	461	Qd	et la il y a écrit quoi la ?
07:44	464	07:44	464	Lt	des gants sont parfois utilisés pour manipuler certains… Ouais
07:49	469	07:49	469		les bijoux sont interdits des alliances sont tolérés
07:51	471	07:51	471		le vernis à ongles et les (inaudible) OK
07:56	476	07:56	476	Re	ben on a tout mis
07:57	477	07:57	477	Ac	ben… Ouais
08:00	480	08:00	480	Rs	maintenant va falloir tout trier
08:01	481	08:01	481		hein?
08:03	483	08:03	483		va falloir trier
08:06	486	08:06	486	Af	donc ça la chambre froide… Tout ce qui est la chambre froide c'est à 2°
08:12	492	08:12	492		on n'y met las… Ça c'est la chambre froide
08:14	494	08:14	494		sa c'est... ça ça va aller dans l'autre machin la
08:20	500	08:20	500	Os	non ça va dans les entrées et les desserts
08:23	503	08:23	503		ah non maximum à 10°...
08:32	512	08:32	512	Af	et ça on peut mettre les deux bactéries aussi
08:37	517	08:37	517		alors ça ce qui est de la chambre froide
08:39	519	08:39	519		ça c'est entre les deux... Qu'est-ce une intoxication alimentaire…
08:51	531	08:51	531		il y a un truc… Ça c'est l'équipement l'équipement
09:05	545	09:05	545		ça c'est les informations en plus
09:09	549	09:09	549	Os	mais à chaque fois cédée… C'est des… Des contamination ...de comtamami... D'aliments qu'on doit faire
09:18	558	09:18	558	Ac	ben non
09:19	559	09:19	559	Os	ouais mais on s'en fiche en fait des hygiènes avec les gants et tout
09:24	564	09:24	564		non mais les hygiènes avec les gants et tous les gants et tout

09:27	567	09:27	567		ben on s'en fiche parce que chaque fois c'est des infection euh alimentaire
09:30	570	09:30	570	Ac	oui oui
09:32	572	09:32	572	Qd	mais qu'est-ce qui peut être avec des (inaudible)
09:37	577	09:37	577		ben euh depuis le début
09:40	580	09:40	580		c'est peut-être laquelle de bactéries ?
09:45	585	09:45	585		et la elle est comment?
09:48	588	09:48	588	Do	(inaudible) information en plus
09:51	591	09:51	591	Ac	OK
09:58	598	09:58	598	Af	donc la c'est tout ce qui est équipement
10:10	610	10:10	610	Qd	(inaudible)y à rien 18° donc on peut utiliser... on peut enlever toutes les bactéries ?
10:15	615	10:15	615	Af	ben non ... Que enfin
10:18	618	10:18	618		ben y'a rien à 18°s
10:28	628	10:28	628	Do	mais les oeufs ils sont dans la
10:29	629	10:29	629		regarde regarder ya des œufs dans la salade Hmmm
10:33	633	10:33	633		ah
10:35	635	10:35	635		les oeufs
10:36	636	10:36	636	Af	mais c'est 3° les trucs… Les trucs c'est à 3° et les œufs...
10:39	639	10:39	639		donc ça c'est
10:42	642	10:42	642		et la bactérie ici… On peut mettre la
10:45	645	10:45	645	Do	ça c'est les mêmes bactéries
10:48	648	10:48	648	Rs	mais faut chercher… Dans les beignets il y a des œufs aussi
10:51	651	10:51	651	Os	oui mais… Enfin
10:52	652	10:52	652	Re	je peux avoir la... la bactérie bleue steplait je l'ai pas eus
10:58	658	10:58	658		et les œufsS
11:02	662	11:02	662	Do	les œufs… ça la bact..la
11:05	665	11:05	665		c'est laquelle déjà ?
11:06	666	11:06	666		la salmonella… elle c'est à l a deuxième
11:09	669	11:09	669	Af	et ça pourrait être ... à la chambre froide
11:13	673	11:13	673	Ac	OK donc on a déjà un truc qui est un point commun
11:17	677	11:17	677	Af	et la crème pâtissière ça peut être mis
11:20	680	11:20	680		la crème pâtissière c'est baignée s
11:24	684	11:24	684	Os	non dans les beignets y'a pas de crème pâtissière
11:26	686	11:26	686	Ac	six
11:27	687	11:27	687	Os	non non c'est des oeufs farines cest …
11:31	691	11:31	691		mais… Dedans dedans il y a quelquefoisS...
11:36	696	11:36	696	Af	non plus à la cantine je veux dire celle la elle et à 18°
11:38	698	11:38	698		la chambre froide elle est à 5°
11:39	699	11:39	699		donc on a trouvé notre bactérie qui est qui est … notre euhs
11:45	705	11:45	705	Vd	attend est-ce que ça veut dire qu'il a mangé…
11:49	709	11:49	709	Do	Et si ça se trouve six ça nous dit qu'il a mangé ça peut nous aider
11:59	719	11:59	719		la viande crue...
12:16	736	12:16	736	Pr	enseignants : alors vous en etes ou ?s
12:17	737	12:17	737	Re	ben on a tout lu… On a trouvé que cette bactérie la elle…
12:20	740	12:20	740	Af	Comme elle est dans les œufs et que la y'a des oeufs dans la salades
12:24	744	12:24	744	Pc	enseignant : d'accord ça correspond…
12:25	745	12:25	745	Af	et que la salade elle est à 3° et que la c'est quasiment proche …

ANNEXE 2 : Exemples de fichiers transcription

12:31	751	12:31	751	Pc	enseignante : huhum...OK
12:34	754	12:34	754	Rs	donc après on est en train de regarder s'il y a peut-être (inaudible)s
12:38	758	12:38	758	Pr	vous voulaient pas commencer à… À décrypter la toutes les images en essayant de répondre à la question comment limiter la contamination en partant sur la carte mentale qu'est-ce qui est mis en place au collège pour limiter la contamination et on verra s'il y a des erreurs de faites ou pas … Si il y a des erreurs ça peut justement … on peut se dire que cest qu'Hector a bien été contaminés au collège … Si y a pas d'erreur ça peut être difficileS
13:03	783	13:03	783	Af	si ça se trouve il a… il a été contaminé avant d'aller au collège ?
13:08	788	13:08	788	Pr	enseignant : peut-être mais la tu peux propose des hypothèses… pour le moment on te demande déjà de voir de lister tout ce qui est fait au collège
13:14	794	13:14	794	xx	enseignante : elle est ou ta carte mentale toi ?
13:21	801	13:21	801		enseignant : tu sais que tu peux… Tu peux parler hein … Ah non toi t'avais refusé aussi le … Tu m'as rendu le document de…
13:28	808	13:28	808		... (Silence)
14:03	843	14:03	843	Re	on peut mettre que pour chaque service les euh ...non avant chaque service chaque manipulation
14:11	851	14:11	851		on met un trait ...et on met
14:16	856	14:16	856	Af	comment limiter la contamination
14:19	859	14:19	859		ben avant chaque manipulation les femmes de service elle se lave les mains
14:21	861	14:21	861	xx	... (Silence)
15:09	909	15:09	909	Re	regardes tu mets là avant chaque manipulation et après tu fais trois traits
15:15	915	15:15	915		deux trèsS
15:16	916	15:16	916		… (Silence)
15:27	927	15:27	927		tu fais un très
15:29	929	15:29	929	xx	… (Silence)
15:40	940	15:40	940	De	(chuchotent) depuis deux jours (inaudible)
15:44	944	15:44	944		mais quand hier tu l'as vu (inaudible)
15:56	956	15:56	956	Re	tu notes NED ?
15:57	957	15:57	957		… (Silence)
16:42	1002	16:42	1002		est-ce que vous avez (inaudible)
16:45	1005	16:45	1005		… (Silence)
16:54	1014	16:54	1014		alors… entre… Avant chaque manipulation …
17:03	1023	17:03	1023	Af	euh ...faites une flèche matériel… Une flèche euh
17:11	1031	17:11	1031	Re	vas y tu fais une flèche matérielle
17:20	1040	17:20	1040		tu mets au propre
17:26	1046	17:26	1046	Rs	mais après ça dépend la tu vas parler du matériel de stockage ?
17:35	1055	17:35	1055		non en matériel… une branche matérielle et trois branchesS
17:48	1068	17:48	1068		on met euh ... à la deuxième flèche on met les gants...
17:51	1071	17:51	1071		ou alors il faut quatre branches ...non non non
17:57	1077	17:57	1077		pour l'instant on en fait trois
17:59	1079	17:59	1079	Af	on met des gants pour la charcuterie entre parenthèse
18:05	1085	18:05	1085		non mais entre parenthèse charcuterie pas …
18:10	1090	18:10	1090		ensuite on met les bijoux
18:15	1095	18:15	1095		non pas de bijouxs
18:17	1097	18:17	1097		donc si les bijoux… Interdits
18:27	1107	18:27	1107		(inaudible)… Les alliances (inaudible)

18:35	1115	18:35	1115		voilà
18:37	1117	18:37	1117		et enfin à la dernière flèche … On met…
18:45	1125	18:45	1125		on met…
18:52	1132	18:52	1132		au… To… ri…sés
19:02	1142	19:02	1142	Re	est-ce que t'a une gomme s'il te plaît
19:03	1143	19:03	1143		non
19:09	1149	19:09	1149		NED il a il a les papiers
19:21	1161	19:21	1161	Rq	les autres cailloux joujoux chouxs…
19:27	1167	19:27	1167		ça prend 1XS…hein… Bijoux
19:28	1168	19:28	1168		cailloux joujoux … caillou genou bijoux hibou
19:34	1174	19:34	1174		un chou
19:40	1180	19:40	1180		genoux hibou caillous
19:42	1182	19:42	1182		chou hibouS bijoux bijoux
19:51	1191	19:51	1191	Af	maintenant on a fait une flèche matérielle
19:53	1193	19:53	1193	Re	attends
19:56	1196	19:56	1196		à mais t'as pas fini
19:57	1197	19:57	1197		ben non
19:59	1199	19:59	1199		àh...
20:16	1216	20:16	1216		(chantonne) il est ou le crayon à NED
20:17	1217	20:17	1217		attend il peut pas écrire
20:26	1226	20:26	1226		rends ma gomme s'te plaît
20:30	1230	20:30	1230	Qd	après c'est quoi après bijoux ?
20:35	1235	20:35	1235	Af	après bijoux le vernis à ongles n'est pas autorisess
20:45	1245	20:45	1245	Rq	vernis avec un E ?
20:48	1248	20:48	1248	Re	non j'ai mis la mine là
20:51	1251	20:51	1251		mais oui mais il écrit pas
20:53	1253	20:53	1253		justement
20:56	1256	20:56	1256	Rq	le vernis… Comment tu écris vernis ?
20:58	1258	20:58	1258		vernis V E R N I S
21:03	1263	21:03	1263	Af	à… Ongles…
21:09	1269	21:09	1269	Ep	Alors alors alors...
21:16	1276	21:16	1276	Af	Donc on a mis aussi avant chaque manipulation le personnel doit se lavait les mains… Devrait se laver les mains
21:19	1279	21:19	1279		doit
21:34	1294	21:34	1294		alors on sort du matériel et on fait une autre flèche chambre froide et cuisine
21:46	1306	21:46	1306		des cuisines ont fait …
21:54	1314	21:54	1314		non chambre froide… Armoire
21:58	1318	21:58	1318		machins pour les couteaux
22:04	1324	22:04	1324	Ep	arrête IXU
22:08	1328	22:08	1328	De	(IXU continue à chantonner)
22:09	1329	22:09	1329	Ep	arrêtent avec la pub de lidl
22:11	1331	22:11	1331	De	non c'est pas la plus de lidl c'est gifi
22:13	1333	22:13	1333		c'est pareil
22:22	1342	22:22	1342		non la pub de Ldl c'est … (Rires)
22:38	1358	22:38	1358	Ep	non mais tais-toi IXU
22:39	1359	22:39	1359	De	mais oui mais je vois pas pourquoi
22:46	1366	22:46	1366		P O U R Q U O I (épelle)

ANNEXE 2 : Exemples de fichiers transcription

22:55	1375	22:55	1375		P O U R Q U O I
23:02	1382	23:02	1382		(chantonne)
23:12	1392	23:12	1392		(inaudible) non mais passe la semaine (inaudible) (rires)
23:16	1396	23:16	1396	Af	allez je pense pas qu'ils utilisent des couteaux (inaudible)) hein
23:20	1400	23:20	1400		alors… Cuisine… Donc il font la cuisine
23:24	1404	23:24	1404		on met que … Euh…
23:30	1410	23:30	1410	De	que IXU il est débiles
23:33	1413	23:33	1413	Ep	ben non parce que j'ai quand même fait une énorme branche
23:37	1417	23:37	1417	Af	cuisine… Chambre froide
23:39	1419	23:39	1419		on met chambre froide … Cham… bre… Froide
23:53	1433	23:53	1433	Vd	ça fait combien de branche quatre ?
23:54	1434	23:54	1434	Ac	Ouais il y en a quatreS donc ici y'en a quatre
23:59	1439	23:59	1439	Af	alors y'a chambre froide armoires réfrigérée
24:21	1461	24:21	1461		alors ensuite on met après la chambre froide on met… Armoire … Armoire aaa...
24:27	1467	24:27	1467		armoire pour les gastro d'abord
24:30	1470	24:30	1470		armoire pour les entrées
24:47	1487	24:47	1487		armoire pour les entrées
24:49	1489	24:49	1489		après… Gastro … Gastro … Après …hmmmm
25:00	1500	25:00	1500	Re	(chantonne) elle est ou la table ?
25:07	1507	25:07	1507		elle est ou la dame de (inaudible)S
25:13	1513	25:13	1513		tu l'as eu toi… On a le droit de faire des (inaudible)
25:21	1521	25:21	1521	Qd	IXU après gastro y'a quoi ?
25:24	1524	25:24	1524	Af	après gastro le truc pour les couteaux
25:28	1528	25:28	1528	Ac	oui c'est l'armoire
25:29	1529	25:29	1529	Os	c'est pas une armoire
25:32	1532	25:32	1532	Rq	comment on écrit une gastro ?
25:35	1535	25:35	1535		ben comme gastro
25:38	1538	25:38	1538		non y'a un seul à
25:41	1541	25:41	1541		ben il y a un seul à
25:43	1543	25:43	1543		non dans gastro qui en a deux yen à un dans la diarrhée la
25:49	1549	25:49	1549		y'en a un seuls
25:52	1552	25:52	1552	Af	un couteaux
25:59	1559	25:59	1559	Rs	et après je propose qu'on fasse une branche et qu'on mette là température
26:12	1572	26:12	1572	Af	la chambres froides (inaudibles) 5°
26:16	1576	26:16	1576		non a un moments ils mettent 2
26:26	1586	26:26	1586	De	t'as entendu il a (inaudible) il a (inaudible) double (rires)s
26:37	1597	26:37	1597		NED c'est tà double (rires)
26:46	1606	26:46	1606		je t'ai coupé les oreilles (rires)
26:47	1607	26:47	1607	Re	alors… La gastro … Il est ou le papier de la gastro
26:57	1617	26:57	1617		il est la (inaudible)
27:08	1628	27:08	1628	Do	c'est chaud la gastro un
27:14	1634	27:14	1634		il y a (inaudible) degrés
27:16	1636	27:16	1636		minimums en plus… Supérieure
27:26	1646	27:26	1646	De	(chantonne)S
27:52	1672	27:52	1672		il va falloir que tout le monde (inaudible) Pokemon (rires)
28:02	1682	28:02	1682		si parce que NED il fait (inaudible) (rires)

28:10	1690	28:10	1690	Pe	enseignantes : enfin ça fait plusieurs fois que je ramasse l'enveloppe la … Vous êtes euh... Les bonnets tout est parterre la
28:14	1694	28:14	1694	De	ah ben pourtant ...ben ECA va falloir un peu changer de comportement hein...(inaudible)
28:19	1699	28:19	1699	Pe	enseignants : voilà
28:20	1700	28:20	1700	Em	en fait ça va pas
28:22	1702	28:22	1702	Pe	enseignants : la l'hygiènes c'est pas terrible hein...
28:24	1704	28:24	1704	Re	mais on n'a pas terminé
28:25	1705	28:25	1705	Pc	enseignantes : oui je regarde juste… Alors tout ça c'est très bien …
28:29	1709	28:29	1709	Pi	enseignantes : pourquoi est-ce qu'il est important de respecter les les règles de…
28:32	1712	28:32	1712	Af	ben parce que sinon c'est pas dans des bonnes conditions de de conservation
28:34	1714	28:34	1714	Po	enseignantes : c'est pas la conservation alors
28:39	1719	28:39	1719	Af	bah la température sinon ça va pas être euh… Ça va tourner Ça pas être hygiénique…… Ça va tourner
28:40	1720	28:40	1720	Pi	enseignants : vous avez une expérience … Comment vous l'interprétez cette expérience ?
28:44	1724	28:44	1724	Af	à… La y'a du 10° … y'a énormément de bactéries … La y'a que 2° du coup il y a beaucoup moins de bactéries
28:52	1732	28:52	1732	Pc	enseignant : alors j'aurais pu mettre une troisième boîte de pétri avec une température à 63°… Et y'auras pas beaucoup de bactéries… alors très peu de bactéries ... les température élevée détruisent aussi les bactéries
29:03	1743	29:03	1743	Af	et donc du coup des températures basses et élevé Ça détruit…euh ça détruit les bactéries ?
29:07	1747	29:07	1747	Pc	enseignant : voilà
29:08	1748	29:08	1748	Pj	enseignant : et donc je le veux voir sur vos cartes mentales je veux le voir à quoi ça sert
29:12	1752	29:12	1752	Ac	d'accord
29:36	1776	29:36	1776	Af	détruisent…
29:43	1783	29:43	1783	De	et que ECA IXU et UFE…
29:49	1789	29:49	1789		de quoi ?
29:59	1799	29:59	1799		vous êtes (inaudible)
30:03	1803	30:03	1803	Re	perso j'ai fini mon truc

2) Enseignant 1 – Groupe 4 – Séance 1 – Configuration Peigne

Il s'agit de l'enregistrement d'un groupe de trois élèves. Deux d'entre eux laissent le troisième faire le travail demandé et discutent de leur côté, il y a énormément d'échanges hors tâche de type (De) et

(Em), malgré la présence de l'enseignant. Il s'agit pour cette séance du groupe qui émet le plus d'échanges hors tâche.

L'accessibilité de ce groupe est 7,67m. La proximité de l'enseignant vis-à-vis du groupe est 4,69m. La moyenne annuelle de ces élèves est 15, ils font partie des élèves de la tête de classe.

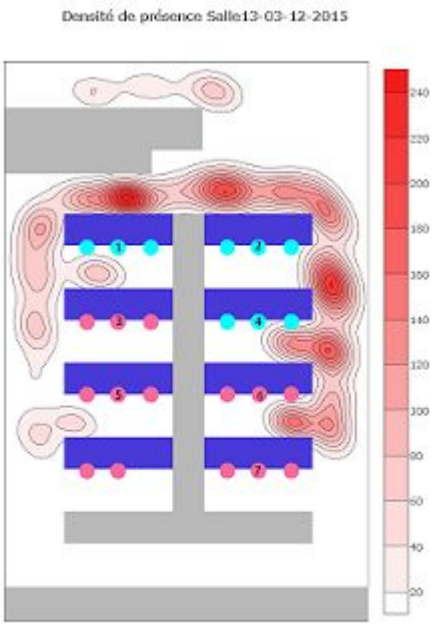


Figure 115. Densité- Enseignant 1- Séance 1 - Peigne.

La durée totale prise en compte pour l'analyse de cette séance est d'un peu plus de 44 minutes. On observe 166 secondes d'échanges de type argumentation HQ et 293 secondes de type argumentation LQ, soit un peu plus de 7 minutes d'échanges argumentatifs.

Les échanges hors tâche occupent environ 25 minutes. Les échanges de régulation concernent un peu moins de 7 minutes. L'enseignant échange avec ces élèves pendant un peu plus de 5 minutes.

Horaire intiale	Secondes	Temps calé	Temps sec calé	Modalité	4.vaw 03 Dec 2015
		435			
07:15	435	00:00	0	Re	Ah mais si on les a les trois documents… Moi je croyais que on en aver qu'un tu me disais en en a qu'un
07:36	456	00:21	21	De	à mais (joue avec l'enregistreur)
08:08	488	00:53	53		(chantonne)
08:15	495	01:00	60		la poubelle de table tient la poubelle de table à berck

08:20	500	01:05	65		chez ILO c'est dégueulasse poubelle de table
08:24	504	01:09	69		s'il y en a éventuellement qui ont besoin de brouillon etc. (enseignant)
08:25	505	01:10	70	Re	oh nous on a pas besoin… oh si
08:29	509	01:14	74	De	et l'Espagnol t'a appris comment toi ?
08:30	510	01:15	75		ouais j'ai…
08:32	512	01:17	77		presque … Presque pas exactement la moitié enfin
08:37	517	01:22	82		moi hier j'ai fait la moitié de mon … De mon brouillon (joue avec l'enregistreur)
08:52	532	01:37	97		t'aime pas trop non… T'as une poubelle
09:00	540	01:45	105		et j'ai un record pour ma photo de profil sur Facebook … 40e en fait la classe (inaudible) la classe
09:11	551	01:56	116		genre mercredi hier toutes les cinq minutes 't'allais sur Facebook t'avais une modification
09:20	560	02:05	125		(nom de l'élève) 39 autres personnes aiment ta photo de profil
09:22	562	02:07	127		putain je peux avoir la poubelle… (nom de l'élève) 39 autres personnes aiment photo de toi
09:27	567	02:12	132		je peux avoir la poubelle ?
09:29	569	02:14	134		mais pourquoi tu changes de mouchoirs à chaque fois ? S
09:31	571	02:16	136		pardon mais…
09:32	572	02:17	137		non mais t'es con… Ils sont déjà utilisés … Tu peux pas te nettoyer le nez chez toi
09:39	579	02:24	144		tu achètes un truc comme moi comme ça tu te mets un peu d'eau salée..
09:45	585	02:30	150		(inaudible) non c'est juste un truc comme ça c'est pareil que tu te mets dans l'œil mais tu te mets dans le nez
09:53	593	02:38	158		mais j'en ai… J'ai des médicaments
09:55	595	02:40	160		pas ça ! ah putain comme le pctt pchtt dégueulasse qui pue la merde
10:00	600	02:45	165		oh un peu de respect jeune homme
10:04	604	02:49	169	Rs	alors en gros c'est moi qui écris
10:05	605	02:50	170		ouais
10:08	608	02:53	173	De	ben bien… Elle est belle la France
10:10	610	02:55	175		non pas trop belles avec toi
10:12	612	02:57	177		oh un peu de respect jeune homme
10:15	615	03:00	180		je suis plus grand que toi donc parle moi pas
10:18	618	03:03	183		parlent-moi par… Tu veux te battre (inaudible)
10:24	624	03:09	189		si, j'en ai plus que toi !
10:27	627	03:12	192		tu sais que mes poules vont bientôt mourir
10:30	630	03:15	195		t'as un coq ? Dans le truc qu'on a on a un coq
10:34	634	03:19	199		mais il est petit ? Ben là il est encore petit mais il va grandir
10:39	639	03:24	204		faut entrer avec un bâton… Enfin ? Faut rentrer avec un bâton
10:42	642	03:27	207		oh vous avez combien de poule ? Sept
10:45	645	03:30	210		elles vont mourir... tu sais que faut cinq poules… Je m'en bats les couille de tes conseils de merde
10:52	652	03:37	217		tu sais qui faut neuf poules pour un coq ?
10:55	655	03:40	220		et non les poules se font niquer … Elles se font exploser l'anus
11:01	661	03:46	226		nais tais toi mais non t'as eu des poulets pas des coqs
11:02	662	03:47	227		et je connais des gens qui en ont
11:08	668	03:53	233		moi aussi je connais mon voisin il en a
11:09	669	03:54	234		ça fait quoi si on appuie la

ANNEXE 2 : Exemples de fichiers transcription

11:14	674	03:59	239	Rs	fait chier il faut (inaudible) le texte
11:15	675	04:00	240	De	4G… ouais ya la 4G? trop cool
11:18	678	04:03	243		mais non je
11:23	683	04:08	248	Rs	donc faut dire expliquer le truc la en fait
11:26	686	04:11	251	De	OK ah oui… Si c'est allumé ça enregistre
11:36	696	04:21	261		ben oui ça enregistre parce que regard de la ça fait… Une virgule
11:43	703	04:28	268		(chantonne)
11:46	706	04:31	271		vas y pètent dedans ça peut être drôles (chantonne)
11:55	715	04:40	280		eh à t'as réussi à prendre le plus loin de se trouve… Toi ton stage… Le truc du stage ?
11:59	719	04:44	284		sur Google Maps… Tu sais faut prendre une photo enfin c'est mieux et dis t'as réussi toi ?
12:03	723	04:48	288		ouais… Je suis allée sur… J'étais jusqu'à marquer le rose oh putain le (inaudible) t'imagine !
12:10	730	04:55	295		ouais bon t'a marqué quoi ?
12:13	733	04:58	298		j'ai marqué hôpital (nom) blanc image et voila … Bon par contre il faudra que je mette un rond pour exactement voir où il est parce qu'en fait tu vois juste le plan
12:25	745	05:10	310		j'suis allé sur Google Maps puis il y a un truc je fait imprimer la je fais changer… Dans le dossier et tout et puis je dois faire exporter vers puis sauf que la y'a plus ce truc
12:35	755	05:20	320		par contre moi ce qui est chiant c'est que les photos que j'ai pris sur Internet je peux pas les coller dans ma truc je dois les mettre dans libre Word Office
12:44	764	05:29	329		ah bon… Ouais je sais pasS
12:45	765	05:30	330		moi le dossier c'est (inaudible)
12:47	767	05:32	332		ouais largement ça… mais t'as peut-etre pas … T'as bien suivi ce qu'il a dit le prof ? faut changer le format … Ben oui toi tu l'as pas fait tu t'es pas fait chier t'est allé sur Google images puis c'est fini t'a pas fait toutes les notification qui faut faire
13:01	781	05:46	346		à ouais les euh…
13:02	782	05:47	347		ouais faut faire moteur de recherche faut changer la taille faut dire les trucs trucs et truc … Faut changer plein de trucs… Tu l'as pas fait ?
13:09	789	05:54	354		moi j'ai juste renommé et compressé
13:12	792	05:57	357		non mais je parle pas de ça je parle de…
13:13	793	05:58	358		ben après pourquoi… C'est tout
13:15	795	06:00	360		mais c'est pas comme ça que… Ça se prend pas n'importe comment une image sur Internet tu sais pas faire faut changer des trucs si tu veux
13:24	804	06:09	369		changeaient des trucs ?
13:25	805	06:10	370		die da die changeait la taille puis déjà sur Internet tu mets changer la taille c'est ce qu'il expliquait tu sais avec les photos de chats tu te rappelles pas
13:30	810	06:15	375		ben si
13:31	811	06:16	376		faut changer les tailles pour que ce soit de meilleure qualité et tout
13:35	815	06:20	380		ben oui ça s'appelle euh...c'est
13:36	816	06:21	381		c'est changer
13:37	817	06:22	382		les tailles ?
13:39	819	06:24	384		non c'est zipper
13:40	820	06:25	385		tu l'a fais?
13:43	823	06:28	388		sur les photos? Non je parle pas sur les photos je parle dans ton moteur de recherche

13:46	826	06:31	391		ben non… Bah voilà… C'est sûr c'est possible que ta clef ouvre pas c'est pas le bon format après
13:55	835	06:40	400		six si c'est le bon format
13:57	837	06:42	402		si JPEG
13:58	838	06:43	403		JPEG ?… ben c'est ça le format qui faut… Mais mon gars t'es un paumé… JPEG euh?
14:05	845	06:50	410		ben j'ai pas regardé attends oh
14:07	847	06:52	412		ben c'est ça ! C'est de la (inaudible)… c'est en format JPEG qui faut les mettre… hein (nom d'élèves) c'est en format JPEG il faut les mettre ? Putain vous êtes des paumés
14:18	858	07:03	423		moi sans format JPEG
14:19	859	07:04	424		automatique ! Ben comme moi
14:23	863	07:08	428		mais moi c'est bizarre parce que (inaudible) lourde
14:26	866	07:11	431		ben mois j'ai Windows c'est JPEG
14:28	868	07:13	433		ben oui mais moi j'ai pas libre office
14:31	871	07:16	436		t'as pas besoin de libre office pour compresser
14:34	874	07:19	439		toi t'as Microsoft… Tu la dans le… Ça fait parti de Windows
14:40	880	07:25	445		pour compresser c'est Microsoft… Moi c'est zipper c'est pareil
14:44	884	07:29	449		oui ben oui c'est pareil mais moi j'ai ouvert les photos je suis allé sur Microsoft j'ai fait ouvrir photos puis-je les faisais défiler je les compressais à chaque fois après j'enregistrais sous
14:55	895	07:40	460		tu fais comment pour… Sur Internet
14:57	897	07:42	462		je sais plus trop moi XXX
15:02	902	07:47	467		tu les enregistres et après tu les coupes
15:05	905	07:50	470		mais c'est pas ça sur Internet faut changer les tu sais… L'année dernière en français avec Madame (nom de l'enseignante) on devait prendre les trucs on devait changer … Et ben c'est un peu ça sauf que tout le truc qui faut changer c'est les mots (inaudible) les tailles et les formats… Mais j'ai pas trop suivi moi je devais pas en prendre sur Internet
15:28	928	08:13	493	Em	et toi MAT tu as… J'ai rien compris ce qui faut faire donc on te laisse faire …
15:32	932	08:17	497	Rs	Non je déconne on va t'aider mais… Toi tu nous dis tout ce qui faut faire et nous on recopie d'accord
15:45	945	08:30	510	Lt	un chromosome se transforment et de se divisent voilà ...alors (chantonne)
15:56	956	08:41	521	De	(inaudible) faut pas dire ça … Faut pas dire quoi ? (inaudible)
15:59	959	08:44	524		je sais pas comment je peux retrouver ma clé tu l'aurais pas fait tomber en latin ou je sais pas … Tu veux dire quoi la ? (inaudible)
16:09	969	08:54	534		tu l'avais pas donné en plus à la prof d'anglais
16:11	971	08:56	536		si je n'avais donné au prof d'anglais au prof d'espagnol
16:13	973	08:58	538		oui mais moi je l'ai donner à la prof d'anglais elle me la pas rendu
16:16	976	09:01	541		et en même temps on l'a pas eu depuis mardi… (inaudible) on l'aura aujourd'hui
16:21	981	09:06	546		oui mais elle est conne… Non elle est pas conne elle a demandé des mardis soir est-ce que ça vous dérange que je vous les rende pas tout de suite...
16:26	986	09:11	551		non c'était lundi soir elle a dit je vous les rends mardi
16:30	990	09:15	555		mais non elle a pas dit… hein elle a pas dit ça la prof d'anglais elle a dit est-ce que ça vous dérange tu c'est pour les clés USB elle a dit est-ce que ça vous dérange que je vous les rends pas tout de suite
16:39	999	09:24	564		moi ça me dérangeait… Oui mais on les a donnés lundi et elle a dit je vous les rends mardi

ANNEXE 2 : Exemples de fichiers transcription

16:43	1003	09:28	568		non elle a pas dit ça mais non elle a pas dit ça
16:49	1009	09:34	574	Af	quand un chromosome se divise...
16:51	1011	09:36	576	De	t'as qu'à y imprimer ou je sais pas… Tu lui écris papier tu le fais pas a l'ordi si tu peux pas y imprimer
16:59	1019	09:44	584	Af	se divisent… Il garde
17:09	1029	09:54	594	Pr	enseignant (parle à la classe entière): je vous interromps quelques secondes…(proposition aides)
17:42	1062	10:27	627	Rs	je crois qu'on va prendre les deux
17:58	1078	10:43	643	Re	c'est bon on l'a fait le paragraphe
18:03	1083	10:48	648	De	mais MAT genre faut que je sois le meilleur… On l'a pas essayé mais on s'en fout on n'y arrivera pas (inaudible)
18:10	1090	10:55	655		j'aime pas les (inaudible)
18:13	1093	10:58	658		mais moi aussi… J'ai envie de faire du (inaudible) j'ai envie de faire l'évolution du climat tout ça
18:18	1098	11:03	663		l'humain avant tout… Moi j'ai envie de faire le quai Branly les murs végétal
18:22	1102	11:07	667		ces ça ouais
18:23	1103	11:08	668		ben si… Ben oui et toi
18:26	1106	11:11	671		(inaudible) les plantes… Moi je fais le jardin comparé à toi
18:31	1111	11:16	676		lui ce qu'il fait dans le jardin se manger des fourmis… Oui une fourmi ! XXX
18:36	1116	11:21	681		avec (Nom) tu te rappelles oh putain C'était marrant… Tu te rappelles Si tu laissais ta (inaudible) comme ça tu sentais qu'elle bougait (rires)
18:44	1124	11:29	689		on fait les teubs… Oui cet dit d'essayer une fourmi avec une myrtille XXX toi d'ailleurs… Il arrive XXX il prend une myrtille ils la trou avec son ongle y prend une fourmi il la fout dedansS
18:57	1137	11:42	702		sérieux ont bouffé des fourmis nous
19:01	1141	11:46	706		et en fait tu fais (inaudible) et puis tu la craches n'importes quoi… T'as vu ta vu (inaudible) en tout cas c'était une machine à tuer des fourmis mais en fait c'est pas ça le plus (inaudible) c'est (inaudible) ou quand tu la lâches il faut d'abord que tu tiennes son abdomen puis cricri Creek
19:15	1155	12:00	720		oh c'est trop chiant en fait
19:18	1158	12:03	723		quand tu te fais piquer après pendant quelques heures ta l'impression que cette chatouille la gencive parce que tu sais s'endors un peu
19:26	1166	12:11	731		c'est qui qui s'étaient faits piquer la
19:30	1170	12:15	735		je crois que c'est (inaudible)
19:34	1174	12:19	739		on était quatre à avoir essayé … On était pas beaucoup 5 ouais 56 pas plus…
19:39	1179	12:24	744		s'il y avait XXX aussi … Ouais on était 56 y avait mon frère il y avait ta sœur il y avait moi il y avait toi il y avait (nom) puis (nom)
19:48	1188	12:33	753		une victime… Ta sœur ah oui tu fais quoi ? ah… Du fromage blanc ! (Rires)
20:00	1200	12:45	765	Ep	tais toi tais-toi
20:04	1204	12:49	769	De	euh...du coup il y avait d'autres truc… Ah oui comme quand ton frère … Victime y se faisait péter dessus… Toi aussi été XXX on faisait ça
20:20	1220	13:05	785	Rs	MAT tu veux pas qu'on prenne l'aide ? La vite
20:22	1222	13:07	787		Monsieur on peut avoir l'aide s'il vous plaît… L'aide pour le paragraphe avec les questions sur les documents
20:28	1228	13:13	793	Pc	oui
20:29	1229	13:14	794	Rs	c'est plus sûr… (Rires)
20:34	1234	13:19	799		MAT tu regrettes ta table ?
20:37	1237	13:22	802		non je suis très bien la

20:39	1239	13:24	804		merci
20:41	1241	13:26	806	Lt	comparer…
20:43	1243	13:28	808	Ep	allaient-y… À toi l'honneur (ILO)
20:48	1248	13:33	813		allez vas y
20:49	1249	13:34	814	Rs	à toi l'honneur MAT
20:55	1255	13:40	820	De	ILO ? Pourquoi y'a pas d'évier … De quoi pourquoi Y'a pas d'évier
20:58	1258	13:43	823		Ah c'est drôle… Ouvre le robinet
21:03	1263	13:48	828		ça va mettre de l'eau partout… Allez ouvre ça va gicler … Ça va juste couler par petits coups… Ça va faire prrrt non ça va couler par petits coups S
21:15	1275	14:00	840	Rb	faut mettre une phrase …
21:23	1283	14:08	848	De	Regarde mes (inaudible) j'ai retrouvé mes (inaudible)...c'est génial (inaudible) je vais t'en montrer un j'en ai un go pro j'avais lu ça je sais pas comment en fait j'étais allée sur le site go pro j'ai reçu une lettre… Parce qu'en fait j'étais allée sur le site go pro je sais plus trop ce que j'avais fait… Tu sais c'est tout en anglais j'étais allée sur des trucs en fait j'avais cliqué demande de pub
21:39	1299	14:24	864		mais je voulais m'inscrire tu sais c'est à l'époque j'étais à penser au go pro je voulais m'inscrire sur le newsletter … Et puis du coup j'ai demandé la pub et j'ai reçu une lettre et c'était marqué (inaudible) j'ouvre et je vois c'étais marquée je vois en anglais Thank you for your fun gne gne gne avec le truc go pro marqué en dessous et je vois trois autocollants… (inaudible) payé 0,50 € pour me donner trois autocollants qui viennent de Chine (rires) oui les autocollants viennent de Chine y vont aux États-Unis ils font tous les États-Unis puis i viennent en france non je déconne non je suis pas sûre qu'ils viennent de Chine
22:17	1337	15:02	902	Ep	mais ta gueule alors… Merci
22:19	1339	15:04	904	Lt	ah mais moi je dis quand même … Bon les caryotypes la
22:27	1347	15:12	912	Em	et mais MAT moi j'ai même pas vu de document la
22:28	1348	15:13	913	Rs	bon vas y … Non moi je fais la prochaine question moins je faisla prochaine question
22:35	1355	15:20	920		non mais mets question la… Écrits
22:38	1358	15:23	923	De	tout tout tout vous saurait tout sur le zizi… (Chantonne) tout tout tout vous saurez tout sur le zizi
22:53	1373	15:38	938	Rb	a il faut faire un paragraphe non non non faut d'abord…
22:57	1377	15:42	942	Lt	Regarde ces les questions ça c'est des questions se des questions
22:59	1379	15:44	944	Rs	mais de toute façon quand on va mettre au propre (inaudible)
23:04	1384	15:49	949		ben oui ici c'est pas le propre c'est le brouillon
23:07	1387	15:52	952		ben non ben mes questions ont fait les questions puis (inaudible)
23:11	1391	15:56	956		ben donne donne-moi les documents moi je le fais
23:14	1394	15:59	959		non j'écris pas par contres
23:16	1396	16:01	961	De	la ILO t'est le script t'est le script homme
23:20	1400	16:05	965		bon ben MAT t'aient le script homme
23:23	1403	16:08	968		et moi je suis le dormeur
23:25	1405	16:10	970	Rs	MAT tu veux pas aller là-bas et ILO (inaudible)
23:28	1408	16:13	973	Re	c'est quoi ça c'est pas le propre un
23:31	1411	16:16	976		oui ben j'ai commence à écrire
23:34	1414	16:19	979		ben oui ben tu finis en haut toi… C'est ça
23:37	1417	16:22	982		mais tiens
23:42	1422	16:27	987	Ep	moi ça me dérange pas moi je veux bien faire les questions mais X XXL déjà t'as pas besoin de réfléchir en plus si tu veux même pas écrire…

ANNEXE 2 : Exemples de fichiers transcription

23:47	1427	16:32	992	Re	ben oui ben j'attends … Bon ben oui ben mais j'attends
23:51	1431	16:36	996		(chantonne) je suis patient … (Chantonne)
23:59	1439	16:44	1004		elle est où la feuille des questions elle est la (chantonne)
24:11	1451	16:56	1016	De	tu sais BOB tout ce qu'on a dit en gros j'en ai marre des chromosomes tout ça et ben… C'est dans la boîte … ça enregistre cet appareil bizarre la ?
24:21	1461	17:06	1026		ah oui 41 57 ah mince alors au zut
24:29	1469	17:14	1034		elle était très bonne les fourmis (inaudible) à Beauregard il y a des jolies fourmis après y en a pas mal au (lieu) aussi au Canada ouais au Canada et boah… Elles sont moins réputées là-bas parce que les Cranberries… C'est pas les mieux les Cranberries mais c'est des myrtilles (inaudible) des (inaudible) est toute petite (inaudible) il y avait rien à comparer au Canada … Des petites myrtilles
24:52	1492	17:37	1057	Ep	tais-toi
25:01	1501	17:46	1066		ben allez donc que BOB
25:04	1504	17:49	1069	Rb	faut mettre nom prénom
25:05	1505	17:50	1070		faut remplir ça Monsieur?
25:09	1509	17:54	1074	Pr	non je pense pas que… Enfin
25:13	1513	17:58	1078		a la limites si vous pouvez mettre vos noms prénoms oui
25:18	1518	18:03	1083	Rb	dans l'ordre de table?
25:19	1519	18:04	1084		ben oui
25:24	1524	18:09	1089	Ep	(inaudible) (rires) … Il faut que tu te calmes un peu parce que t'as dit que des bêtises tu marques ton nom…
25:33	1533	18:18	1098	De	Oui comme hier dans le car (inaudible) je te faisais des gros fucks… Non pas à toi…
25:42	1542	18:27	1107		tu sais… Connard … Tu sais que hier … Je sais elle est la
25:54	1554	18:39	1119		hier ...non c'est bon la t'arrête de t'essuyer contre mon pull gros dégueulasse
26:00	1560	18:45	1125		hier ?… Dans le car tu sais Madame (Nom) elle a eu des décontraction parce qu'elle est enceinte
26:07	1567	18:52	1132		je sais
26:13	1573	18:58	1138		et MAT il a demandait en pourquoi elle est enceinte encore elle … Parce qu'elle aime la bite
26:16	1576	19:01	1141	Ep	(inaudible) mais arrête on est censé travaillé la
26:28	1588	19:13	1153	Af	la tu mets les quatre types de … Les différentes cellules sont différentes et après tu …
26:30	1590	19:15	1155	Lt	Qu'est-ce qu'on peut en déduire
26:41	1601	19:26	1166	Af	lorsque des … (Inaudible) touc touc touc touc touc touc
26:51	1611	19:36	1176	Em	mais j'ai pas compris comparer les caryotypes… Mais ils sont tous identiques comment peut les comparer
26:56	1616	19:41	1181	De	BOB t'as envie l'éternuer
26:58	1618	19:43	1183	Af	ils sont tous identiques les caryotypes … Ils sont identiques … Qu'est-ce qu'on peut en déduire
27:05	1625	19:50	1190	Lt	y sont identiques mais qu'est-ce qu'on peut en déduire (inaudible)… Ben que …
27:15	1635	20:00	1200		ben euh
27:25	1645	20:10	1210	Pe	(enseignant)(inaudible) on se calme la (inaudible)
27:51	1671	20:36	1236	De	t'as vu c'est marrant ce truc
27:57	1677	20:42	1242	Rb	ça on s'en fout… La faut les… Caryotypes S
27:59	1679	20:44	1244	Qd	oui mais est-ce que c'est la même question comparer et que pouvez-vous

					en déduire
28:03	1683	20:48	1248	Af	ben oui parce qu'y sont identiques caryotypes
28:07	1687	20:52	1252	Pi	(enseignant) alors ils sont identiques c'est une … C'est la comparaison donc ça montre quoi par rapport au fait que la vous voyez bien que les cellules elle se divisent en deux
28:14	1694	20:59	1259	Af	les cellules ne changent pas
28:17	1697	21:02	1262	Po	(enseignant) alors plus précisément c'est quoi qui change pas c'est quoi qu'on veut montrer qui change pas
28:20	1700	21:05	1265	Af	à le … Les chromosomes
28:22	1702	21:07	1267	Po	(enseignant) alors ouais mais plus précis… Le… ?
28:25	1705	21:10	1270	Af	leur ADN
28:26	1706	21:11	1271	Po	(enseignant) non non c'est juste les chromosomes mais c'est quoi qui change… C'est le…
28:31	1711	21:16	1276	Af	nombres de chromosomes
28:34	1714	21:19	1279	Pc	(enseignant) c'est le nombre de chromosomes qui va rester toujours le même même si des cellules
28:39	1719	21:24	1284		(enseignant) se multiplient et donc se divisent … C'est juste ça la question
28:46	1726	21:31	1291	Af	les caryotypes des différentes cellules sont identiques … (Chantonne : elles sent la cannelle)
28:57	1737	21:42	1302	Ce	et mets virgule le nombre de chromosomes ne change… Ne change donc pas… Le nombre de chromosomes ne change donc pas
29:12	1752	21:57	1317	De	vas-y balance le … Est belle et en plus c'est sans la cannelle (rires)
29:31	1771	22:16	1336	Af	les chromosomes ne changent pas (l'autre élève continue à chantonner)
29:41	1781	22:26	1346	Ep	tu voudrais pas travailler ou de dire des âneries
29:43	1783	22:28	1348		C'est BOB depuis tout à l'heure j'ai commencée à travailler et pas toi
29:44	1784	22:29	1349		mais arrêtes ho le... (Inaudible)
29:48	1788	22:33	1353	De	ah bon ah c'était toi je me suis dit… Merci merci hein
29:52	1792	22:37	1357	Ep	arrêtent hého
29:55	1795	22:40	1360	De	tu vois la regardes (inaudible)
29:59	1799	22:44	1364		what ?
30:01	1801	22:46	1366		t'es trop bête
30:04	1804	22:49	1369	Rb	oui ben du coup… Faut dire que les… (Inaudible) parce que ça commence à…
30:12	1812	22:57	1377	De	Ah ben j'ai un mouchoir la
30:14	1814	22:59	1379	Af	dans les étapes un et deux
30:15	1815	23:00	1380		attends attends attends (se mouche)
30:22	1822	23:07	1387		il faut mettre que dans les étapes un et deux (se mouche à nouveau)
30:24	1824	23:09	1389	Ce	dans l'étape une les chromosomes sont compactées dans l'étape deux ils sont décompacter
30:32	1832	23:17	1397	Re	tu marques dans l'étape… Non attends
30:34	1834	23:19	1399	De	vas y mouche toi dans parce que c'est bons caca prout hein (se mouche)
30:53	1853	23:38	1418		(chantonne) ma casquette … (Nom) y se cache la caméra
30:57	1857	23:42	1422		(Nom) et se cache … (Nom) y se cache la caméra… Non… Non je suis trop moche pourquoi moi non (se mouche)
31:06	1866	23:51	1431		bon c'est bon toi ? (Inaudible)
31:16	1876	24:01	1441		non en fait tu sais que le QCM on a droit au livret et au classeur ?
31:18	1878	24:03	1443		sérieux
31:19	1879	24:04	1444		ouais c'est ce que m'a dit (Nom) et c'est hyper bidon (se mouche)

ANNEXE 2 : Exemples de fichiers transcription

31:23	1883	24:08	1448		moi j'ai rien relu (se mouche) (inaudible)
31:35	1895	24:20	1460		comme quoi ?… Non les enjeux de l'électricité j'ai pas compris…
31:38	1898	24:23	1463		pourquoi ma gomme était la
31:42	1902	24:27	1467		au pire j'écris parce que… Toi tu te mouches
31:46	1906	24:31	1471		ouais bah écrient parce que du coup BOB qui se mouche…
31:49	1909	24:34	1474	Af	du coup on avait dit que dans le euh... Dans la… Un… Ils sont compactées
31:54	1914	24:39	1479	Rs	ben tient amène tout ça avec …
31:57	1917	24:42	1482		elle est où la truc des questions …
31:59	1919	24:44	1484	De	tiens elle est la … Ouais mais ça c'est le… C'est ton classeur
32:05	1925	24:50	1490		ah ben non ah ben elle est parterres
32:09	1929	24:54	1494		Oh regarde hier j'ai inventé un proverbe non pas un proverbe une phrase… La nature la nature n'obéira jamais aux hommes mais les hommes devront obéir aux lois de la nature … Bon c'est pas mal ce que je dis
32:26	1946	25:11	1511		en gros ILO ne devra jamais obéir a BOB mais BOB devra obéir à ILO… Ah elle est belle cette phrase hein
32:34	1954	25:19	1519		ces ça saufs que moi ça marchera pas et toi je pas trop comment peut obéira ... à un chimpanzé sauvage … Chimpanzé… Chimpanzé
32:54	1974	25:39	1539		après j'ai pas dit que … Y en a qui vont obéir yen a qui vont… Ouais mais moi je t'obéirai
33:03	1983	25:48	1548		et tu te rends compte que tu dis … Ah ça
33:08	1988	25:53	1553		mais y savent même pas qui tu es
33:10	1990	25:55	1555		ben si
33:11	1991	25:56	1556		ben non
33:18	1998	26:03	1563	Do	donc la c'est décompacter et la c'est compactés en fait
33:23	2003	26:08	1568	Rs	oui mais eh celle en dessous faut montrer faut barrer celle en dessous aussi
33:26	2006	26:11	1571	Do	ouais mais la c'est décompacter et la c'est compactés
33:30	2010	26:15	1575		non mais… Décompacter diviser et compactés divisé
33:34	2014	26:19	1579		oh voilà que tu lis-toi
33:36	2016	26:21	1581	Jm	mais la tu dis que c'était hyper simple a voir si t'avaient appris ta leçon
33:42	2022	26:27	1587	Qd	Monsieur la ils sont décompacter la il sont à nouveau compactées ? (Autre élève) Ben oui mais sauf que son divisé la
33:49	2029	26:34	1594	Pi	(enseignant) la l'ADN il est déroulé on voit le fil ADN il est déroulé la pour préparer la division cellulaire l'ADN se compact s'enroule on voit les chromosomes lorsque la cellule revient repos donc là évidemment elle va se couper en deux on est d'accord lorsque la cellule est au repos effectivement l'ADN se déroule se decompacte c'est bien de l'ADN hein
34:11	2051	26:56	1616	Ac	ah OK
34:12	2052	26:57	1617	Pi	parce qu'on est dans le noyau c'est pas la cellule la cellule elle est jamais décompacter ni compactés c'est bien l'ADN qui soit pour faire plus simple se déroule soit s'enrouleS
34:31	2071	27:16	1636	De	du coup du coup du coup ben oui du coup tu sais (chantonne)s
34:52	2092	27:37	1657		(inaudible) tu le mets pas sur ma table
34:55	2095	27:40	1660		c'est pas ta table c'est la même table
34:58	2098	27:43	1663		c'est ma table
35:04	2104	27:49	1669	Ep	alors Monsieur dites-moi quelque chose on doit travailler ILO on doit pas faire de bêtises avec l'enregistreur t'est toi BOB
35:18	2118	28:03	1683	De	Ha ils sont pas sérieux ceux la… Qu'est-ce qui sont sérieux cette table (chantonne on saura tout sur le zizi)
35:34	2134	28:19	1699		ah aux (Nom d'établissement) je mettrai jamais mon fils…

35:44	2144	28:29	1709		arrêtes c'est pas drôle c'est que je rigole
35:59	2159	28:44	1724		oui vont devenir fou les stagiaires
36:27	2187	29:12	1752		joues à souffler dans l'enregistreur S
36:44	2204	29:29	1769		très intéressant BOB … Fait voir ta tête
37:16	2236	30:01	1801		de toute façon elle t'a rodé … Non non elle m'a pas vu
37:23	2243	30:08	1808	Ep	à des BOB faut qu'on travail… Des (inaudible) étaient sur la quenelle
37:27	2247	30:12	1812	De	la quenelles ou la cannelle … D'accord cannelle (rires) t'es pas belle tu sens la cannelle c'est poétique Bah la t'iras pas loin c'est pas vénère
37:56	2276	30:41	1841	Vd	mais ça c'est ce qu'on a ... c'est ce qu'il a dit (inaudible)
38:08	2288	30:53	1853	Lt	donc la quatre indiquer durant quelle période la quantité d'ADN est doublée
38:15	2295	31:00	1860	Qd	quoi ? Est doublée… ouais est doublée... Mais attends
38:20	2300	31:05	1865	Do	moi je dis que c'est par la
38:21	2301	31:06	1866	Af	c'est dans le cycle un cycle 2
38:24	2304	31:09	1869	Os	mais non idiot c'est par rapport à la multiplication … Ah ben oui
38:26	2306	31:11	1871	Do	ah ben c'est entre 12h ...1 heure non même pas
38:30	2310	31:15	1875		12 non
38:31	2311	31:16	1876		si… Une heure et… (Inaudible)
38:35	2315	31:20	1880	Os	non là c'est 12
38:37	2317	31:22	1882	Jo	non regarde ...cest deux heures... 4heures... 6 heures… Les grands traits entre les deux traits noirs ces deux heures
38:46	2326	31:31	1891	Re	non on est toujours à la question quatre
38:57	2337	31:42	1902	Pr	(enseignant) d'accord mais ce qui m'intéresse moi ce qui m'intéresse parce que juste me faire ce qu'il y a au tableau ça m'intéresse pas ce qui m'intéresse c'est que vous détaillez…
39:01	2341	31:46	1906	Os	mais non pas huit s'il en reste … Ben oui ben rien reste que trois
39:09	2349	31:54	1914	De	(inaudible)
39:24	2364	32:09	1929		(bruit papier) … Tu crois que ça enregistre la … (Bruit bizarre répétitif)
40:00	2400	32:45	1965		ça marche la ? Il y a zéro ouais ça a repris à zéro bravo de l'avoir éteint non mais touche pas touche pas touche pas
40:13	2413	32:58	1978		(rires) on va arranger...mais si ça enregistre bruit (bizarre) bon ben c'est pas grave
40:28	2428	33:13	1993	Re	donc on n'en est ou la quatre ?…
40:30	2430	33:15	1995	Af	moi je dis que c'est pendant
40:31	2431	33:16	1996	Os	mais même ces pendants une heure
40:32	2432	33:17	1997		entre une heure et deux heures
40:33	2433	33:18	1998		mais non pas deux heures trois heures
40:37	2437	33:22	2002	Rs	allez marque fais tes question
40:41	2441	33:26	2006	Qd	ouais mais ces ça mais enfin je sais pas ce qu'il entend par la question si il veux que on disait qu'elle heures…
40:46	2446	33:31	2011	De	Il est dégueulasse ton (inaudible) moi … Oui bah c'est dégueulasse tu l'as laissé par terre dans ta chambre ? Non il était sur ma chaise … Sur ta chaise ? Ben j'imagine pas le parterre y'a le plâtre t'a du plâtre ?
41:10	2470	33:55	2035		y'a le trou qui se décolorait
41:11	2471	33:56	2036		sérieux ?
41:14	2474	33:59	2039		ouais le dessus je prends une photo ce soir
41:15	2475	34:00	2040		(inaudibles) blancs ? … Blanc
41:18	2478	34:03	2043		de quoi qu'est ce qu'il y a ?s
41:19	2479	34:04	2044		comme les autres travaillent

41:20	2480	34:05	2045		pourquoi tu pleures ? Non mais si c'est qu'il a baillé comme moi
41:24	2484	34:09	2049		pourquoi tu pleures
41:25	2485	34:10	2050		je suis triste
41:26	2486	34:11	2051		le mecs est triste y va (inaudible) dit-il
41:37	2497	34:22	2062	Qd	et Monsieur pour la quatre la c'est marqué à quelle période ce (inaudible)
41:41	2501	34:26	2066		c'est là-dedans la ?
41:42	2502	34:27	2067	Po	(enseignants) alors… Non non la période c'est plus par rapport à sa multiplication c'est dans la multiplication c'est plus ça l'heure exacte non ça m'intéresse pas c'est plus cette période par rapport aux couleurs par rapport à la multiplication
41:59	2519	34:44	2084	Af	(inaudible) lors de la période… de la… multiplication
42:04	2524	34:49	2089	Em	alors là enfin… J'ai pas compris moi
42:09	2529	34:54	2094	Lt	indiquer à quelle période l'ADN (inaudible) aux deux nouvelles cellules
42:18	2538	35:03	2103	De	photos de profil et ben je vais me faire détacher ben la photo de profil … Le nôtre genre il a buggué il a fait (inaudible)
42:33	2553	35:18	2118	Lt	alors indiquaient à quelle période l'ADN est transmis aux deux nouvelles cellules
42:45	2565	35:30	2130	De	moi il a buggé comme ça Facebook … Au départ j'avais marqué j'aime 15 ou 20 sur vos photos photo de couverture j'avais deux j'aime et photos de profil après et puis tu sais normalement les notifications c'est quand sur Facebook et puis une demi-heure plus tard du coup ça me met vous aver 29 notifications chez pas quoi d'un coup c'est trop bizarre ...ouais tu jouais et toi ?
43:07	2587	35:52	2152		moi je jouais et d'un coup mes points du coté de la musique ben ça fait la musique qui s'arrêtait ça fait trop bizarre comme si j'appuyais longtemps aussi bien après… (Inaudible)
43:26	2606	36:11	2171	Pr	(enseignants) je regarde pas ce que vous faites je réponds à vos questions maintenant pour votre texte je regarderai plus tard
43:41	2621	36:26	2186	De	(inaudible) photo de couverture (brouhaha) s
43:52	2632	36:37	2197	Qd	Monsieur ?
44:01	2641	36:46	2206	Ep	vient asseoir aller assis toi
44:03	2643	36:48	2208		c'est bon j'arrive je passais un mouchoir à BOB
44:05	2645	36:50	2210		c'est ça ouais c'est ça sit down and listen
44:10	2650	36:55	2215	Pe	(enseignant) faut-il que je prélève les carnets de correspondance ? … Ce serait bien d'arrêter un peu la si je dois intervenir une dernière fois ce sera les carnets que je prendrai
44:25	2665	37:10	2230	Ep	bon ben tu vas te calmer… T'avais qu'à pas aller discuter … Non c'est ta faute la… Non c'est ta faute et tu viens travailler
44:36	2676	37:21	2241	Re	(inaudible) c'est super c'est pas dur enlève un petit bout de questions
44:38	2678	37:23	2243	Do	...parce que ces la ça augmente … C'est là que ça augmente on dirait que c'est la non mais là aussi ça augmente
44:42	2682	37:27	2247		Et la ça baisse la ça baisse
44:53	2693	37:38	2258	Jo	ça c'est comme un graphique la ces à un ça double (inaudible)
44:57	2697	37:42	2262		à ouais donc c'est pendant la période précédant la (inaudible)
45:04	2704	37:49	2269		périodes ...précédant … Ah oui mais même ça se voit ici un
45:10	2710	37:55	2275	Af	à la période précédant une multiplication
45:19	2719	38:04	2284	De	(inaudible) c'est vrai que c'est pas bien les lisopaines parce que ça un truc si t'en prend trop (inaudible
45:29	2729	38:14	2294		tu vas mourir
45:35	2735	38:20	2300		et c'est pas bon les lysopaines

45:42	2742	38:27	2307		tu m'en file un
45:43	2743	38:28	2308		moi aussi (inaudible)
45:53	2753	38:38	2318	Jo	la je pense tu vois c'est la multiplication par ce que ça baisse et ben du coup tu vois ça baisses y en as moins dans chaque et après ça réaugmentes en gros il y a une cellule et ben l'ADN se divise elle se divise pour que ça aille dans chaque cellule (inaudible)
46:12	2772	38:57	2337	Os	et non c'est que (inaudible)
46:23	2783	39:08	2348	Af	et ben je crois que c'est la multiplication cellulaire (inaudible)
46:26	2786	39:11	2351	De	(rires)
46:36	2796	39:21	2361	Af	alors c'est lors de la période de la multiplication période (inaudible) t'as fini ton cirque ?
46:49	2809	39:34	2374	De	non mais je suis (inaudible) bon ben alors oh un peu de respect jeune homme (inaudible)
46:59	2819	39:44	2384		qu'est-ce que tu dis la ? (Inaudible) ça on s'en fout (inaudible)
47:21	2841	40:06	2406		non mais (Nom) il a 16 ans parce qu'il a commencé un an en retard…
47:24	2844	40:09	2409		mais non je te parle de la vraie troisième (inaudible)
47:30	2850	40:15	2415		16 ans (inaudible) (Nom) il la commencer un en retard l'école puis il a dû redoubler sa cinquième
47:40	2860	40:25	2425		ben Dis donc … (Nom) il avait des problèmes quand il était petit il était dyslexique ou chez pas quoi
47:46	2866	40:31	2431	Lt	alors donc … Comment expliquer que l'ADN à doublé avec un nombre de chromosomes qui ne changent pas
47:52	2872	40:37	2437	Af	elle se divise … Non elles se sont elles sont multipliées elles sont copies ça se copient tues sais genre scanner elle passe au scanner touc et la hop hop tut ils impriment
48:09	2889	40:54	2454	Ep	c'est bon la t'a fini ton cirque ?
48:13	2893	40:58	2458	Af	elle passe au scanner
48:14	2894	40:59	2459		… Bah c'est normal elles passent des comme ça et maintenant elles sont comme ça ça double
48:19	2899	41:04	2464		non mais ça veut dire qu'elle passe au scanner puis elle s'imprime
48:22	2902	41:07	2467	Jo	donc petits schémas tu vois en gros il y a y'a l'ADN qui comme ça
48:28	2908	41:13	2473		ouais
48:29	2909	41:14	2474		ben ça c'est l'ADN … arrête Louis … L'ADN elle se elles se compact et comme elle est doublée est comme ça tu voyais les celle-là est celle la et la elle est doublée elle passe…
48:45	2925	41:30	2490	Qd	mais pourquoi tu fais tout ça… (Inaudible)s
48:48	2928	41:33	2493	Af	attends parce que c'est tout (inaudible)
49:03	2943	41:48	2508	Ad	je sais pas peut-être (inaudible)
49:17	2957	42:02	2522	De	le skis c'est bien ta sœur elle(inaudible)
49:18	2958	42:03	2523		ma seurs elle fait (inaudible)
49:25	2965	42:10	2530		(inaudible) ils skient sur une piste y sont comme ça (inaudible)
49:29	2969	42:14	2534	Qd	Monsieur ? Pour la question six…
49:30	2970	42:15	2535	Po	oui
49:32	2972	42:17	2537	Vd	E ben ça se (inaudible) pas ?
49:35	2975	42:20	2540	Po	(enseignant) y'a pas c'est pas que l'idée de divisions c'est-à-dire que l'idée c'est bien de se dire dans la numéro six je vérifie quand même que c'est bien celui auquel je pense voilà c'est de se dire que en est d'accord que la quantité d'ADN elle passe de un à deux quelle est bien doublée hors la y'a combien de chromosomes? (On entend pas la réponse)
49:42	2982	42:27	2547	Pr	(enseignant) Et là y'en a toujours ? Voilà donc l'idée c'est d'essayer de

ANNEXE 2 : Exemples de fichiers transcription

					m'expliquer comment c'est possible de passer en gros du double d'ADN sans passer au double de chromosomes ...donc c'est ça qui faut arriver a expliquer ces ça la subtilité dans la division cellulaire c'est pas dans une cellule on passe pas de 46 à 92 chromosomes on a toujours 46 chromosomes mais la quantité d'ADN elle a doublé
50:18	3018	43:03	2583	Qd	mais c'est que elle réduit…
50:19	3019	43:04	2584	Pi	et bien sur ce phénomène visiblement se passent en même temps que la compaction c'est-à-dire que c'est un phénomène qui a lieu en même temps à la fois l'ADN ce compact et à la fois les cellules (inaudible)
50:42	3042	43:27	2607	xx	(bruit de papier)
51:07	3067	43:52	2632	Re	passe-le moi on va essayer de faire ça
51:35	3095	44:20	2660	De	(inaudible)
51:49	3109	44:34	2674		(rires) ah ah ça chatouille…
51:55	3115	44:40	2680	Ep	Sérieux je t'en colle une
52:03	3123	44:48	2688	xx	l'énoncé (inaudible)
52:21	3141	45:06	2706	Pe	(enseignant) être un peu court pour un contrôle ça sonne dans deux minutes (rires)
52:37	3157	45:22	2722	De	(toujours le même élève qui s'amuse)
52:44	3164	45:29	2729		BOB qui rigolent … (on entend l'enseignant qui parle)
52:49	3169	45:34	2734	Rb	mais si… MAT ! MAT ! Pourquoi tu mets pas (inaudible)
52:56	3176	45:41	2741		Monsieur ? Oui ? C'est une feuille par groupe ?
53:01	3181	45:46	2746	Pr	oui bien sûr
53:11	3191	45:56	2756	xx	(inaudible)
53:17	3197	46:02	2762	Rs	et oh tu recopies comme ça
53:35	3215	46:20	2780	XX	(rires) (inaudible)
53:57	3237	46:42	2802		alors la on n'a pas le temps il reste deux minutes même pas
53:58	3238	46:43	2803	Ep	si on a peut-être le temps non je sais pas si on a le temps
54:02	3242	46:47	2807	Rs	il faut faire quoi comme schéma Monsieur ? Ben faut montrer la multiplication (réponse de l'élève qui s'amuse tout le temps)
54:07	3247	46:52	2812	Pr	sur le schéma à l'idée c'est de montrer ce qui se passe en gros c'est de montrer ce qui se passe c'est de reprendre un peu ce qui a au tableau met en détail en ce qui se passe pour les chromosomes en gros pour vous aider pour le schéma vous pouvait vous aider de ce schéma la
54:21	3261	47:06	2826	Ac	OK
54:22	3262	47:07	2827	Pr	ça doit être votre base de travail
54:31	3271	47:16	2836	Ac	oui oui oui oui
54:33	3273	47:18	2838	Pr	(enseignant) alors la fin de l'heure approchant…

ANNEXE 3 : Détermination de la proximité effective à partir des données de position

1) Saisie de la position

Un dispositif prototype pour l'automatisation du calcul de la position de l'enseignant a été développé en parallèle de cette étude. Les coordonnées de l'enseignant (t, x, y) sont déterminées à chaque seconde à partir de la détection angulaire du spot infra-rouge par chacune des deux caméras infra-rouge.

Figure 116. Capture d'écran – Détection automatique de la position.

Ces caméras sont préalablement calibrées ainsi que mentionné au paragraphe 3 du Chapitre 4. Un logiciel associé traite les données et fournit un fichier de sortie appelé Cumul.data tel que celui de la figure 51 p.141.

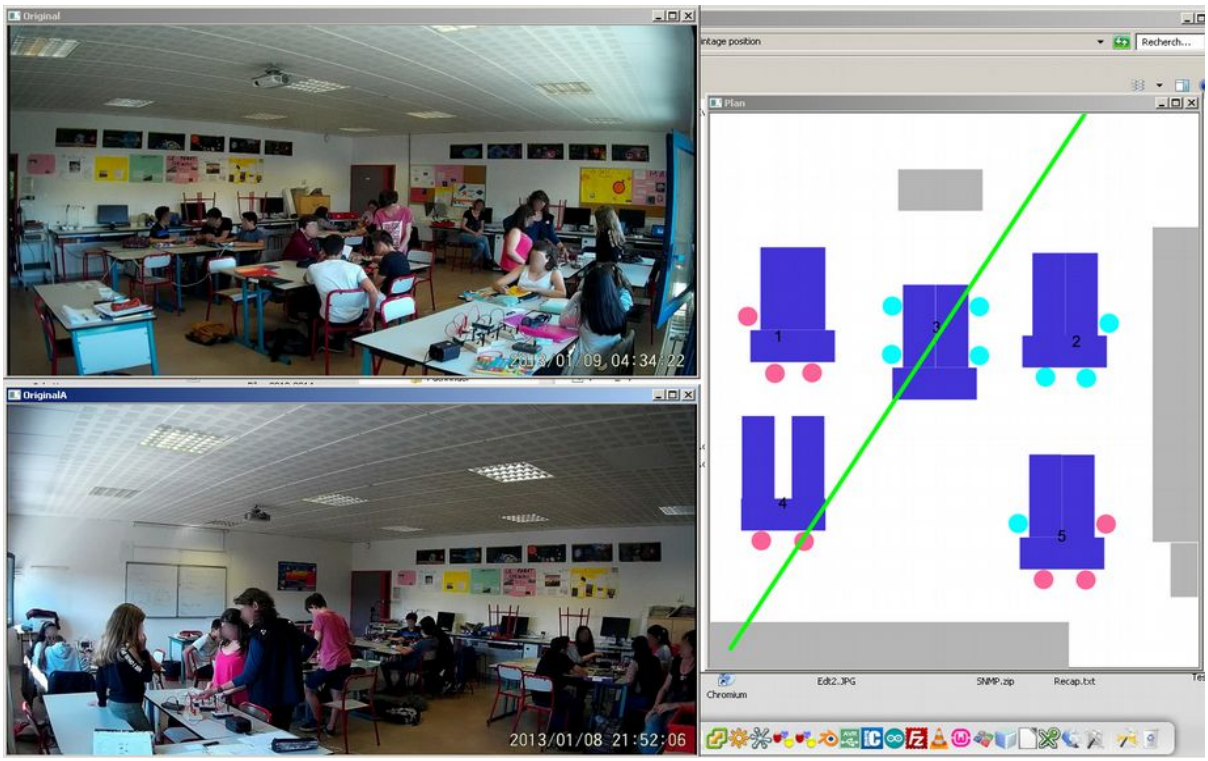


Figure 117. Capture d'écran - Saisie semi-automatique des données de position.

Les premières données ont été traitées en partie de manière semi automatique à l'aide d'un logiciel d'aide à la saisie des positions de l'enseignant. Ce logiciel permet de réaliser manuellement cette saisie à partir de l'enregistrement en lumière visible quand il manque par exemple des données infra-rouge. Lors des premières séances enregistrées, ces données étaient manquantes suite à des problèmes d'alimentation ou de désynchronisation des caméras infra-rouge.

A partir des données d'une caméra, l'angle est déterminé et matérialisé par une droite sur le plan, . La position observée sur la vidéo est ensuite saisie par clickage manuel.

A l'issue de la saisie, le logiciel pointage.exe fournit également un fichier de position Cumul.data

2) Zones neutres

Les calculs de proximité effective de l'enseignant sont faits de deux manières différentes, en intégrant ou non la présence de « zones neutres » dans la salle de classe.

L'intégration d'une zone neutre répond à deux situations observée lors des enregistrements. L'enseignant 1 a passé une partie du temps de travail de groupe derrière son bureau, plus

précisément il effectuait au début du travail de groupe un travail sur son ordinateur. Cela fausse sa proximité puisque à ce moment là, il n'apparaît pas véritablement disponible pour les groupes. L'enseignante 2 a également passé un court moment sur ordinateur pour saisir la saisie des absences. L'enseignante 3 est sortie pendant un court moment d'une des salles, pour aller chercher des documents. De la même manière, elle n'était pas réellement disponible pour le travail de groupe en étant hors de la salle. Une zone neutre correspondant à la zone située derrière le bureau a donc été intégrée dans tous les fichiers. Les points correspondant au passage de l'enseignant dans cette zone ne sont pas pris en compte dans le calcul en mode HZN (Hors Zone Neutre).

3) Calcul des proximités effectives (distances topologiques réelles de l'enseignant aux différents groupes)

Un script écrit sous NodeJS et utilisant la bibliothèque pathfinding (Github https://github.com/qiao/PathFinding.js) effectue le calcul des distances topologiques entre l'enseignant et chacun des groupes à partir des informations de contexte et du fichier Cumul.

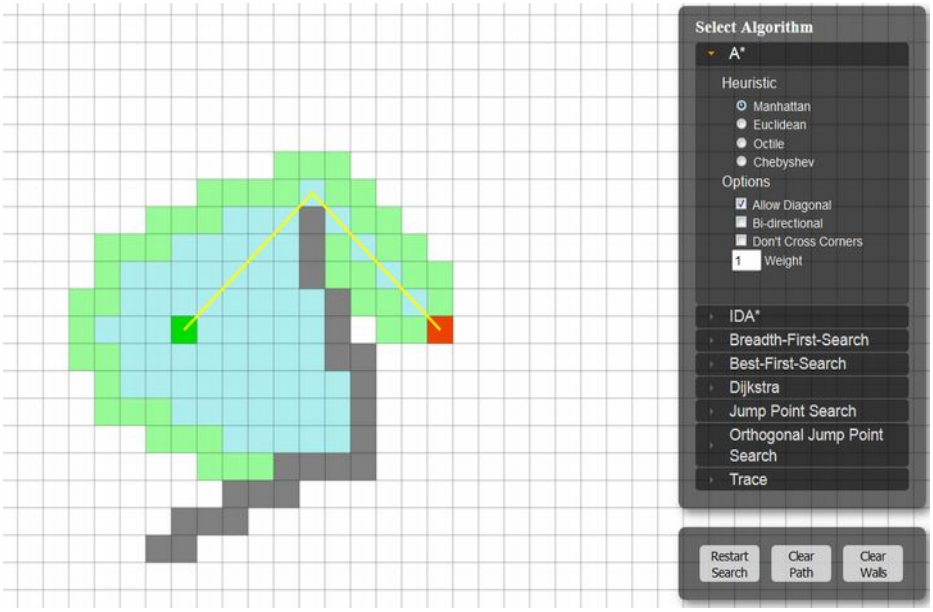


Figure 118. Copie d'écran - Live demo de la bibliothèque PathFinding

ANNEXE 3 : Détermination de la proximité effective à partir des données de position

A l'adresse http://qiao.github.io/PathFinding.js/visual/ le lecteur pourra tester différents choix d'algorithmes de chemin minimum ainsi que différentes heuristiques. Le choix retenu dans cette étude est l'algorithme A* associé à l »heuristique Manhattan.

A l'issue de ce traitement, on obtient le fichier Visite.

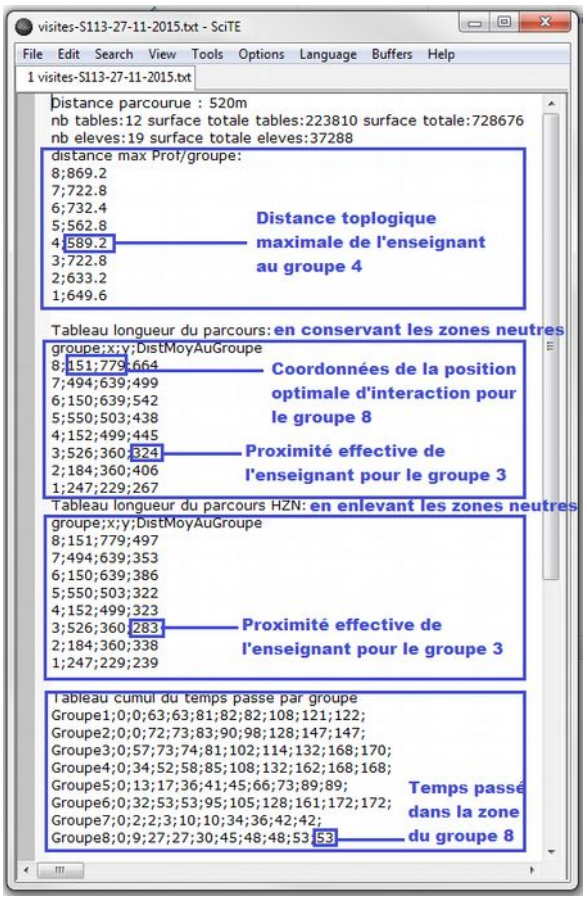


Figure 119. Fichier Visites - Toutes les valeurs sont données en cm.

Ce fichier rassemble différentes informations :

- la distance totale parcourue par l'enseignant pendant la séance
- le nombre de paillasses et leur surface totale
- la surface de la salle
- le nombre total d'élèves et la surface qu'ils occupent
- la distance topologique maximale qui sépare l'enseignant d'un groupe donné
- les coordonnées de la position d'interaction optimale sélectionnée pour chaque groupe
- la distance moyenne topologique c'est à dire la proximité effective de l'enseignant vis-à-vis de chaque groupe en conservant ou non les zones neutres

4) Estimation de la densité de présence par la méthode du noyau

La méthode utilisée est désignée par estimation de la densité du noyau initiée par Rosenblatt (1956) et Parzen (1962). L'algorithme utilise un jeu d'échantillons et estime leur distribution en s'appuyant sur un mélange de gaussiennes.

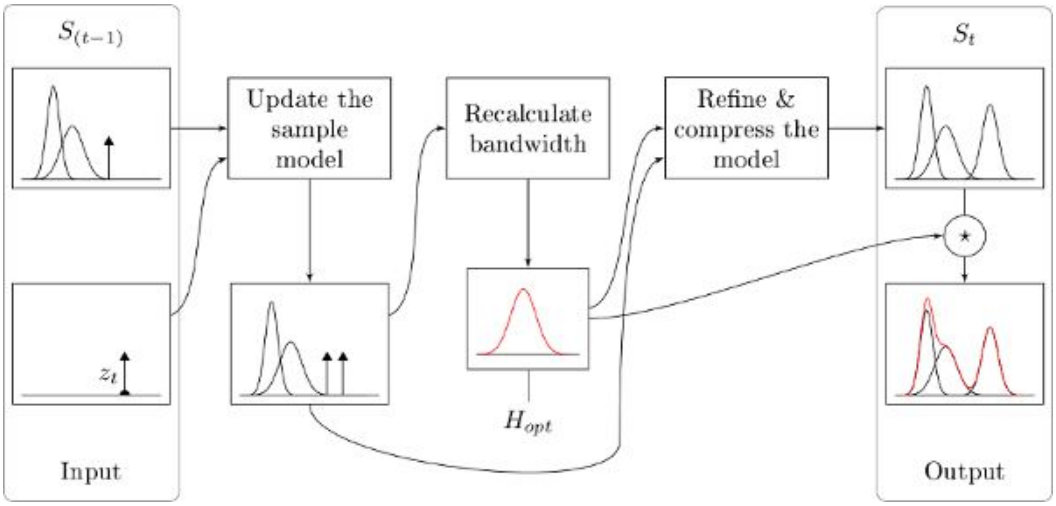


Figure 120. Principe de l'algorithme d'estimation de la densité du noyau.

Le programme utilisé est adapté d'une version écrite en Java par Jonas Lüthke qu'il a déposé sur un github (https://github.com/joluet/okde-java).

ANNEXE 4 : Couplage des données de position et des données relatives aux échanges verbaux

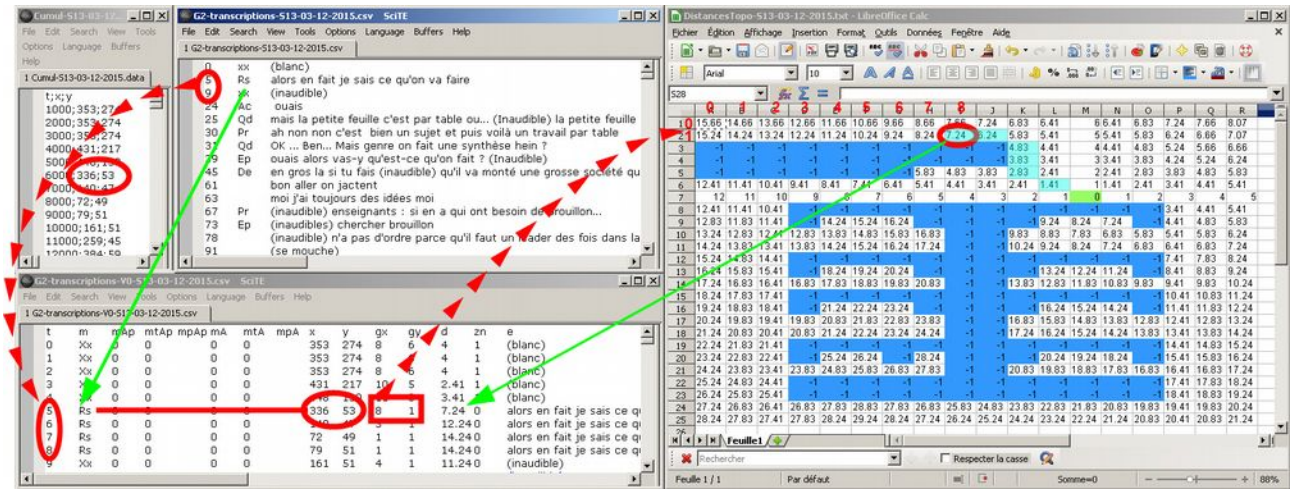


Figure 121. Les fichiers utilisés pour le couplage des données spatiales et a-spatiales du groupe 2 lors de la séance du 03-12-2015.

En haut à gauche, fichier rassemblant les triplets (temps, abscisse et ordonnée). Le temps est exprimé en millièmes de secondes, les coordonnées en cm.

En haut, au centre, fichier rassemblant les triplets (temps, codage de l'échange, contenu de l'échange).

A droite, fichier des distances topologiques des différents points de la salle calculés à partir de la position optimale d'interaction avec le groupe 2.

En bas, fichier couplant les informations temporelles, spatiale et a-spatiales. Au temps t=6s, le groupe 2 émet un échange codé Rs (régulation de la tâche mentionnant une stratégie), l'enseignant est alors derrière son bureau, à une distance topologique de 7,24m.

ANNEXE 5 : Principe d'extraction des mots Ra (codage automatisé)

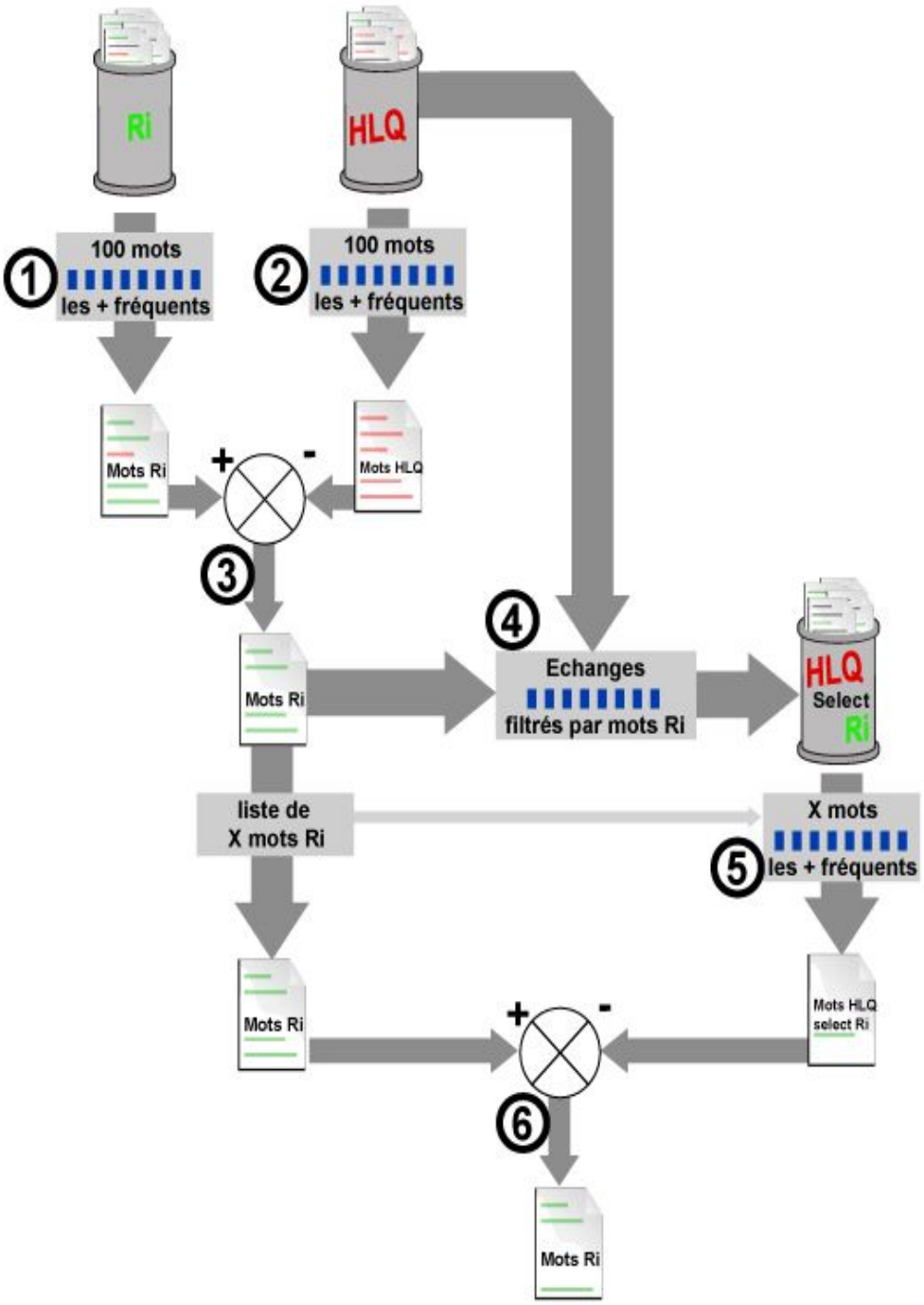


Figure 122. Procédure d'extraction des mots-clés de régulation.

ANNEXE 5 : Principe d'extraction des mots Ra (codage automatisé)

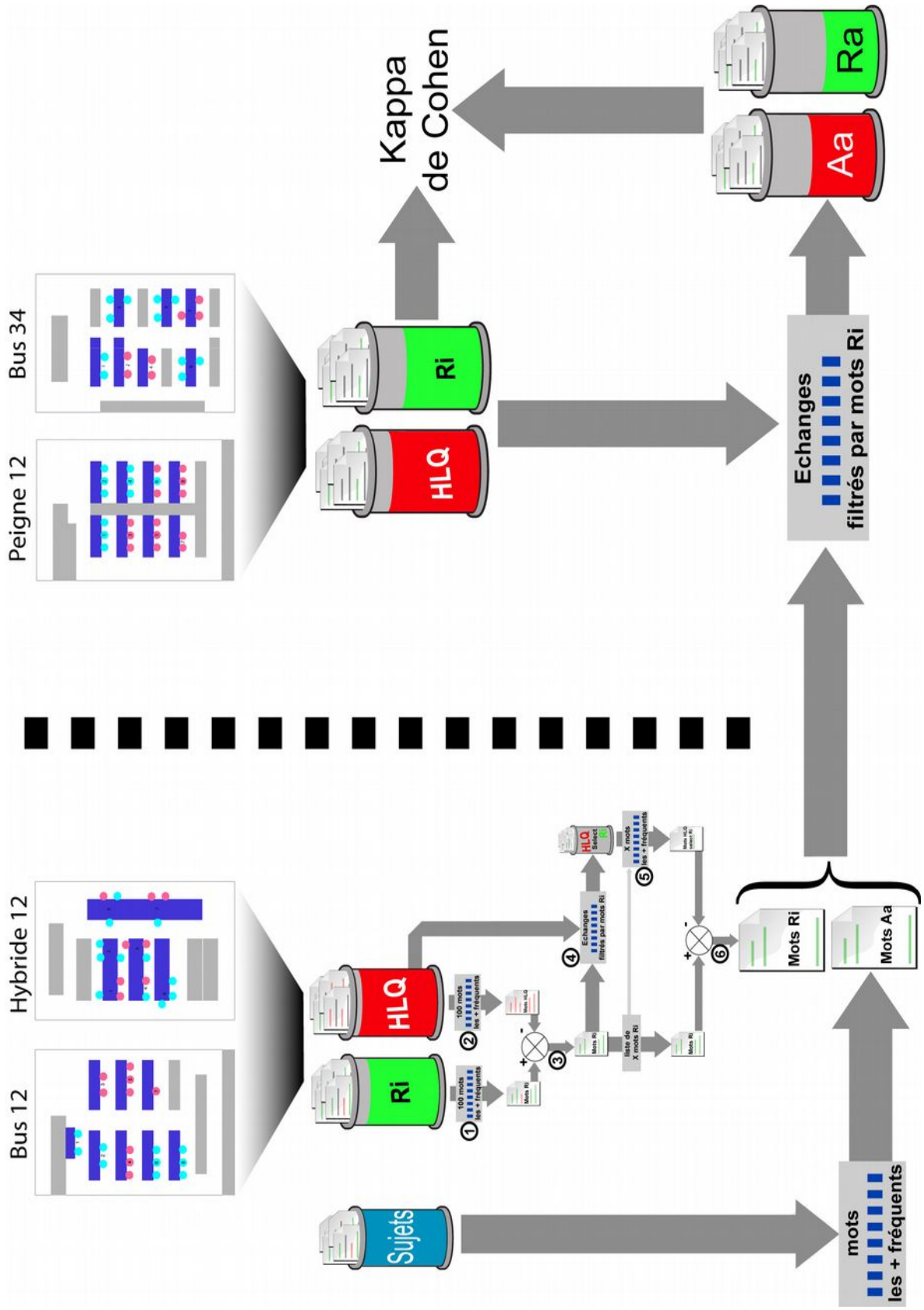


Figure 123. Génération des mots-clés à partir du corpus d'apprentissage et comparaison interjuge sur le corpus test.

1) Principe d'extraction des mots Ra

La Figure 121 schématise le principe d'extraction des mots de régulation comme expliqué page 198.

Les étapes sont les suivantes :

1. Extraction des 100 mots les plus fréquents dans un corpus codé manuellement Ri (Régulation).
2. Extraction des 100 mots les plus fréquents dans un corpus codé manuellement HLQ (Argumentation).
3. On enlève tous les mots HLQ de la liste des mots Ri.

Les mots Ri obtenus à l'issue de cette étape sont aussi présents dans du corpus HLQ. Ils apparaissent dans la liste de mots HLQ au delà de la 100ème position.

4. On sélectionne dans le corpus HLQ tous les échanges comportant les mots Ri obtenus après l'étape 3.
5. De ce nouveau corpus hybride, on extrait les mots les plus fréquents, puis on limite le liste de mots (HLQRi) obtenus au même nombre que la liste de mots Ri issue de l'étape 3.
6. On enlève tous les mots HLQRi de la liste de mots Ri pour obtenir le liste de mots Ra.

Cette liste permet le codage automatisé des échanges Ra.

2) Principe de mesure du coefficient interjuge (Kappa de Cohen)

On divise en deux corpus le corpus global (tous les échanges codés hormis les échanges hors tâche).

Le corpus peut être considéré comme constitué de quatre ensembles : Bus 3°, Peigne 3°, Bus 5° et Hybride 5°.

Dans un but d'équilibrer la nature des échanges dans les corpus test et apprentissage, les regroupements suivants ont été effectués :

ANNEXE 5 : Principe d'extraction des mots Ra (codage automatisé)

	Test	Apprentissage
Étape 1	Bus 3°, Hybride 5°	Peigne 3°, Bus 5°
Étape 2	Peigne 3°, Bus 5°	Bus 3°, Hybride 5°

L'étape 1 est illustrée par la figure 122. Elle est décrite en page 200. La liste de mots Ri est constituée comme expliqué au paragraphe précédent. La liste de mots Aa a été obtenue selon la méthodologie décrite au paragraphe 3.2.3.2 page 122 (pour mémoire, on a extrait les mots les plus fréquents des sujets et des corrections). Les échanges du corpus de test sont filtrés. Selon qu'ils contiennent ou non les mots Aa ou Ra ils sont codés « Aa » ou « Ra ». Ces codages automatisés sont comparés aux codages manuels « HLQ » et « Ri » effectués par ailleurs sur le corpus de test.
La comparaison permet la détermination du coefficient Kappa de Cohen.

Dans l'étape 2 (non représentée), le rôle des corpus est inversé (comme décrit dans le tableau de la page 303).

ANNEXE 6 : Procédure de discrétisation spatio-temporelle des données

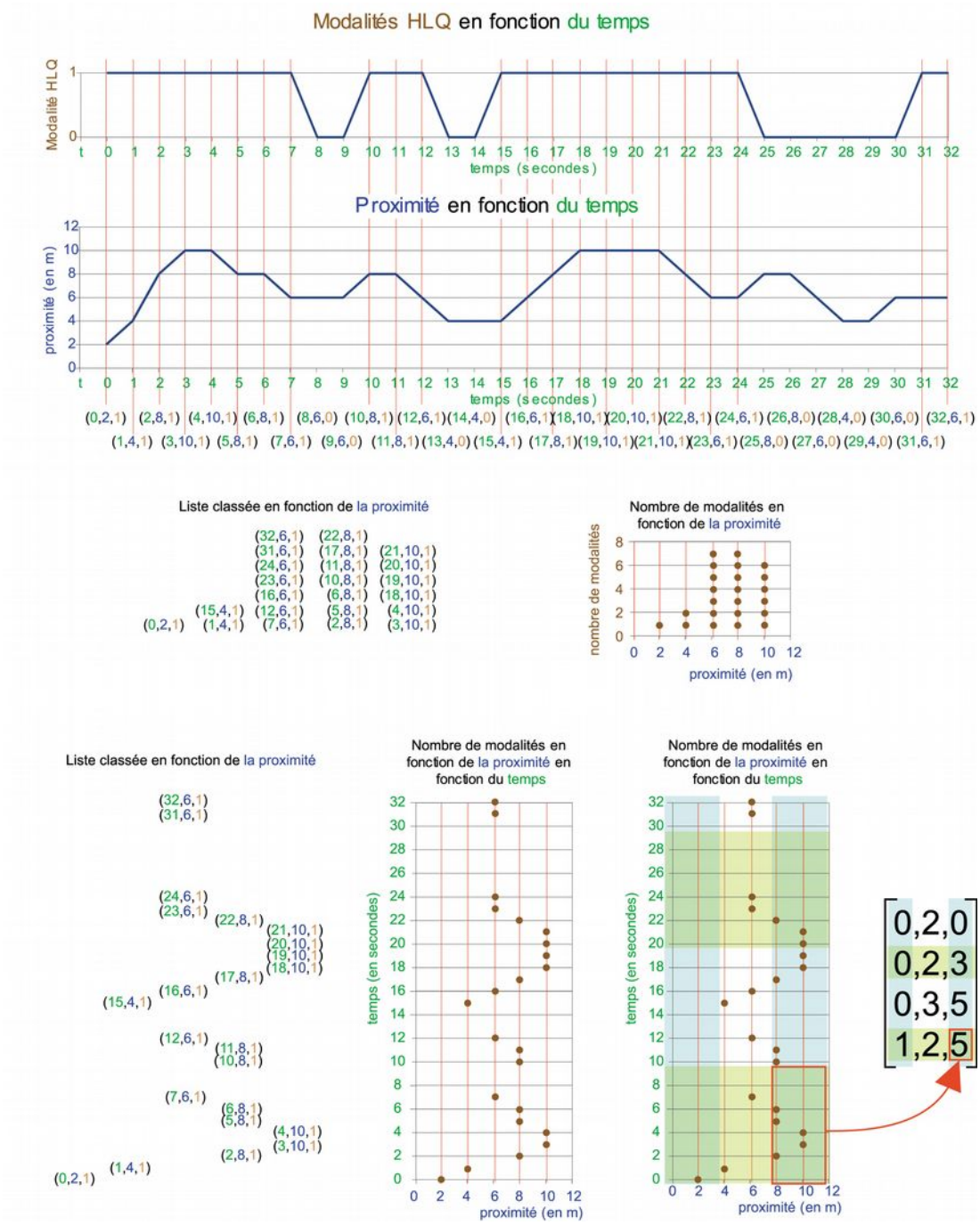


Figure 124: Principe de discrétisation spatio-temporelle des données.

ANNEXE 7 : Illustration de la normalisation des données discrétisées

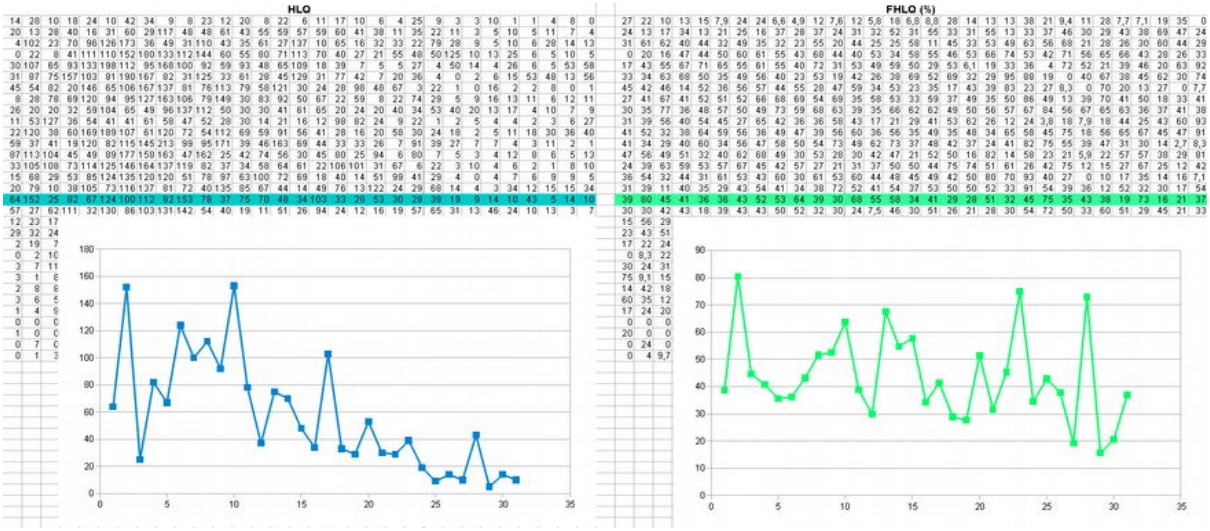


Figure 125. Normalisation en fréquence des données échantillonnées – A gauche un extrait du tableau de la durée des échanges HLQ, à droite les mêmes données normalisées en fréquence.

1) Normalisation en fréquence

Dans la partie gauche de la figure 124, le tableau représente le nombre d'échanges HLQ observés dans chaque intervalle de distances (horizontalement) et pour chaque intervalle de temps (verticalement). La ligne 17 de ce tableau a été représenté (courbe de gauche). La courbe montre le nombre d'échanges HLQ en fonction de la distance. Il a peu d'échanges pour les grandes valeurs de distances.

Dans la partie droite de la figure, le tableau représente la fréquence d'échanges HLQ au regard du nombre de points de mesures total des positions de l'enseignant. La ligne 17 de ce tableau a été représenté (courbe de droite). La courbe montre la fréquence des échanges HLQ.

2) Règles fixant les seuils de représentativité des lignes et colonnes du tableau

Il est à noter que dans le tableau de comptage de position de l'enseignant les colonnes et les lignes d'extrémité ont été tronquées en utilisant les règles suivantes :

- Traitement des lignes (élimination des intervalles de temps non représentatifs) :

  Pour chaque ligne du tableau on a calculé la somme des points de mesures de la ligne et on a déterminé le maximum de ces différentes sommes. Un seuil représentant 8 % de ce maximum a été ainsi déterminé.

  En partant du bas du tableau si la somme des points de mesures de la ligne est inférieure au seuil, la ligne est supprimée. L'opération est réitérée jusqu'à trouver la première ligne dont la somme est supérieure au seuil.

  On enlève ainsi les dernières lignes qui regroupent moins de 330 points de mesures pour un intervalle de temps de 90 secondes.

- Traitement des colonnes (élimination des intervalles de distances non représentatifs) :

  Le même traitement a été effectué mais le seuil retenu est de 10 % du maximum.

  On enlève ainsi les dernières colonnes qui regroupent moins de 590 points de mesures pour un intervalle de distance de 40 centimètres.

ANNEXE 8 : Traitements avec R Studio

1) RStudio

Les traitements statistiques ont été effectués avec le logiciel RStudio

```
R version 3.4.3 (2017-11-30) -- "Kite-Eating Tree"
Copyright (C) 2017 The R Foundation for Statistical Computing
Platform: x86_64-w64-mingw32/x64 (64-bit)
```

https://www.rstudio.com/

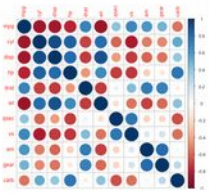
RStudio est un environnement de développement intégré (IDE) pour R.

Il comprend une console, un éditeur et différents outils.

2) Packages utilisés

De nombreux packages ont été utilisés pour l'exploration statistique des données.
Je présente rapidement ci-dessous les principaux packages utilisés et leur domaine d'utilisation.

- **corrplot "corrplot" "0.84"**
  Permet un affichage graphique d'une matrice de corrélation, avec intervalle de confiance...



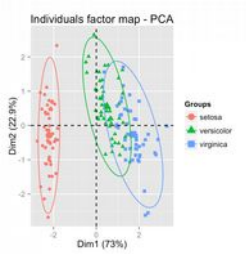
- **deldir "deldir" "0.1-15"**
  Utile pour les tracé 3D liés à GAM.

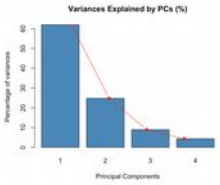
ANNEXE 8 : Traitements avec R Studio

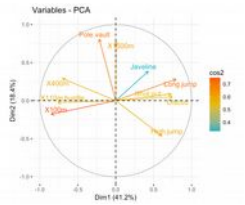
- **dplyr "dplyr" "0.7.5"**
  Outil rapide et cohérent pour travailler avec des blocs de données comme des objets (GAMM)

- **factoextra "factoextra" "1.0.5"**
  Fournit des fonctions faciles à utiliser pour extraire et visualiser le résultats des analyses de données multivariées, (PCA, CA, MCA, …).

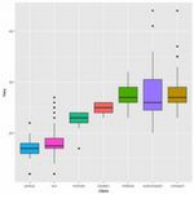
- **FactoMineR "FactoMineR" "1.41"**
  Fournit des fonctions faciles à utiliser pour extraire et visualiser le résultats des analyses de données multivariées, (PCA, CA, MCA, …).







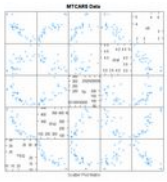
- **ggplot2 "ggplot2" "2.2.1"**
  Trace de graphiques avancés



- **Hmisc "Hmisc" "4.1-1"**
  Contient de nombreuses fonctions utiles pour l'analyse des données, les graphiques de haut niveau, les opérations utilitaires...(par exemple les matrices de corrélation).

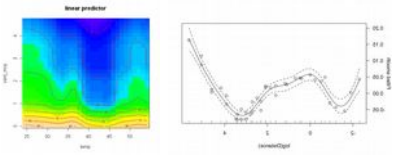
- **itsadug "itsadug" "2.3"**
  Fournit un ensemble de fonctions pour GAMM.

- **lattice "lattice" "0.20-35"**
  latticeExtra "latticeExtra" "0.6-28"
  Visualisation de données multivariées

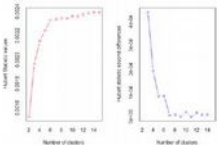


- **lme4 "lme4" "1.1-17"**
  Permet d'adapter les modèles linéaires bibliothèque 'Eigen'(travail sur valeurs propres)

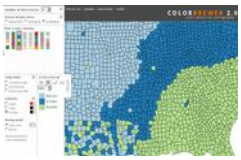
- **mgcv "mgcv" "1.8-23"**
  Adapte un modèle additif généralisé (GAM) aux données.



- **NbClust "NbClust" "3.0"**
  Propose le meilleur schéma de regroupement à partir de 30 déterminations du nombre optimal de clusters dans un ensemble de données.

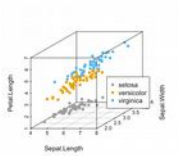


- **psy "psy"**
- Permet l'utilisation de la comparaison interjuge (Kappa de Cohen)

- **RColorBrewer "RColorBrewer" "1.1-2"**
- Fournit des schémas de couleurs pour les cartes et graphiques (http://colorbrewer2.org)
- 

- **scales "scales" "0.5.0"**
  Permet de changer les échelles des graphiques

- **scatterplot3d "scatterplot3d" "0.3-41"**
  Trace un nuage de points tridimensionnel (3D)



- **SnowballC "SnowballC" "0.5.1"**
  Implémente le stemming de mots pour rechercher des mots à partir d'une partie tronquée

- **tm "tm" "0.7-3"**
  Permet de faire du text mining dans R

- **wordcloud "wordcloud" "2.5"**
  Création de nuages de mots

3) Traitements sur les valeurs moyennes

1 Fichier Centralisation

Les données utilisées pour le traitement en valeurs moyennes sont celles du fichier « centralisation ».

	Type	Index	classe	dateRef	n° du gpe	Fille	Garcon	moy20Gpe	Proximité Moy (dPGMoy)	Ccessibilité (dMoyGG)	Accessibilité Moy Config AGG	FHQ	FLQ	FRi	FDeEm	FA	FR	nbp	tpsTotal	FPe	FPr	FPa	FP	nbp tot points	nbpProf
Enseignant 1	Bus	1	A	D27112015	1	0	2	9,7	236	293	416	5,7	29,3	39,8	25,2	21,6	36,1	1187	2439	4,5	71,5	24,0	10,3	1366	179
	Bus	1	A	D27112015	3	2	0	12	294	380	416	18,7	25,2	23,0	33,1	24,0	34,3	1244	2439	28,2	71,8	0,0	8,6	1368	124
	Bus	1	A	D27112015	4	3	0	15	318	418	416	20,2	52,4	18,9	8,5	44,8	22,7	1219	2438	0,0	89,6	23,5	9,6	1334	115
	Bus	1	A	D27112015	5	3	0	13	325	444	416	8,2	31,9	28,5	31,4	35,5	34,4	1244	2438	0,0	80,3	19,7	8,6	1381	137
	Bus	1	A	D27112015	6	0	3	10	377	472	416	1,5	5,7	24,8	67,9	12,6	17,0	1241	2439	6,7	66,5	26,8	9,8	1405	164
	Bus	1	A	D27112015	8	0	3	12	491	499	416	9,0	30,3	42,1	18,6	25,1	36,0	1160	2438	0,0	56,0	44,0	12,4	1360	200
	Bus	1	A	D27112015	2	0	2	13	330	338	416	31,7	38,9	12,8	16,6	40,1	32,7	1184	2439	0,0	72,4	27,6	9,7	1336	152
	Bus	1	A	D27112015	7	1	0	11	355	488	416														
	Comb	2	A	D02062016	1	0	3	11	601	364	801	5,6	16,7	7,8	69,7	21,8	13,4	1753	1965	5,3	94,7	0,0	5,6	1810	57
	Comb	2	A	D02062016	2	3	0	13	787	581	801	7,2	15,3	8,4	69,0	37,9	13,3	1825	1964	0,0	120,0	0,0	6,6	1855	30
	Comb	2	A	D02062016	3	3	0	15	569	806	801	28,4	47,1	14,0	10,2	63,5	18,9	1624	1964	0,0	32,5	58,6	7,7	1781	157
	Comb	2	A	D02062016	4	3	0	13	811	895	801	5,6	20,0	8,9	65,5	31,7	11,5	1708	1983	0,0	53,9	65,2	7,5	1823	115
	Comb	2	A	D02062016	5	0	3	10	544	945	801	4,5	13,5	12,3	69,8	20,7	13,9	1455	1829	11,0	50,7	38,4	10,9	1674	219
	Comb	2	A	D02062016	7	0	3	14	575	1016	801	7,3	16,2	31,8	44,7	21,3	31,0	1608	1965	0,9	47,0	52,2	10,5	1838	230
	Comb	2	A	D02062016	6	3	0	12	766	1000	801	0,4	10,9	4,2	84,6	11,3	6,7	1677	1964	1,8	46,4	51,8	6,3	1789	112
	Bus	2	B	D26052016	1	0	3	14	347	345	458	1,7	21,7	22,9	53,7	18,7	18,9	1562	1965	3,2	66,1	30,6	8,3	1748	186
	Bus	2	B	D26052016	2	0	3	16	337	386	458	17,5	18,6	26,5	37,2	26,0	27,0	1707	1964	6,9	81,9	11,1	5,6	1779	72
	Bus	2	B	D26052016	3	3	0	15	311	414	458	10,3	40,7	31,7	16,7	34,4	32,1	1740	1964	81,6	18,4	0,0	2,8	1778	38
	Bus	2	B	D26052016	4	0	3	15	289	461	458	1,0	15,0	21,4	62,6	28,8	16,5	1669	1965	18,0	82,0	0,0	5,6	1730	61
	Bus	2	B	D26052016	5	3	0	15	346	483	458	18,3	38,0	17,0	26,6	42,0	26,6	1684	1965	0,0	98,9	1,1	5,9	1776	92
	Bus	2	B	D26052016	6	3	0	14	325	516	458	7,4	14,3	16,8	61,6	34,2	13,0	1642	1965	6,1	89,0	4,9	6,0	1724	82
	Bus	2	B	D26052016	8	3	0	14	397	538	458	8,8	38,8	24,2	28,2	33,1	26,0	1612	1965	0,0	60,1	39,9	7,8	1775	163
	Bus	2	B	D26052016	7	2	0	14	406	520	458														
	Comb	1	B	D03122015	1	0	3	14	404	312	716	6,1	22,4	20,1	51,4	18,5	25,2	2379	2839	21,6	59,0	19,4	7,8	2689	310
	Comb	1	B	D03122015	2	0	3	16	340	466	716	3,8	14,5	32,5	49,3	13,7	23,5	2505	2839	4,4	71,7	23,9	5,2	2710	205
	Comb	1	B	D03122015	3	3	0	15	638	611	716	30,8	37,9	21,3	9,9	47,5	22,3	2638	2838	0,0	51,9	48,1	3,9	2742	104
	Comb	1	B	D03122015	4	0	3	15	469	767	716	6,9	12,3	17,5	62,7	14,6	14,2	2391	2838	18,9	41,1	40,1	9,2	2693	302
	Comb	1	B	D03122015	5	3	0	15	755	827	716	20,9	37,2	25,1	16,8	29,3	29,8	2633	2839	0,0	100,0	0,0	3,8	2667	34
	Comb	1	B	D03122015	6	3	0	14	536	871	716	9,3	14,6	18,7	56,7	15,8	19,1	2519	2838	6,3	62,6	31,1	5,5	2725	206
	Comb	1	B	D03122015	8	3	0	14	625	952	716	10,1	30,2	10,8	49,0	13,6	28,2	2474	2839	0,0	51,0	49,0	7,0	2721	247
	Comb	1	B	D03122015	7	3	0	14	796	921	716														
Enseignant 2	Bus	3	C	D09122016	2	0	3	14	500	300	430	23,4	50,9	24,0	1,7	35,9	42,4	1703	1802	16,9	30,1	53,0	5,2	1786	83
	Bus	3	C	D09122016	4	0	3	14	355	455	430	11,0	48,8	27,1	13,1	28,4	45,7	1579	1804	7,6	39,1	53,3	6,0	1671	92
	Bus	3	C	D09122016	5	1	2	13	387	493	430	13,3	60,2	23,6	2,9	30,0	49,2	1369	1805	0,0	40,0	60,0	5,8	1434	65
	Bus	3	C	D09122016	7	1	2	13	335	535	430	24,4	58,5	14,7	2,3	24,6	56,0	1636	1806	0,0	21,7	78,3	5,7	1728	92
	Bus	3	C	D09122016	8	1	2	13	397	559	430	19,1	24,2	30,3	26,4	9,1	52,5	806	1850	4,9	51,5	43,6	39,3	1352	546
	Bus	3	C	D09122016	1	0	2	13	521	220	430														
	Bus	3	C	D09122016	6	3	0	14	374	519	430	26,4	35,5	28,9	9,2	33,4	35,2	1658	1803	0,0	18,3	81,7	7,6	1784	126
	Bus	3	C	D09122016	3	2	0	13	434	369	430														
	Hyb	2	C	D16122016	4	0	3	13	289	580	512	9,1	47,4	22,0	21,4	26,6	39,4	1516	1803	0,0	15,8	84,2	9,8	1674	158
	Hyb	2	C	D16122016	7	1	2	15	314	661	512	8,4	58,5	19,0	14,1	42,3	35,0	1445	1805	0,0	55,9	44,1	10,6	1665	220
	Hyb	2	C	D16122016	2	1	1	13	651	394	512	15,2	63,8	17,0	4,0	27,5	62,3	1189	1820	24,6	17,5	57,9	9,4	1303	114
	Hyb	2	C	D16122016	6	1	2	12	486	635	512	8,5	52,2	23,3	16,0	25,9	45,4	1430	1802	0,0	4,6	95,4	7,5	1538	108
	Hyb	2	C	D16122016	5	1	2	13	540	612	512	8,1	60,1	21,3	10,5	35,6	36,9	1574	1810	0,0	35,2	64,8	5,9	1662	88
	Hyb	2	C	D16122016	3	1	2	13	276	489	512														
	Hyb	2	C	D16122016	1	1	1	16	491	213	512														
	Bus	4	D	D12122017	3	0	3	14	308	326	369	23,4	41,6	28,5	6,5	42,5	37,7	1511	1801	14,1	50,0	35,9	5,4	1575	64
	Bus	4	D	D12122016	7	2	1	14	267	492	369	12,0	66,5	18,9	2,6	48,8	36,7	1452	1806	0,0	65,4	34,6	7,0	1556	104
	Bus	4	D	D12122020	6	0	3	14	268	470	369	6,1	18,4	12,3	63,2	15,0	17,5	1402	1830	7,2	10,8	82,0	13,1	1596	194
	Bus	4	D	D12122016	2	2	0	15	393	279	369														
	Bus	4	D	D12122019	5	0	3	16	246	450	369														
	Bus	4	D	D12122018	4	2	0	17	336	390	369														
	Bus	4	D	D12122016	1	0	2	11	491	178	369	9,0	34,2	30,2	26,6	36,5	30,5	1451	1804	19,7	75,0	5,3	7,4	1583	132
	Hyb	1	D	D05122016	2	0	3	14	398	328	515	19,9	46,0	27,8	6,3	34,3	44,0	1620	1800	4,0	43,7	52,3	7,9	1771	151
	Hyb	1	D	D05122016	4	1	1	14	553	585	515														
	Hyb	1	D	D05122016	6	0	3	14	525	681	515	15,3	19,5	27,4	37,8	14,4	35,3	1593	1808	0,0	23,0	77,0	7,3	1715	122
	Hyb	1	D	D05122016	1	2	1	14	532	127	515	26,3	32,2	22,2	19,4	16,8	46,6	1592	1803	4,4	38,1	57,5	8,6	1752	160
	Hyb	1	D	D05122016	7	2	1	15	431	712	515														
	Hyb	1	D	D05122016	5	2	1	15	405	635	515														
	Hyb	1	D	D05122016	3	1	2	13	405	544	515	28,4	31,9	24,1	15,6	22,9	51,6	1618	1802	6,3	31,0	62,7	9,8	1776	158

Figure 126. Fichier Centralisation.

Dans une phase d'exploration des données, les opérations suivantes ont été effectuées :

- recherche de corrélations (matrice de corrélations)
- recherche des valeurs propres
- recherche des dimensions
- tracé du nuage de points
- tracé des vecteurs

Les données sont d'abord importées dans l'environnement Rstudio.

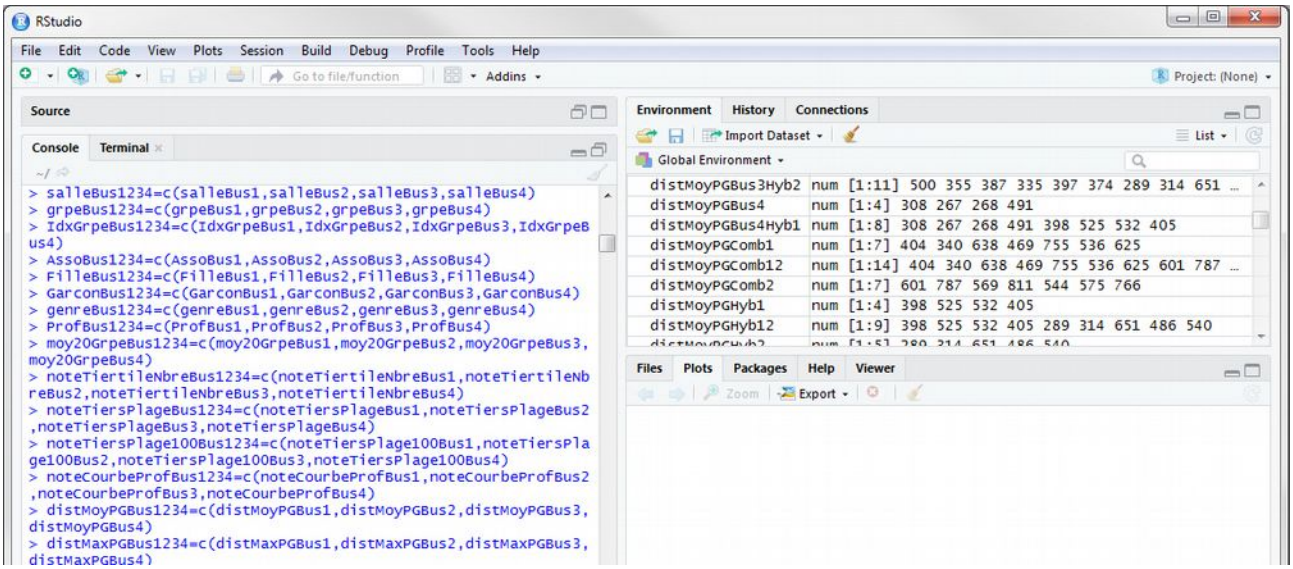


Figure 127. Copie d'écran -Importation des données dans Rstudio

Les traitements qui suivent nécessitent l'installation de librairies :

Environnement

```
library(factoextra)
library(NbClust)
```

Les résultats sont rapportés dans ce qui suit d'abord pour la comparaison Bus-Peigne, puis pour la comparaison Bus-Hybride.

2 *Résultats de la comparaison Bus-Peigne*

Données Bus1 et 2-Peigne1 et 2 (enseignant 1)

```
donneesT = data.frame(distMoyPGBus12Comb12,FRiBus12Comb12,FDeEmBus12Comb12,FHLQBus12Comb12,FPBus12Comb12,
FPeBus12Comb12,FPaBus12Comb12,FPrBus12Comb12,distMoyGGiBus12Comb12,moy20GrpeBus12Comb12)
```

Matrices de corrélation et significativité Bus12-Peigne12

```
> rcorr(as.matrix(donneesT))
```

Corrélations

	distMoyPGBus12Comb12	FRiBus12Comb12	FDeEmBus12Comb12	FHLQBus12Comb12	FPBus12Comb12	FPeBus12Comb12
distMoyPGBus12Comb12	1.00	-0.53	0.31	-0.10	-0.27	-0.32
FRiBus12Comb12	-0.53	1.00	-0.48	0.07	0.33	0.21
FDeEmBus12Comb12	0.31	-0.48	1.00	-0.91	-0.04	-0.07
FHLQBus12Comb12	-0.10	0.07	-0.91	1.00	-0.11	-0.03
FPBus12Comb12	-0.27	0.33	-0.04	-0.11	1.00	-0.20
FPeBus12Comb12	-0.32	0.21	-0.07	-0.03	-0.20	1.00
FPaBus12Comb12	0.41	-0.11	0.03	0.02	0.51	-0.37
FPrBus12Comb12	-0.04	-0.12	0.08	-0.03	-0.36	-0.42
distMoyGGiBus12Comb12	0.73	-0.38	0.30	-0.16	0.01	-0.23
moy20GrpeBus12Comb12	-0.07	0.04	-0.37	0.40	-0.46	0.16

	FPaBus12Comb12	FPrBus12Comb12	distMoyGGiBus12Comb12	moy20GrpeBus12Comb12
distMoyPGBus12Comb12	0.41	-0.04	0.73	-0.07
FRiBus12Comb12	-0.11	-0.12	-0.38	0.04
FDeEmBus12Comb12	0.03	0.08	0.30	-0.37
FHLQBus12Comb12	0.02	-0.03	-0.16	0.40
FPBus12Comb12	0.51	-0.36	0.01	-0.46
FPeBus12Comb12	-0.37	-0.42	-0.23	0.16
FPaBus12Comb12	1.00	-0.65	0.60	-0.08
FPrBus12Comb12	-0.65	1.00	-0.37	-0.06
distMoyGGiBus12Comb12	0.60	-0.37	1.00	0.00
moy20GrpeBus12Comb12	-0.08	-0.06	0.00	1.00

n= 28

Significativité

P

	distMoyPGBus12Comb12	FRiBus12Comb12	FDeEmBus12Comb12	FHLQBus12Comb12	FPBus12Comb12	FPeBus12Comb12
distMoyPGBus12Comb12		0.0039	0.1089	0.6126	0.1574	0.0936
FRiBus12Comb12	0.0039		0.0091	0.7145	0.0895	0.2871
FDeEmBus12Comb12	0.1089	0.0091		0.0000	0.8400	0.7402
FHLQBus12Comb12	0.6126	0.7145	0.0000		0.5791	0.8787
FPBus12Comb12	0.1574	0.0895	0.8400	0.5791		0.3024
FPeBus12Comb12	0.0936	0.2871	0.7402	0.8787	0.3024	
FPaBus12Comb12	0.0304	0.5612	0.8806	0.9150	0.0058	0.0508
FPrBus12Comb12	0.8276	0.5304	0.6877	0.8912	0.0571	0.0259
distMoyGGiBus12Comb12	0.0000	0.0474	0.1191	0.4048	0.9662	0.2336
moy20GrpeBus12Comb12	0.7286	0.8283	0.0501	0.0336	0.0143	0.4021

	FPaBus12Comb12	FPrBus12Comb12	distMoyGGiBus12Comb12	moy20GrpeBus12Comb12
distMoyPGBus12Comb12	0.0304	0.8276	0.0000	0.7286
FRiBus12Comb12	0.5612	0.5304	0.0474	0.8283
FDeEmBus12Comb12	0.8806	0.6877	0.1191	0.0501
FHLQBus12Comb12	0.9150	0.8912	0.4048	0.0336
FPBus12Comb12	0.0058	0.0571	0.9662	0.0143
FPeBus12Comb12	0.0508	0.0259	0.2336	0.4021
FPaBus12Comb12		0.0002	0.0007	0.6837
FPrBus12Comb12	0.0002		0.0528	0.7747
distMoyGGiBus12Comb12	0.0007	0.0528		0.9829
moy20GrpeBus12Comb12	0.6837	0.7747	0.9829	
distMoyGGiBus12Comb12	0.0007	0.0528		0.9829
moy20GrpeBus12Comb12	0.6837	0.7747	0.9829	

Valeurs propres

```
res.pca <- prcomp(donneesT, scale = TRUE)
> get_eigenvalue(res.pca)
        eigenvalue       variance.percent         cumulative.variance.percent
Dim.1   3.0114591745       30.114591745             30.11459
Dim.2   2.1736188702       21.736188702             51.85078
Dim.3   1.9185212102       19.185212102             71.03599
Dim.4   1.4033672966       14.033672966             85.06967
Dim.5   0.6209124951        6.209124951             91.27879
Dim.6   0.5135456149        5.135456149             96.41425
Dim.7   0.2139702763        2.139702763             98.55395
Dim.8   0.1257120800        1.257120800             99.81107
Dim.9   0.0188667377       0.188667377          99.99974
Dim.10  0.0000262445       0.000262445          100.00000
```

Dimensions

```
> res.pca$rotation
                            PC1         PC2         PC3         PC4         PC5         PC6        PC7          PC8
distMoyPGBus12Comb12   0.44038739 -0.06475788 -0.33815798 -0.02132064  0.06454781 -0.48579173  0.3278788 -0.561031726
FRiBus12Comb12        -0.33382079  0.27563663  0.26967437 -0.01222549 -0.53934752 -0.58508961  0.1144097  0.049100543
FDeEmBus12Comb12       0.38738908 -0.36076116  0.29239907  0.20824575 -0.13226227  0.23683609  0.0493461 -0.025814755
FHLQBus12Comb12       -0.28135179  0.27823373 -0.46155545 -0.23636543  0.40851171  0.01008607 -0.1090841  0.005706263
FPBus12Comb12          0.07950583  0.42766261  0.45686208 -0.24993924  0.04777710  0.20556985 -0.3484620 -0.605419343
FPeBus12Comb12        -0.23127337  0.01282790  0.08360454  0.72459523  0.31061826 -0.15224365 -0.1102685 -0.283598354
FPaBus12Comb12         0.36468881  0.48756632 -0.04433916 -0.08166841 -0.09077175  0.19949806  0.4006867  0.135234106
FPrBus12Comb12        -0.13348160 -0.51524124 -0.04558080 -0.48330303 -0.13232525 -0.09286641 -0.2063424 -0.223310519
distMoyGGiBus12Comb12  0.46455386  0.15294833 -0.23231222  0.12468210 -0.16892985 -0.26447350 -0.7252997  0.245343915
moy20GrpeBus12Comb12  -0.19738135  0.05119317 -0.49058031  0.23844499 -0.60622568  0.42623528 -0.0479580 -0.326838615
                            PC9          PC10
distMoyPGBus12Comb12   0.15696736  2.794422e-04
FRiBus12Comb12        -0.02341636  3.007325e-01
FDeEmBus12Comb12       0.01325804  7.169768e-01
FHLQBus12Comb12       -0.01193431  6.288619e-01
FPBus12Comb12          0.08420802  4.171629e-05
FPeBus12Comb12        -0.44952317  1.405699e-04
FPaBus12Comb12        -0.62749901 -3.661953e-03
FPrBus12Comb12        -0.60203784 -4.608686e-03
distMoyGGiBus12Comb12 -0.08089633  9.325877e-04
moy20GrpeBus12Comb12   0.05083175  1.183620e-03
```

Tracé du nuage de points :

```
> fviz_pca_ind(res.pca,
col.ind = "cos2", # Colorer par le cos2
gradient.cols = c("#00AFBB", "#E7B800", "#FC4E07"),repel = TRUE)
```

Les 28 points représentent la projection des points représentant les 28 groupes observés au cours des 4 séances dans le plan déterminé par les deux facteurs principaux. Les points 1 à 14

correspondent aux deux séances en bus, les points 15 à 28 aux deux séances en peigne. Les deux dimensions 1 et 2 représentent 56 % de la variance observée.

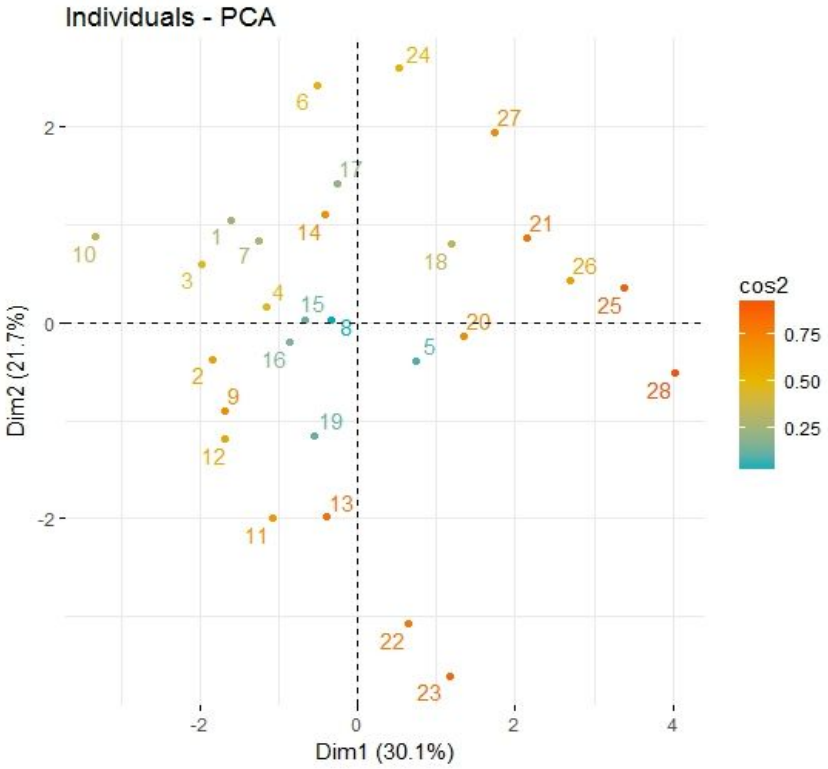


Figure 128. Nuage de points – comparaison Bus-Peigne.

Commentaires :

Les 28 points représentent la projection des points représentant les 28 groupes observés au cours des 4 séances dans le plan déterminé par les deux facteurs principaux. Les points 1 à 14 correspondent aux deux séances en bus, les points 15 à 28 aux deux séances en peigne. Les deux dimensions 1 et 2 représentent 56 % de la variance observée.A l'exception du point n°5, les points 1 à 14 sont tous placés à gauche de l'axe vertical.

Tracé des vecteurs :

```
 fviz_pca_var(res.pca,
col.ind = "cos2", # Colorer par le cos2
gradient.cols = c("#00AFBB", "#E7B800", "#FC4E07"),repel = TRUE)
```

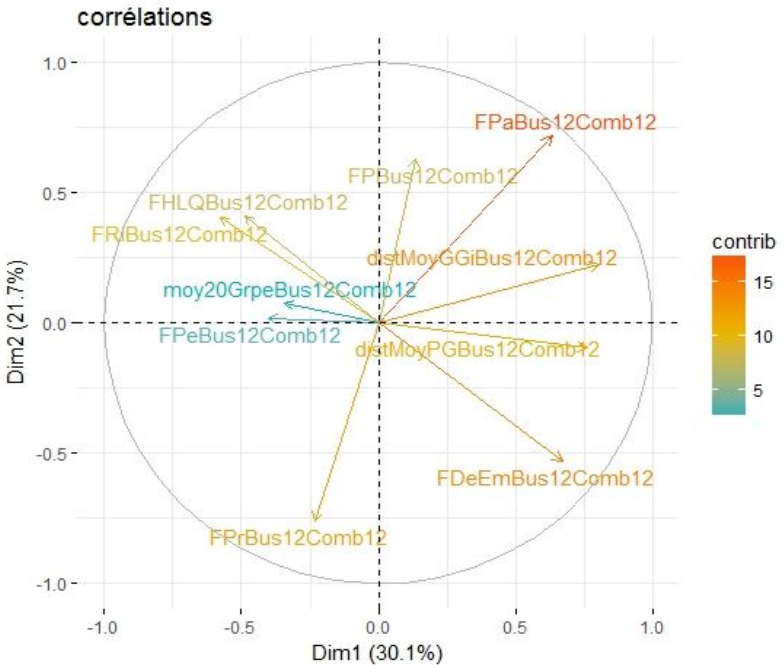


Figure 129. Vecteurs – Comparaison Bus-Peigne.

Commentaires :

Les tracé des vecteurs dans le plan des deux principaux facteurs identifiés ne permet pas d'identifier très nettement la signification des axes. Il semble apparaître globalement une dimension « accessibilité-proximité » et une dimension « interactions enseignant-groupes».

- Les deux variables accessibilité et proximité vont dans le même sens et sont proches de l'axe horizontal, qu'on pourrait appeler l'axe « accessibilité-proximité ». Cet axe explique environ 30 % de la variance.
- Les vecteurs représentant respectivement la fréquence des interventions de régulations des comportements et la note moyenne du groupe sont également proches de cet axe horizontal, mais leur contribution est bien moins importante.
- Deux variables sont proches de l'axe vertical, l'axe «enseignant », qui explique environ 22 % d la variance : la fréquence des interventions de régulation de la réalisation, dans un sens ; la fréquence globale des interventions de l'enseignant, dans l'autre sens.

3 *Résultats de la comparaison Bus -Hybride*

Données

Il s'agit de la comparaison Bus 3 et 4 Hybride 1 et 2 (enseignant 2)

```
donneesTH = data.frame(distMoyPGBus34Hyb12,FRiBus34Hyb12,FDeEmBus34Hyb12,FHLQBus34Hyb12,FPBus34Hyb12,
FPeBus34Hyb12,FPaBus34Hyb12,FPrBus34Hyb12,distMoyGGiBus34Hyb12,moy20GrpeBus34Hyb12)
```

Matrice de corrélations et significativité

Corrélations

	distMoyPGBus34Hyb12	FRiBus34Hyb12	FDeEmBus34Hyb12	FHLQBus34Hyb12	FPBus34Hyb12	FPeBus34Hyb12
distMoyPGBus34Hyb12	1.00	0.15	-0.13	0.07	-0.07	0.43
FRiBus34Hyb12	0.15	1.00	-0.13	-0.21	0.24	0.10
FDeEmBus34Hyb12	-0.13	-0.13	1.00	-0.94	0.28	-0.05
FHLQBus34Hyb12	0.07	-0.21	-0.94	1.00	-0.36	0.01
FPBus34Hyb12	-0.07	0.24	0.28	-0.36	1.00	-0.04
FPeBus34Hyb12	0.43	0.10	-0.05	0.01	-0.04	1.00
FPaBus34Hyb12	-0.01	-0.36	0.20	-0.07	-0.16	-0.50
FPrBus34Hyb12	-0.16	0.37	-0.21	0.08	0.20	0.17
distMoyGGiBus34Hyb12	-0.23	-0.19	0.12	-0.05	0.16	-0.63
moy20GrpeBus34Hyb12	-0.33	-0.20	-0.03	0.10	0.02	-0.32

	FPaBus34Hyb12	FPrBus34Hyb12	distMoyGGiBus34Hyb12	moy20GrpeBus34Hyb12
distMoyPGBus34Hyb12	-0.01	-0.16	-0.23	-0.33
FRiBus34Hyb12	-0.36	0.37	-0.19	-0.20
FDeEmBus34Hyb12	0.20	-0.21	0.12	-0.03
FHLQBus34Hyb12	-0.07	0.08	-0.05	0.10
FPBus34Hyb12	-0.16	0.20	0.16	0.02
FPeBus34Hyb12	-0.50	0.17	-0.63	-0.32
FPaBus34Hyb12	1.00	-0.94	0.54	0.16
FPrBus34Hyb12	-0.94	1.00	-0.37	-0.05
distMoyGGiBus34Hyb12	0.54	-0.37	1.00	0.14
moy20GrpeBus34Hyb12	0.16	-0.05	0.14	1.00

n= 19

Significativité

P

	distMoyPGBus34Hyb12	FRiBus34Hyb12	FDeEmBus34Hyb12	FHLQBus34Hyb12	FPBus34Hyb12	FPeBus34Hyb12
distMoyPGBus34Hyb12		0.5445	0.6080	0.7645	0.7893	0.0667
FRiBus34Hyb12	0.5445		0.6047	0.3800	0.3195	0.6962
FDeEmBus34Hyb12	0.6080	0.6047		0.0000	0.2390	0.8548
FHLQBus34Hyb12	0.7645	0.3800	0.0000		0.1287	0.9615
FPBus34Hyb12	0.7893	0.3195	0.2390	0.1287		0.8864
FPeBus34Hyb12	0.0667	0.6962	0.8548	0.9615	0.8864	
FPaBus34Hyb12	0.9615	0.1283	0.4124	0.7625	0.5136	0.0280
FPrBus34Hyb12	0.5123	0.1152	0.3893	0.7450	0.4202	0.4889
distMoyGGiBus34Hyb12	0.3416	0.4361	0.6317	0.8342	0.5155	0.0038
moy20GrpeBus34Hyb12	0.1679	0.4005	0.9139	0.6974	0.9510	0.1871

	FPaBus34Hyb12	FPrBus34Hyb12	distMoyGGiBus34Hyb12	moy20GrpeBus34Hyb12
distMoyPGBus34Hyb12	0.9615	0.5123	0.3416	0.1679
FRiBus34Hyb12	0.1283	0.1152	0.4361	0.4005
FDeEmBus34Hyb12	0.4124	0.3893	0.6317	0.9139
FHLQBus34Hyb12	0.7625	0.7450	0.8342	0.6974
FPBus34Hyb12	0.5136	0.4202	0.5155	0.9510
FPeBus34Hyb12	0.0280	0.4889	0.0038	0.1871
FPaBus34Hyb12		0.0000	0.0160	0.5164
FPrBus34Hyb12	0.0000		0.1236	0.8296
distMoyGGiBus34Hyb12	0.0160	0.1236		0.5676
moy20GrpeBus34Hyb12	0.5164	0.8296	0.5676	

Valeurs propres

```
>  res.pca <- prcomp(donneesTH, scale = TRUE)
> get_eigenvalue(res.pca)

         eigenvalue    variance.percent cumulative.   variance.percent
Dim.1    2.967855e+00       2.967855e+01                    29.67855
Dim.2    2.153768e+00       2.153768e+01                    51.21623
Dim.3    1.674903e+00       1.674903e+01                    67.96526
Dim.4    1.081324e+00       1.081324e+01                    78.77849
Dim.5    7.411933e-01       7.411933e+00                    86.19043
Dim.6    6.837929e-01       6.837929e+00                    93.02835
Dim.7    4.063809e-01       4.063809e+00                    97.09216
Dim.8    2.907837e-01       2.907837e+00                   100.00000
Dim.9    2.099407e-30       2.099407e-29                   100.00000
Dim.10   1.910585e-31       1.910585e-30                   100.00000
```

Dimensions

```
 res.pca$rotation
                             PC1           PC2         PC3         PC4         PC5          PC6        PC7
distMoyPGBus34Hyb12  -0.17507793 -0.0620752957  0.5551386 -0.31249893  0.40275063  0.045969035 -0.6051451
FRiBus34Hyb12        -0.27512494  0.2240601449 -0.1071383 -0.55839226 -0.03842948  0.639510747  0.2133623
FDeEmBus34Hyb12       0.21272052  0.5712627399  0.1541873  0.30761379 -0.08748677 -0.001180644 -0.1919362
FHLQBus34Hyb12       -0.11636803 -0.6384850426 -0.1155882 -0.11393225  0.09917486 -0.215333194  0.1168064
FPBus34Hyb12         -0.01831648  0.4196117166 -0.2245483 -0.31197870  0.55250658 -0.463692743  0.3163201

FPeBus34Hyb12        -0.39509960  0.0446956766  0.3870186  0.26723446  0.22526665 -0.165604008  0.2871469
FPaBus34Hyb12         0.52005769 -0.1040917158  0.2509896 -0.13053794  0.05022598  0.156720927  0.2461770
FPrBus34Hyb12        -0.43317156  0.1006255739 -0.4430004  0.04067128 -0.14851006 -0.111691048 -0.3970674
distMoyGGiBus34Hyb12  0.42617962  0.0008748772 -0.1767760 -0.40559155 -0.07200883 -0.297539892 -0.3295147
moy20GrpeBus34Hyb12   0.19671447 -0.1136062869 -0.3905226  0.36192807  0.65806821  0.417781163 -0.1686279


                             PC8           PC9          PC10
distMoyPGBus34Hyb12   0.17069894  5.239037e-16 -1.773987e-16
FRiBus34Hyb12        -0.19967975 -2.344682e-01 -1.069413e-03
FDeEmBus34Hyb12       0.01393088 -6.821366e-01 -3.111234e-03
FHLQBus34Hyb12        0.05387791 -6.925991e-01 -3.158954e-03
FPBus34Hyb12          0.23559497  6.383782e-16 -2.013906e-16
FPeBus34Hyb12        -0.62733450 -1.176422e-03  2.579300e-01
FPaBus34Hyb12         0.15232675 -3.313467e-03  7.264760e-01
FPrBus34Hyb12         0.08030147 -2.905061e-03  6.369332e-01
distMoyGGiBus34Hyb12 -0.64832147 -1.915135e-15 -2.546791e-16
moy20GrpeBus34Hyb12  -0.16990267 -7.355228e-16 -4.933120e-18
```

Tracé du nuage de points :

```
> fviz_pca_ind(res.pca,
col.ind = "cos2", # Colorer par le cos2
gradient.cols = c("#00AFBB", "#E7B800", "#FC4E07"),repel = TRUE)
```

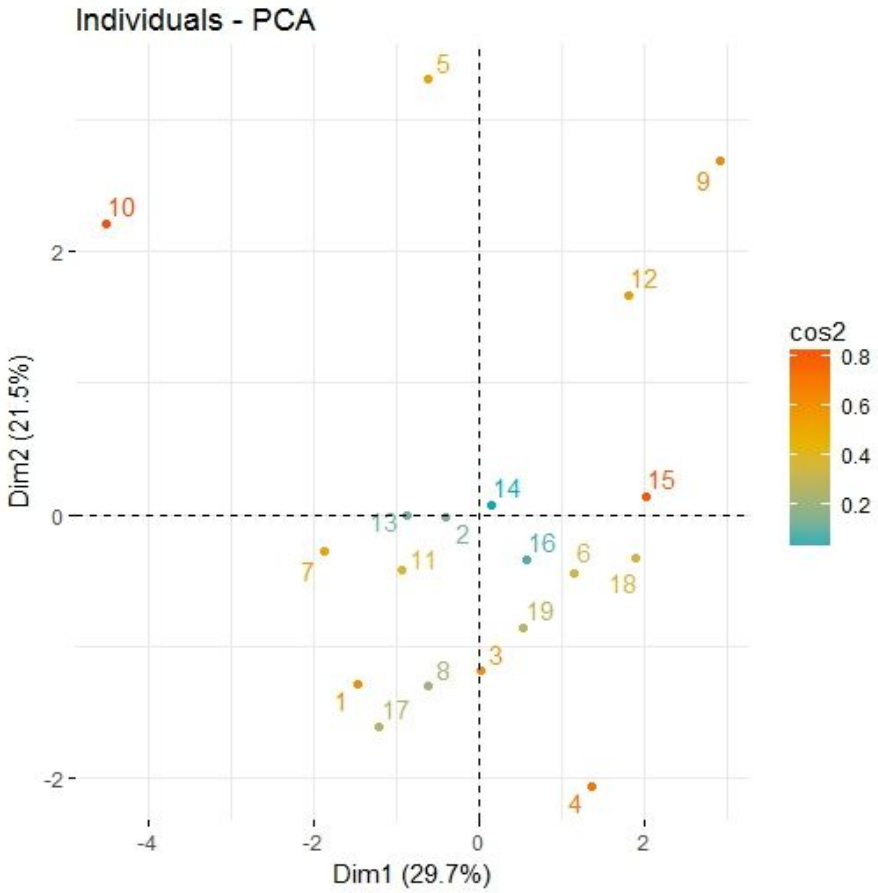


Figure 130. Nuage de points – Comparaison Bus-Hybride.

Commentaires :

Les 19 points représentent la projection des points correspondant à chaque groupe en fonction des différentes variables, en projection sur le plan des deux dimensions les plus représentatives. Ces deux dimensions expliquent environ la moitié (51,2) % de la variance observée.

Les points 1à 10 correspondent aux configurations Bus 3 et 4, les points 10 à 19 correspondent à la configuration Hybride.

Tracé des vecteurs :

```
 fviz_pca_var(res.pca,
col.ind = "cos2", # Colorer par le cos2
gradient.cols = c("#00AFBB", "#E7B800", "#FC4E07"),repel = TRUE)
```

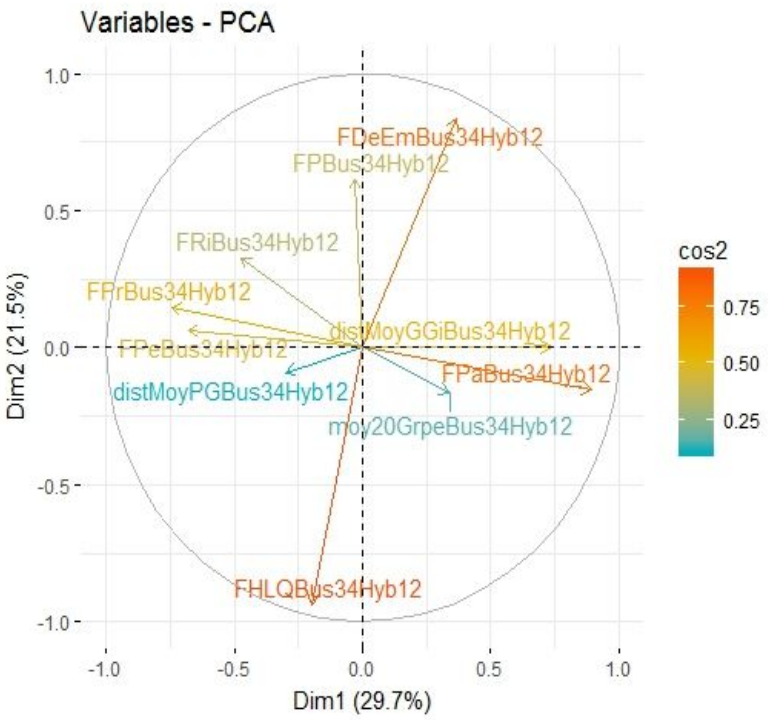


Figure 131. Vecteurs – Comparaison Bus-Hybride.

- Les vecteurs les plus proches de l'axe vertical sont dans un sens la fréquence d'échanges d'argumentation, et dans l'autre sens la fréquence globale des échanges avec l'enseignant. Ce dernier vecteur est confondu avec l'axe, mais son poids est moins marqué. La fréquence des échanges hors tâche est également proche de cet axe.
- Sur l'axe horizontal « enseignant », on retrouve trois vecteurs liés aux interactions verbales avec l'enseignant. La fréquence des interactions centrées sur la réalisation de la tâche, et dans une moindre mesure la fréquence de la régulation des comportements s'oppose à la fréquence des interactions d'étayage du processus argumentatif. Le vecteur représentant l'accessibilité potentielle des groupes d'élèves est confondu avec l'axe horizontal et va dans le même sens que la fréquence des interactions d'étayage du processus argumentatif.
- La distance moyenne de l'enseignant aux groupes n'a pas un rôle marquant dans cette comparaison, elle est oblique et de faible intensité.

4) Modélisation et visualisation spatio-temporelle avec GAM

Il s'agit du traitement du tableau doublement discrétisé des valeurs instantanées.

Ce traitement utilise des fonctions issues des librairies suivantes :

library(factoextra)

library(NbClust)

library(RColorBrewer)

library(scales)

library(itsadug)

library(mgcv)

library(deldir)

Je détaille ci-dessous un exemple à partir du traitement de la variable « Fréquence des échanges hors-tâche ».

1 Étapes de modélisation et visualisation

1-chargement des données sous la forme d'une data.frame

```
tab=data.frame(dist,temps,FdeEm,FP)
```

La fonction data.frame récupère ici les données de distance (proximité), temps, fréquence des échanges hors tâche (FdeEm) et fréquence des échanges avec l'enseignant (FP)

2- modélisation

La première étape du traitement consiste à appliquer un modèle de régression additive généralisé GAM. Le choix opéré est ici de modéliser la variable, introduite en tant que variable discrétisée, en fonction des paramètres distance,temps, et fréquence des échanges avec l'enseignant.

La formule qui décrit la modélisation est de la forme « réponse~prédicteur ». Les prédicteurs utilisés ici sont des fonctions de lissage (s) de chacune des variables. Il s'agit des fonctions de lissage classiques.

```
mod=gam(FDeEm ~ s(dist)+s(temps)+s(FP), data=tab, discrete=TRUE)
```

La fonction fitted extrait les valeurs ajustées renvoyées par la modélisation.

```
valfit=fitted(mod)
```

3 – visualisation des valeurs ajustées

La fonction cm.colors détermine le nombre de couleurs utilisées dans la représentation.

```
color=cm.colors(20)[1 + round(19*(valfit - min(valfit))/diff(range(valfit)))]
```

La fonction fvisgam produit la visualisation du modèle en deux dimensions, ici en fonction de la distance (la proximité) et du temps. Le paramétrage est choisi ici de manière à ce que le graphique produit s'appuie sur un découpage (n.grid) en 200 valeurs afin que l'image obtenue soit peu pixellisée.

```
fvisgam(mod, view=c("dist", "temps"), n.grid=200)
```

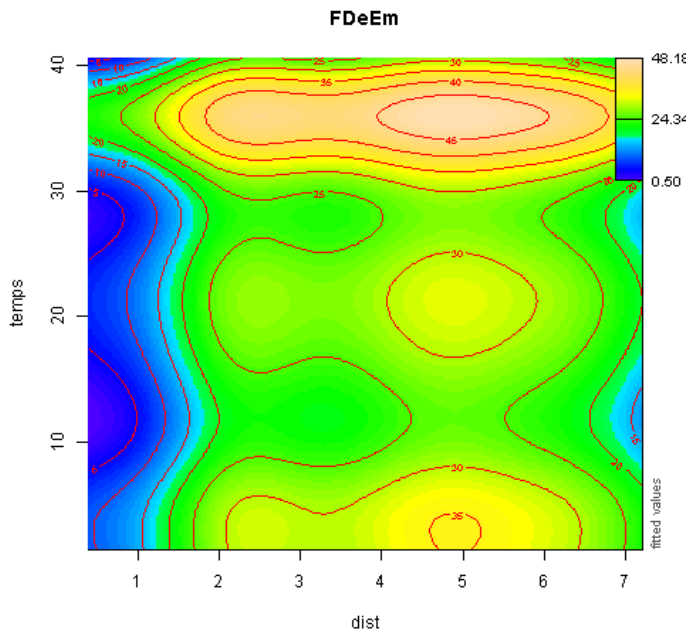


Figure 132. Modélisation de la fréquence des interactions hors tâche, en tenant compte de la distance, du temps et de la fréquence des interactions de l'enseignant - Ensemble des données Configuration Bus.

Il apparaît que la fréquences de interactions hors tâche varie de 0,50 à 48,18. Cette fréquence est très faible quand la proximité de l'enseignant est inférieure à 2m. Elle augmente progressivement et elle est maximale pour une distance de 5m. Elle augmente aussi globalement dans le temps et elle est très élevée au dela de 30 minutes.

4- Résumé des résultats

On utilise la fonction summary.gam.

```
summary.gam(mod)
```

Les premières informations sont le rappel des paramètres de modélisation.

```
Family: gaussian
Link function: identity

Formula:
FDeEm ~ s(dist) + s(temps) + s(FP)
```

On obtient ensuite un tableau d'estimations des coefficients paramétriques, qui indique une valeur à l'origine (intercept) de la fréquence des interactions hors tâche de 24,05.

```
Parametric coefficients:
      Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) 24.0569   0.8765  27.45  <2e-16 ***
---
Signif. codes: 0 '***'0.001 '**'0.01 '*'0.05 '.'0.1 ''1
```

On obtient ensuite un tableau qui indique la significativité de chaque terme de lissage. Il apparaît ici que la distance affecte très significativement (p = 6,29. 10^{-9}) la fréquence des échanges hors tache, avec une non linéarité (edf) d'ordre 6,067. La fréquence des interactions avec l'enseignant les affecte de manière moins significative , la non linéarité est ici d'ordre 1,00.

```
Approximate significance of smooth terms:
      edf Ref.df   F p-value
s(dist) 6.067 7.223 7.670 6.29e-09 ***
s(temps) 7.536 8.466 5.884 1.97e-07 ***
s(FP)  1.000 1.000 7.985 0.00491 **
---
Signif. codes: 0 '***'0.001 '**'0.01 '*'0.05 '.'0.1 ''1
```

Pour finir, la part de la variance expliquée par le modèle est indiquée, ici 27,5 %.

```
R-sq.(adj) = 0.252  Deviance explained = 27.5%
GCV = 385.79 Scale est. = 373.4   n = 486
```

5-Visualisation et comparaison

Les graphiques représentant la même variable dans les deux conditions utilisent la même gamme de couleur, mais n'ont pas les mêmes valeurs minimales et maximales, ce qui rend difficile la comparaison visuelle des comportements.

Une deuxième étape du traitement a pour objectif de faciliter cette comparaison. Cette étape consiste à imposer des valeurs maximales et minimales communes aux deux graphiques. Ici par exemple les valeurs fixées sont 19 et 58.

```
fvisgam(mod, view=c("dist", "temps"), zlim=c(19.,58.),n.grid=200)
```

Le résultat de cette étape transforme l'aspect visuel du rendu.

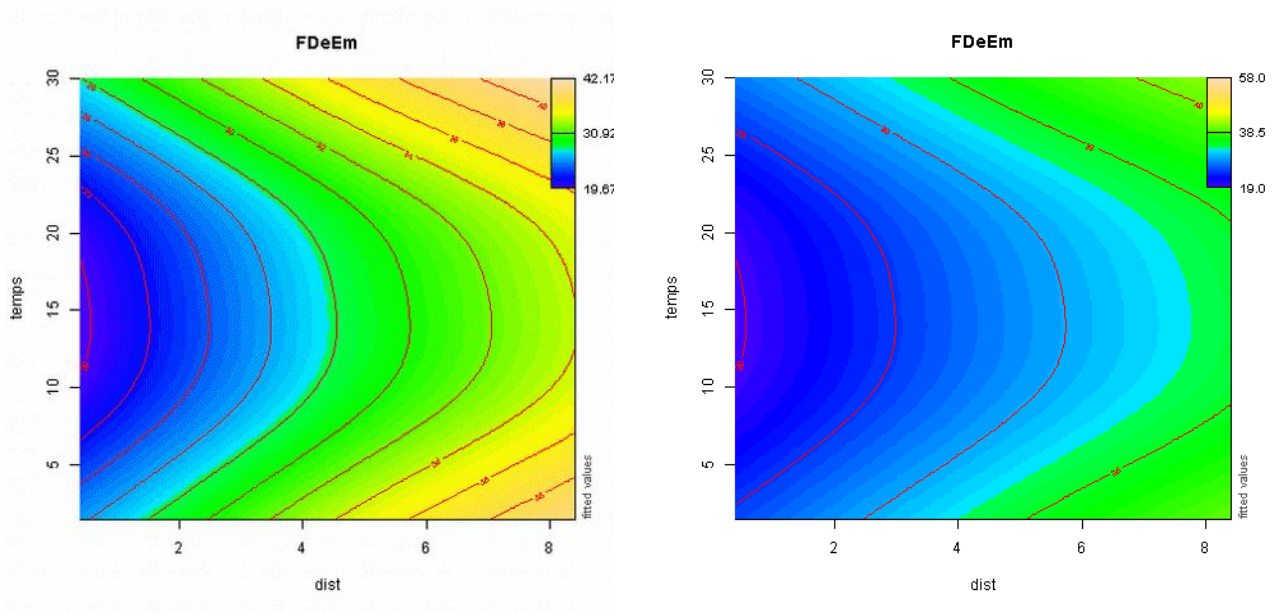


Figure 133. Deux rendus visuels de la modélisation de même variable FDeEm pour l'ensemble des données, avant (à gauche) et après (à droite) la deuxième étape du traitement.

ANNEXE 9 : Figures dupliquées

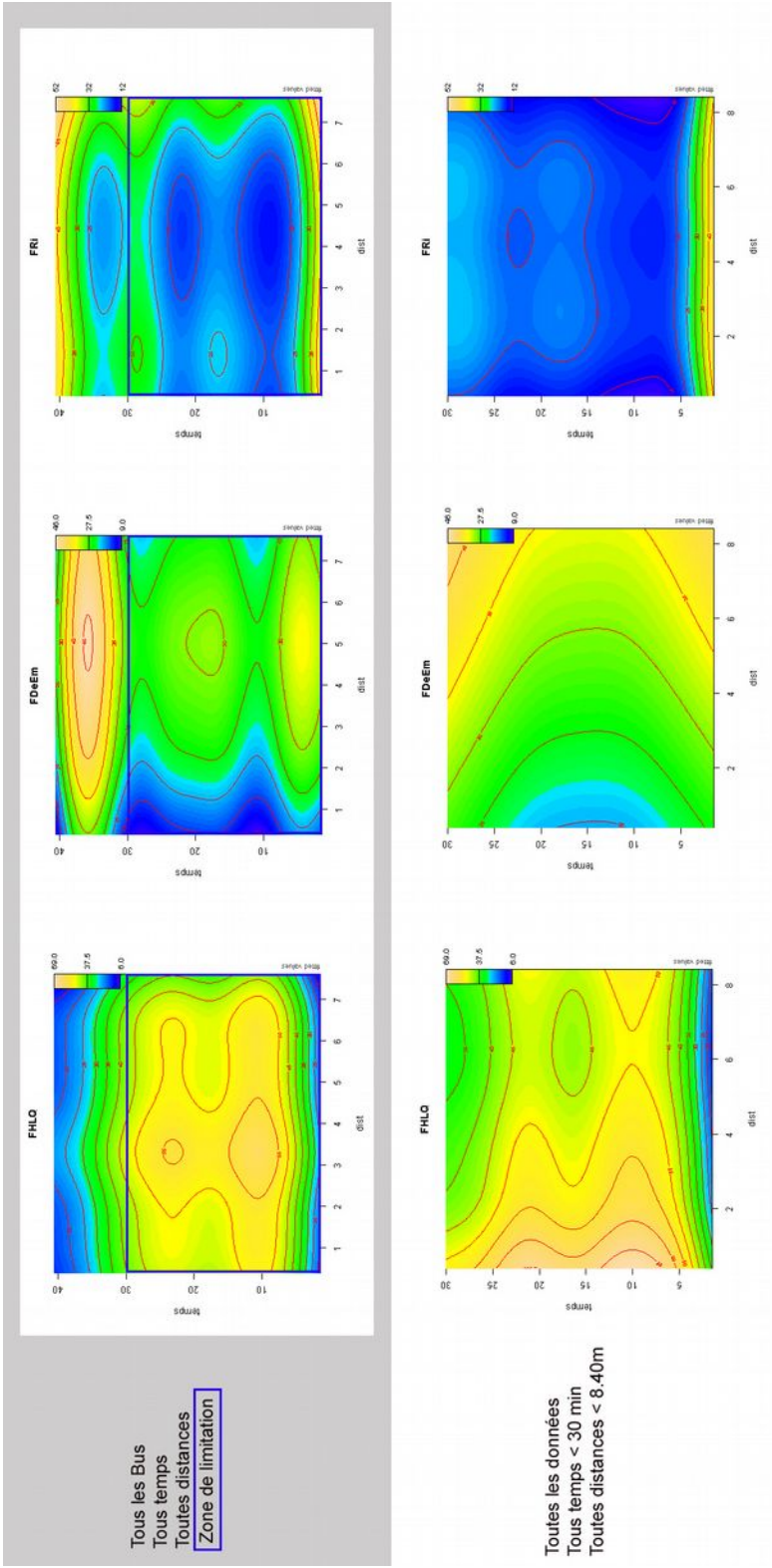


Figure 134. Comparaison modélisation GAM – Duplication Figure 102.

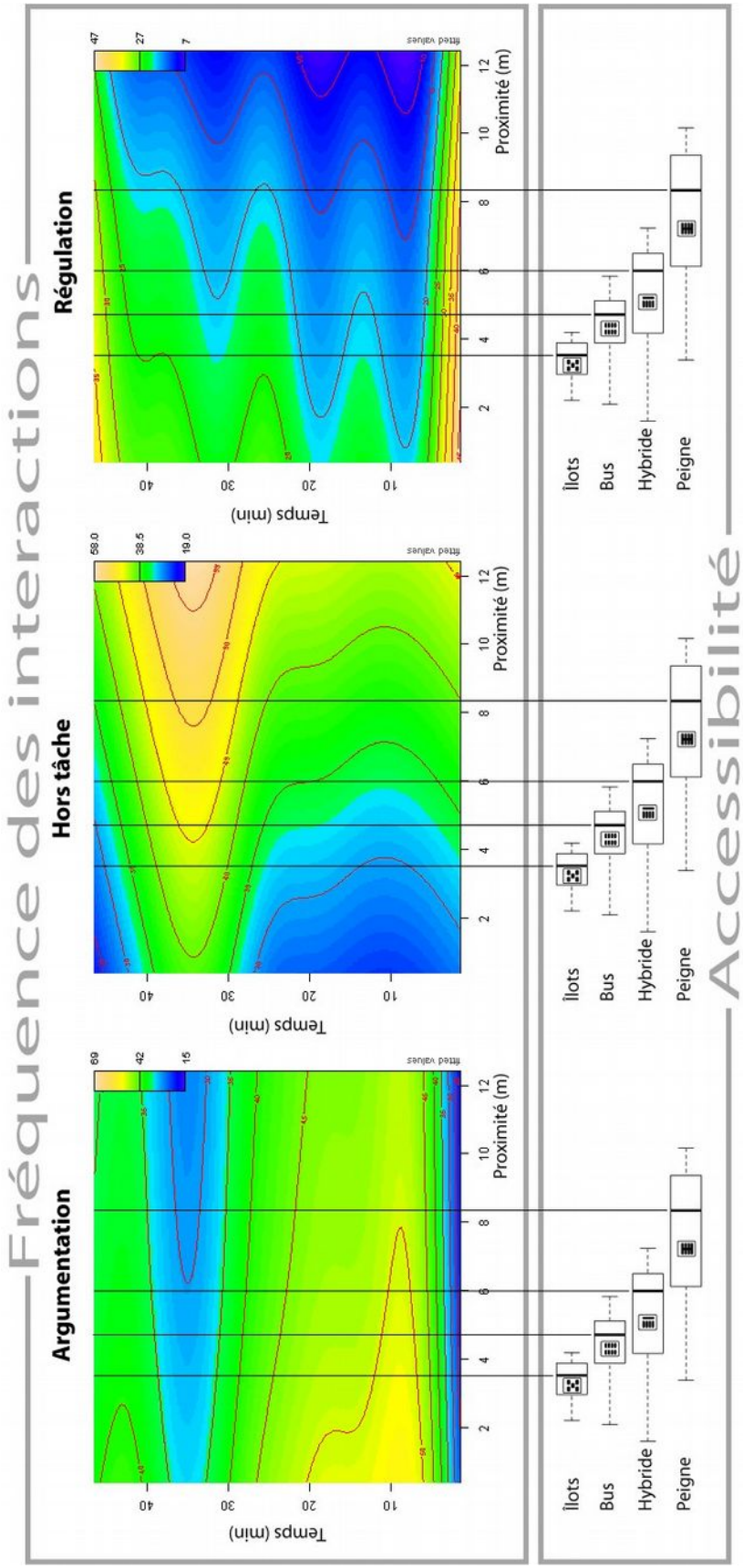


Figure135. Fréquence des interactions et accessibilité – Duplication Figure 103.

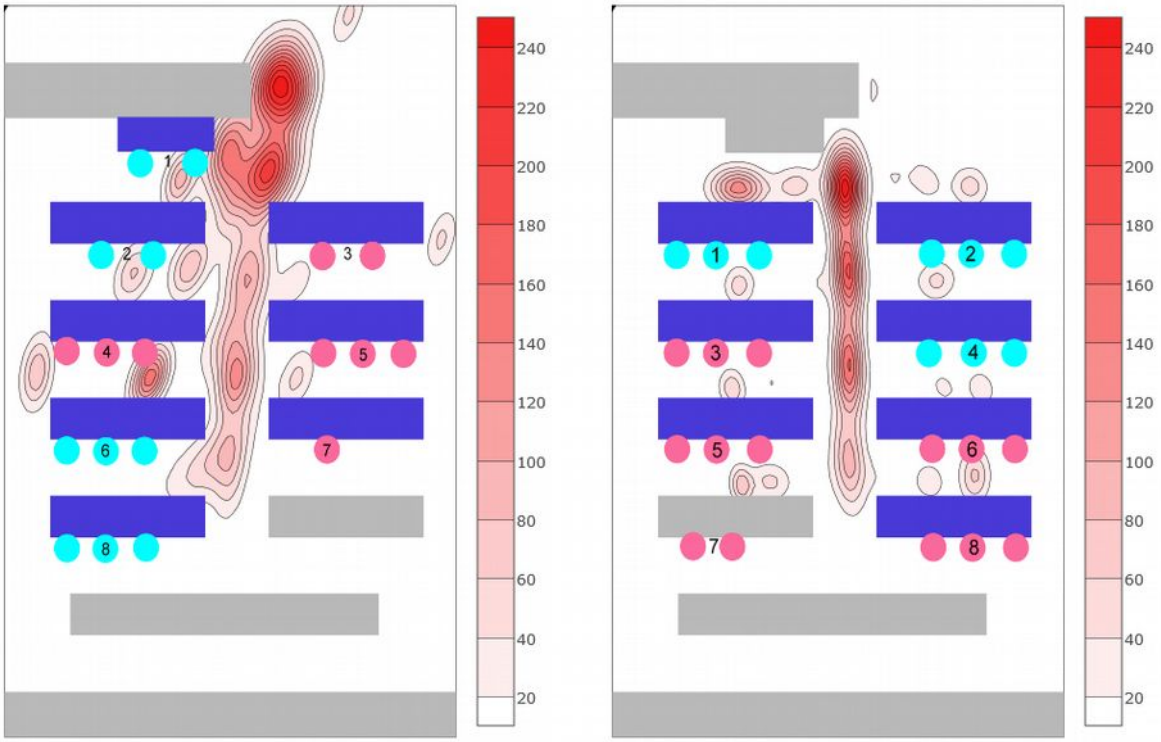


Figure 136. Cartographie des déplacements Bus 1 et 2 – Agrandissement figure 77.

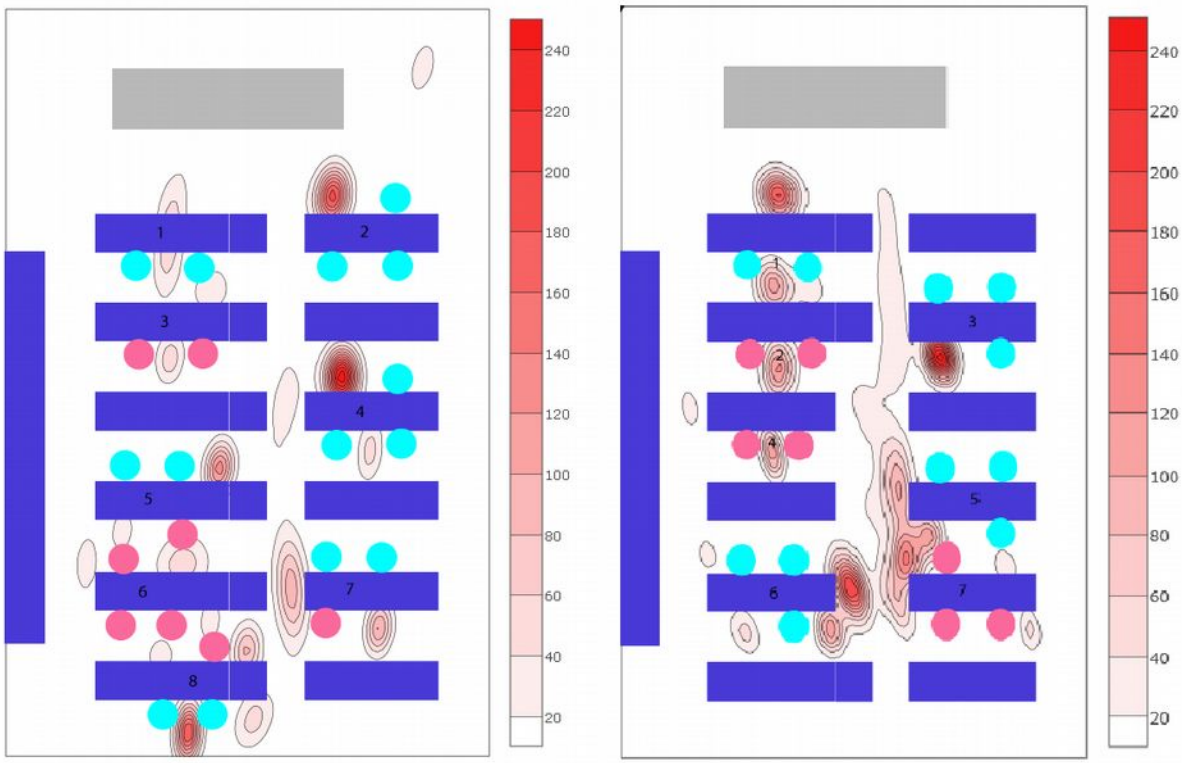


Figure 137. Cartographie des déplacements Bus 3 et 4 – Agrandissement figure 79

ANNEXE 9 : Figures dupliquées

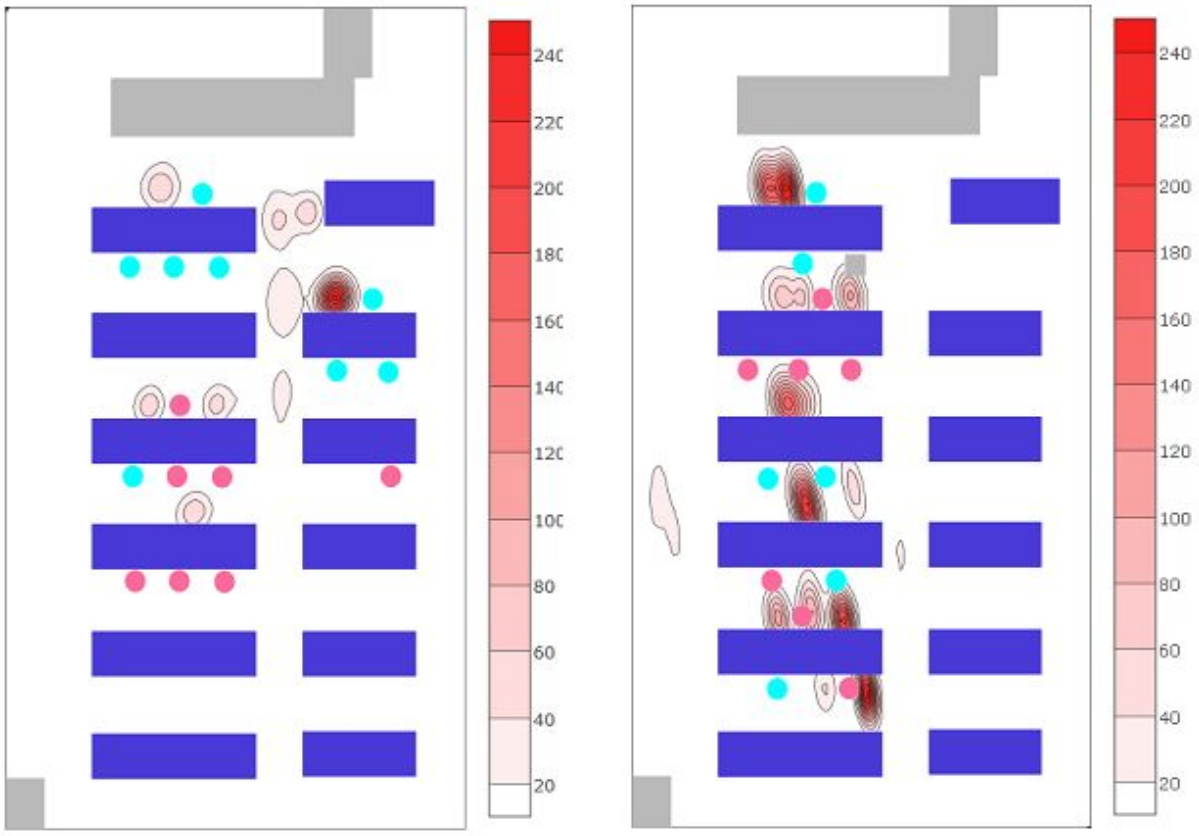


Figure 138. Cartographie des déplacements Bus 5 et 6 – Agrandissement figure 81

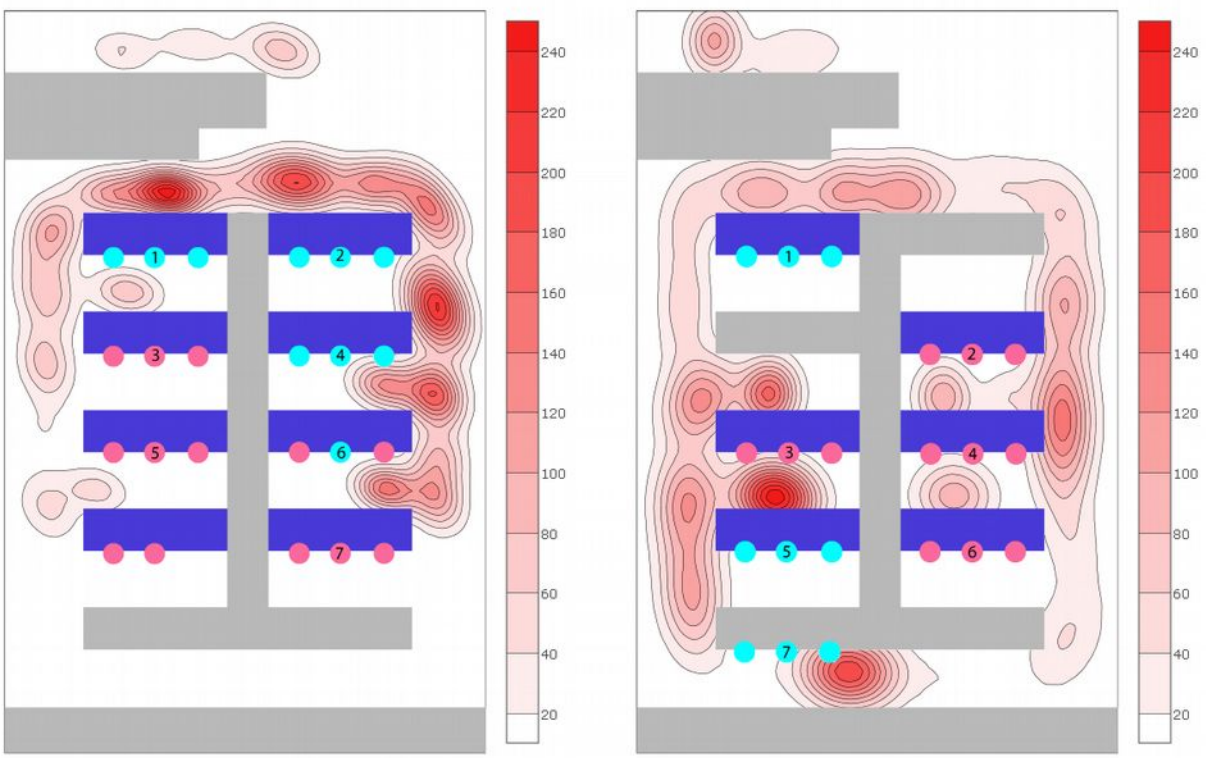


Figure 139. Cartographie des déplacements Peigne 1 et 2 – Agrandissement figure 84

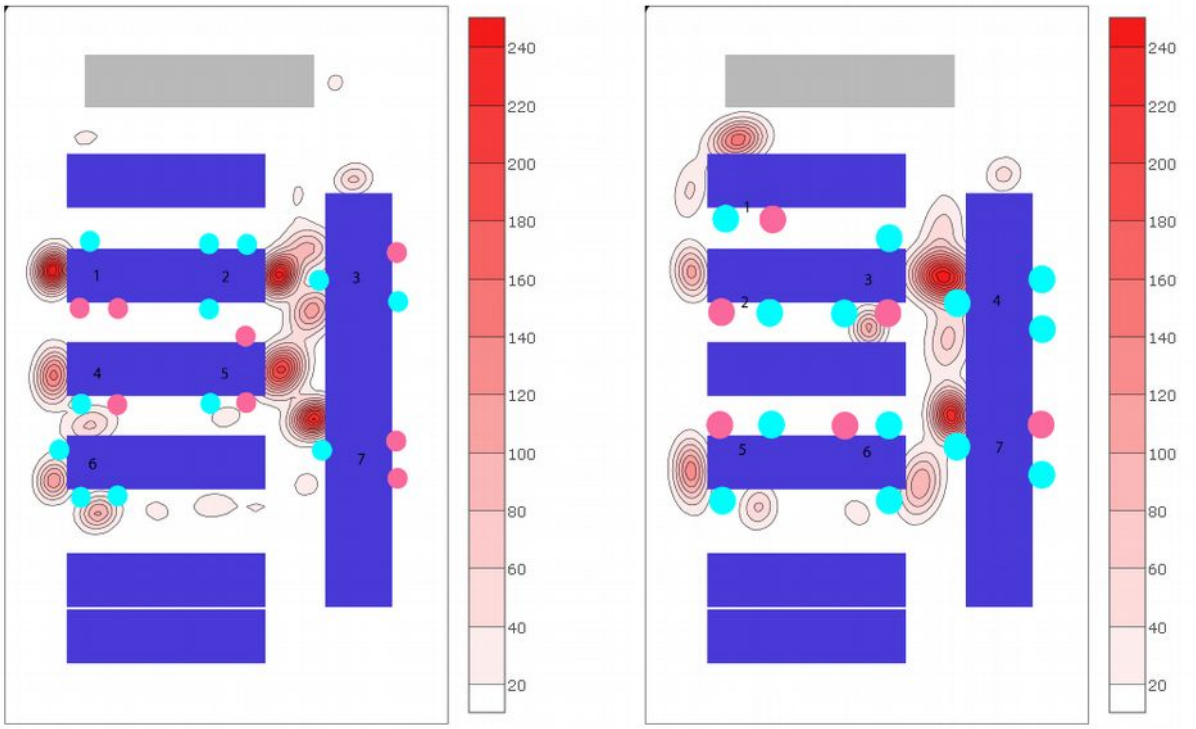


Figure 140. Cartographie des déplacements Hybride 1 et 2 – Agrandissement figure 87

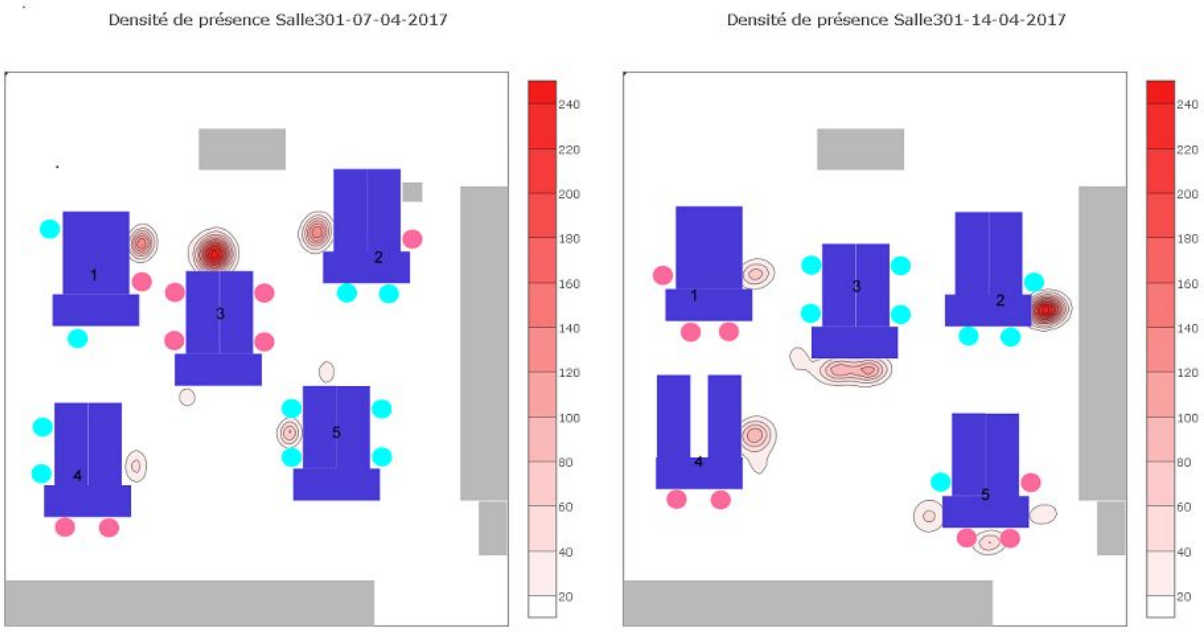


Figure 141. Cartographie des déplacements Îlots 1 et 2 – Agrandissement figure 90