

# **Robots scolaires et configuration spatiale de la classe**

## **Effets sur les interactions sociales dans le cadre de séquences pédagogiques au CE2**

Rawad Chaker<sup>1[0000-0003-4616-3246]</sup> et Théodore Njingang Mbadjoin<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Laboratoire Education, Cultures, Politiques (EA 4571), Université Lumière Lyon 2

<sup>1</sup>rawad.chaker@univ-lyon2.fr

<sup>2</sup>theodore.njingangmbadjoin@univ-lyon2.fr

**Résumé.** Cet article étudie les effets de l'intégration des artefacts tels que les robots et les tablettes en salle de classe sur la reconfiguration de l'espace et les interactions entre les acteurs. Les résultats montrent que les activités proposées par l'enseignant dans le cadre des scénarios pédagogiques jouent un rôle important dans la répartition spatiale des élèves (en îlots hermétiques ou poreux, alignés ou dispersés) et des enseignants (face au groupe-classe, face à un groupe d'élève, excentré ou au milieu de la salle). Nous déduisons que les facteurs qui conduisent à reconfigurer l'espace-classe ne sont pas les artefacts numériques mais la prescription scénaristique ainsi que les consignes données par l'enseignant. Ces dispositions entraînent des effets sur les interactions entre acteurs : entre élèves, entre l'élève et les groupes d'élèves, entre l'élève et l'enseignant, entre l'enseignant et le groupe-classe, et enfin entre l'enseignant et les groupes d'élèves. Ces résultats conduisent à leur tour à un niveau d'engagement dans la tâche différencié de la part des apprenants. Nous concluons par des recommandations à l'intention du public enseignant dans le cadre sa préparation de séquences pédagogiques intégrant des outils numériques.

**Keywords:** Robots scolaires, nouveaux espaces d'apprentissage, configuration spatiale, interactions.

### **1 Introduction : les robots dans les espaces scolaires, des questions contemporaines et légitimes**

Nous observons aujourd'hui une forte tendance à repenser les nouvelles configurations des espaces scolaires (intérieurs ou extérieurs), pour tenter de répondre à des besoins éducatifs soulevant la question de leur appropriation pédagogique pour l'enseignement-apprentissage en petit et grand effectif [1]. C'est à juste titre que [2] pose cette question qui reste d'actualité : « quelles formes de classes pour quelles pédagogies ? ». Des auteurs avancent que la performance des élèves aurait un rapport avec le type de configuration de l'espace, les cours dispensés et activités réalisées en classe [3, 4]. Les recherches qui ont été menées sur le fonctionnement des classes en

considérant l'environnement d'apprentissage évoquent le fait que les organisations spatiales influenceraient le modèle pédagogique déployé par l'enseignant ou encore le comportement d'apprenants en cours d'activité de classe [3 ; 4 ; 5]. La configuration de l'espace en situation sert à accompagner les enfants dans les recherches de solution et contribuer à faire exprimer leurs capacités créatives [6]. Par exemple, des recherches proposent de repenser l'architecture de l'école pour que les bâtiments soient à la fois des médias spatiaux, des artefacts et des nœuds de relations en facilitant une exploitation du travail en îlot via la mobilité des équipements, [1 ; 7]. En outre, ces dernières années, ont été publiées différentes études portant sur les artefacts technologiques virtuels ou tangibles à l'instar des robots éducatifs dans la salle de classe, dans le cadre d'activités d'apprentissage des mathématiques et des langues [8]. Parallèlement, des questions de recherche portant sur l'apprentissage du code à l'école et la robotique éducative prennent de l'ampleur, notamment en France depuis que les robots ont fait leur entrée dans les programmes scolaires en 2015, dans la perspective du développement de la pensée computationnelle comme compétence-clé du XXI<sup>ème</sup> siècle [9 ; 10]. Dans cette optique, certains auteurs analysent les interactions d'apprentissage entre acteurs (élèves, enseignants) et robots [11], et peu se préoccupent du rapport à l'environnement et notamment l'impact des modifications apportées dans l'espace sur la stratégie pédagogique et l'apprentissage [12], tel [13] qui étudie l'effort des espaces sur le développement de la pensée computationnelle dans le cadre d'activités robotiques scolaires. De ce point de vue, notre étude est complémentaire de ces travaux avec l'intérêt d'interroger en contexte pédagogique l'effet de l'intégration des robots scolaires sur la configuration spatiale à l'école primaire. Il s'agit d'étudier non pas les espaces d'apprentissage conçus ou aménagés en amont, mais plutôt la manière dont l'espace-classe se reconfigure sous l'effet conjugué de l'intégration d'objets numériques inédits pour les acteurs et de scénarios pédagogiques prévus en conséquence. D'où cette double question de recherche : est-ce que l'introduction d'objets tangibles (robots, tablettes) dans le cadre de scénarios pédagogiques oblige à la reconfiguration de l'espace classe ? Comment cette disposition impacte les interactions entre les élèves d'une part, et entre l'enseignant et les élèves d'autre part ? Pour y répondre, nous présentons d'abord le contexte de l'étude, le cadre théorique, notre démarche méthodologique puis nos résultats à partir de l'analyse des vidéos réalisées lors des séances d'activités en groupe des élèves de CE2.

## 2 Contexte

Notre étude se déroule dans le contexte du projet PREP (Programmation du Robot à l'École Primaire), financé par la région Rhône-Alpes (2018-2021). Le but de cette expérimentation, à laquelle participent plus de 1200 élèves et 75 enseignants, est de mettre en œuvre des séquences pédagogiques intégrant la robotique scolaire, dont l'objectif est l'enseignement-apprentissage du code informatique via des robots et des tablettes. Plusieurs ateliers ont été mis en place pour la formation des enseignants en amont de l'expérimentation. Le projet est mené en étroite collaboration avec la cir-

conscription académique de Villeurbanne 1, où se situent cinq des six établissements participants au projet (une autre école est lyonnaise). Durant ces séances de formation, les enseignants ont également été en charge de produire les séquences pédagogiques qu'ils devaient par la suite eux-mêmes mettre en œuvre dans leurs classes. Les trois séquences annuelles comprennent chacune quatre séances s'étalant sur une semaine, pour chaque niveau du CP au CM2. Le présent article se penche plus précisément sur le cas d'une classe de CE2 d'une école villeurbannaise. Il s'agit d'une partie du bilan de la première année d'expérimentation (2018-2019). Comme le montre le tableau 1, l'organisation pédagogique se présente de la manière suivante : une première semaine porte sur l'introduction au langage Scratch Jr sur tablette Android au mois d'octobre, suivi d'une deuxième semaine portant sur des exercices de programmation à réaliser avec le robot Dash à l'aide d'une tablette, puis une dernière et troisième semaine au mois de mars suivant avec le robot Thymio programmé à l'aide d'un PC.

**Tableau 1.** Planning annuel de la classe de CE2

| Numéro de la séquence | Nombre de séances | Période de l'année scolaire | Matériel                                 |
|-----------------------|-------------------|-----------------------------|--|
| 1                     | 4                 | 1                           | Tablette (logiciel Scratch Jr)           |
| 2                     | 4                 | 2                           | Tablette (logiciel Blockly) + robot Dash |
| 3                     | 4                 | 4                           | PC (logiciel VPL) + robot Thymio         |

### 3 Cadre théorique

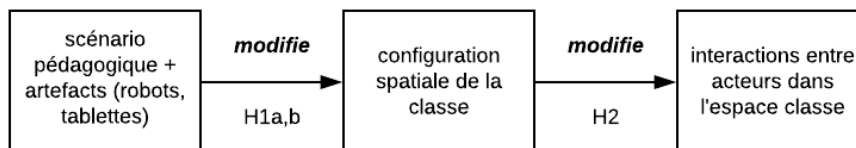
Afin d'adresser nos questions de recherche, nous nous basons sur les dimensions liées à la structure spatiale de la salle de classe et non pas l'échelle, autrement dit les éléments liés à la taille de la salle [4]. Il est établi que « l'espace exerce une influence liée à la situation sur les activités et expériences humaines au fur et à mesure de leur adoption et ressenties dans les environnements » [5]. Les auteurs montrent que si l'on essaie de réaliser la même tâche dans les limites de différents espaces, elles produiraient des effets différents. Pour étudier cet effet, ils proposent qu'une structure est liée aux arrangements physiques de base, aux configurations de l'espace et la connectivité des objets et acteurs entre eux. Alors que la notion d'échelle relève du rapport entre l'étendue de l'espace physique et sa taille. En isolant les effets de l'espace sur le comportement des apprenants et de l'enseignant, les recherches quasi expérimentales mettent en évidence le rôle de l'espace d'apprentissage où se déroulent les cours et activités. Elles montrent que la salle exerce un effet significativement positif sur l'apprentissage en différenciant entre : 1. la configuration traditionnelle de l'espace que [4] nomme Active Traditional Classroom (ATC) disposant d'un tableau blanc, d'un écran de projection et d'une estrade pour l'enseignant à l'avant de la salle, face à des rangées de sièges et de tables tournés vers l'avant ; et 2. l'environnement ALC (Active Learning Classroom) pour qualifier les espaces modulables, organisation disposant les élèves physiquement autour du déroulement de l'activité et regroupés en

table ronde ou en îlots [4]. Pour analyser les interactions selon chaque configuration, l'auteur distingue les variables liées aux activités en salle (leçon magistrale, activités de groupe, discussions, questions-réponses, présentation) des variables « mode de transmission des contenus » (vidéoprojecteur, tableau, papier), comportement de l'enseignant (ex : consultation des étudiants, placement dans la salle), le niveau d'engagement des apprenants dans la tâche ainsi que les conditions environnementales (température, niveaux sonores, éclairage). Des études s'appuient sur les variables comportements et le niveau d'interaction collaborative pour caractériser une organisation spatiale dynamique plus ou moins favorable à la communication, au contact et l'interaction sociale entre individus [14]. La flexibilité de l'espace comme réponse aux besoins de la vie scolaire et de la pédagogie demandent dans certains cas différentes organisations de la salle de classe. Par exemple, le type alternatif facilite la pédagogie active et notamment la collaboration interactive entre élèves et entre élèves et enseignants, ainsi que la facilité de mobilité dans l'espace [15 ; 7]. Elle permet d'organiser l'interaction et la créativité avec des espaces polyvalents (dimensions variables, grandes/petites tailles, équipement mobile, etc.) impliquant la modularité des équipements. Un espace d'enseignement par équipe interdisciplinaire et un apprentissage coopératif en petits et grands groupes avec des dispositions en îlots intégrant divers mobiliers mobiles avec des agencements et regroupements de tables rondes, carrées, ou ovales pour quatre à six élèves [16 ; 17 ; 18].

#### 4 Problématisation

Partant de ce cadre théorique, nous formulons la problématique suivante : dans quelle mesure un scénario pédagogique introduisant des artefacts tangibles (tablette, ordinateurs et robots scolaires dans notre cas) conduit à reconfigurer l'espace classe ? Ce faisant, jusqu'où la recomposition de l'espace classe avec des artefacts tangibles modifie-t-elle la nature et la quantité des interactions entre les acteurs (élèves – élèves et élèves – enseignants) ? Nous émettons deux hypothèses générales (figure 1):

- H1 : Le scénario pédagogique mène à la reconfiguration spatiale de la classe (H1a). Dans cette perspective, l'intégration d'artefacts tangibles (tablettes, ordinateurs et robots scolaires) dans le scénario déclenche ou mène à la reconfiguration spatiale de la classe (H1b).
- H2 : Cette reconfiguration spatiale impacte à son tour les interactions sociales au sein de l'espace classe.



**Fig. 1.** Schéma de notre problématisation

## 5 Méthodologie

### 5.1 Terrain

Le public est constitué d'élèves (N=28, âge moyen 8 ans) en CE2 ainsi que de leur enseignante. Comme nous l'avons vu précédemment, l'étude porte sur trois séquences (tableau 1) de la première année scolaire de l'expérimentation PREP, ayant eu lieu entre octobre 2018 et mars 2019.

### 5.2 Procédure

Une caméra GoPro<sup>®</sup> installée sur trépied a été utilisée pour capter systématiquement l'ensemble des trois semaines (quatre jours par séquence, une séance par jour), à raison d'une durée de 50 minutes par séance. Ce qui nous donne en tout douze séances, ou 600 minutes d'observations vidéo au total. L'angle de vue a été ajusté afin d'intégrer dans le champ de la caméra l'ensemble de salle de classe. La séquence 1 (Scratch Jr sur tablette) a eu lieu en salle de classe, la séquence 2 (robot Dash et tablette) en salle informatique, ainsi que la séquence 3 (robot Thymio et PC).



**Fig. 2.** Captation vidéo de gauche à droite : séquence 1, séquence 2 et séquence 3

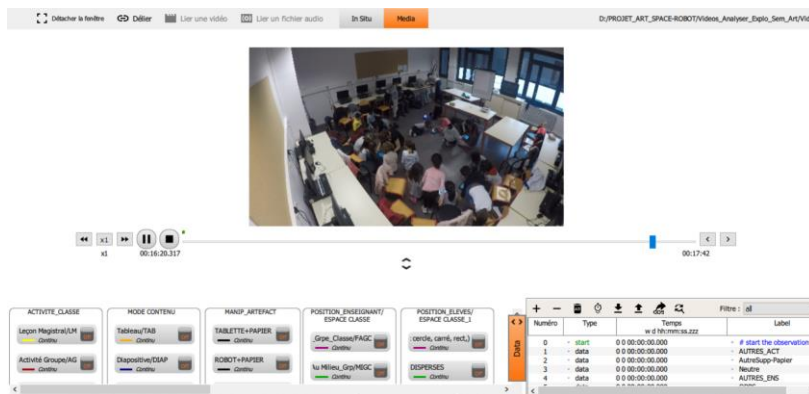
### 5.3 Mesures

Pour vérifier nos hypothèses, nous prenons en considération des indicateurs inspirés et adaptés de la méthode de [4], qui caractérise et quantifie l'investissement spatial en classe selon différentes dimensions, décrites dans le cadre théorique (tableau 2) : 1. le type d'activité prévu par le scénario: questions/réponses, leçon magistrale, activité de groupe ; 2. la modalité de transmission des contenus : vidéoprojecteur, tableau ; 3. Positionnement des élèves dans la classe : îlots hermétiques, îlots poreux, dispersés, alignés, mixte ; 4. Positionnement de l'enseignant dans la classe : face ou au milieu du groupe-classe, excentré ; 5. l'engagement de l'élève sur la tâche (bas, haut, mixte) ; et 6. les interactions entre acteurs (élèves-élèves, élèves-groupe d'élève, élève-enseignant, enseignant-élève, enseignant-groupe d'élèves et enseignant-groupe-classe). Puisque nous cherchons à étudier le rôle des artefacts pédagogiques, nous avons inclus dans notre observation les objets prévus par le scénario pédagogique et come supports pour les élèves : les robots, la tablette, les PC, support écrit (papier).

**Tableau 2.** Dimensions et observables relevés

| Dimensions                     | Sous dimensions            | Description des indicateurs   |
|--------------------------------|----------------------------|---|
| Activité en classe             | Leçon magistrale           | Consignes, contenus, ressources, etc  |
|                                | Activité de groupe         | Formation groupes d'interactions, reconstitution des petits groupes d'échanges d'au moins deux membres en cours d'activité. |
|                                | Question/réponses          | Questions et réponses de l'enseignant ou des élèves   |
| Mode de contenu                | Vidéoprojecteur            | Exposé de contenus via un vidéoprojecteur   |
|                                | Tableau                    | Exposé ou illustration via un tableau   |
| Elèves (Position spatiale)     | Ilots hermétiques          | Elèves regroupés en groupes fixes, peu de mobilité  |
|                                | Ilots poreux               | Elèves regroupés en groupes avec mobilité   |
|                                | Alignés                    | Alignement en « U » ou rangées  |
| Enseignant (Position spatiale) | Dispensés                  | Pas de positionnement particulier, groupements non respectés  |
|                                | Face au groupe-classe      | Position magistrale   |
|                                | Au milieu du groupe-classe | Déplacement au milieu de la salle, vers les groupes   |
| Engagement tâche (élèves)      | Excentré                   | Déplacement vers les extrémités de la salle   |
|                                | Haut                       | haute concertation/concentration sur tâche (de tout le groupe)  |
|                                | Mixte                      | concentration sur tâche d'environ la moitié des membres   |
| Interactions                   | Bas                        | concentration sur la tâche (moins de la moitié des membres)   |
|                                | Enseignant/élève           | réaction enseignant vers un élève (initie, questionne, répond)  |
|                                | Enseignant/groupe classe   | réaction enseignant vers le groupe classe (initie, questionne, répond, propose)   |
|                                | Enseignant/groupe d'élèves | réaction enseignant vers le groupe d'élèves (initie, questionne, répond, propose)   |
|                                | Elève/enseignant           | réaction élève vers l'enseignant (initie, questions, réponses)  |
|                                | Elève/élève                | réaction élève vers un élève (initie, questionne, répond, propose)  |
|                                | Elève/groupe               | réaction élève vers le groupe (initie, questionne, répond, propose)   |

Nous avons utilisé le logiciel Actograph<sup>®</sup> (figure 3) afin de procéder à l'indexation vidéo. Il permet de créer des catégories (nos dimension) et à l'intérieur de celles-ci des observables (nos indicateurs).



**Fig. 3.** Ecran d'indexation vidéo d'Actograph<sup>®</sup>, avec l'enregistrement vidéo, les catégories et leurs observables, et l'horodatage de l'indexation des observables.

Comme plusieurs protocoles d'observation vidéo de salles de classe, nous avons structuré nos unités d'indexation en segments de cinq minutes [4 ; 19]. Ainsi, nous

obtenons des données simultanées pour l'ensemble des nos catégories et observables, reportées en nombre de millisecondes au sein de chaque intervalle. Nous obtenons un total de 125 intervalles, pour une durée totale de 600 minutes (intervalle moyen=5,05 minutes, écart-type=0,2). Cette méthode de recueil de données permet de mesurer simultanément l'ensemble des indicateurs pour chaque dimension. Le test statistique d'accord inter-juges (kappa de Cohen) entre deux observateurs produit une moyenne générale d'indice d'accord de 0,8 sur toutes les dimensions. Nous estimons alors que notre protocole de recueil de données est suffisamment fiable pour poursuivre nos analyses.

## 6 Résultats

### 6.1 Scénario pédagogique, robots, tablettes et configurations spatiales

La méthode de clustering permet d'analyser les données en les regroupant selon des ensembles de variables ayant des variances homogènes [20]. Cette technique de traitement des données permet de vérifier si les différences entre les groupes sont significatives. A l'aide du logiciel IBM SPSS 23<sup>®</sup>, nous avons d'abord utilisé la méthode « Two-step cluster » en intégrant dans la liste des variables l'ensemble des données relevant de la disposition spatiale des élèves et de l'enseignant, ainsi que le mode de transmission des contenus et l'activité pédagogique. Le résultat nous donne deux clusters avec un indice de cohésion de 0,7, ce qui indique une qualité satisfaisant d'une solution à deux clusters. Nous avons par la suite procédé à la méthode « *k*-means clusters » en imposant une solution finale à deux clusters, dans le but de vérifier la qualité des regroupements par l'inspection en détails de la significativité de l'appartenance de chaque variable à son groupe. Nous avons d'abord introduit l'ensemble des variables, puis retiré progressivement ceux dont le test F d'appartenance au cluster confirmait l'hypothèse nulle d'indépendance ( $p > 0,05$ ), autrement dit, dont l'appartenance au groupe 1 ou 2 n'était pas significative. Le résultat final produit bien deux groupes distincts par leur composition (figure 4): le premier, composé des variables « enseignant face au groupe-classe », « leçon magistrale », « questions/réponses » et « tableau blanc », que nous associons à la classe traditionnelle active (ATC) [3 ; 4], dans la mesure où ces éléments correspondent à une configuration de classe où, même si les activités intègrent des outils numérique, en l'occurrence le logiciel de programmation Scratch Jr sur tablettes, le mode transmission des contenus et le positionnement de l'enseignant correspondent à une modalité pédagogique classique. Le deuxième groupe, que nous associons à la Active Learning Classroom (ALC) de [3 ; 4], est composé des variables « groupes d'élèves en îlots poreux » et « activité de groupe », puisqu'il s'agit des configurations où les apprenants sont constitués en groupe non hermétiques, c'est-à-dire qu'il leur est possible de circuler entre les groupes, dans le cadre d'une consigne où les tâches sont à effectuer de manière collaborative. Le tableau 3 montre la significativité de l'appartenance de chaque variable à son cluster.

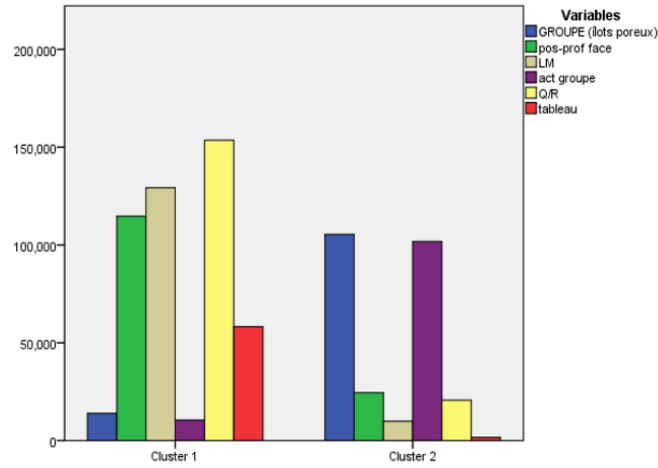


Fig. 4. Clustering des observables (cluster 1=ATC; cluster 2=ALC)

Table 3. Significativité selon le test  $F$  d'appartenance de chaque observable à son cluster et corrélations entre observables

| Clusters   | Observables  | F    | p    | 1     | 2      | 3     | 4    | 5     |
|------------|--|------|------|-------|--------|-------|------|-------|
| 1<br>(ATC) | 1.Positionnement de l'enseignant face au groupe-classe | 8,12 | ,007 |       |        |       |      |       |
|            | 2.Leçon magistrale                                     | 23,7 | ,000 | ,34*  |        |       |      |       |
|            | 3.Questions/réponses                                   | 23,3 | ,000 | ,27   | ,37*   |       |      |       |
|            | 4.Tableau blanc  | 7,83 | ,008 | ,37** | ,39*   | ,43** |      |       |
| 2<br>(ALC) | 5.Groupes (îlots poreux)                               | 15,1 | ,000 | -,09  | -,48** | -,33* | -,27 |       |
|            | 6.Activités de groupe                                  | 8,5  | ,006 | ,17   | -,20   | -,05  | -,07 | ,44** |

ddl=33 ; \* $p < 0,05$  ; \*\* $p < 0,01$

Ces résultats confirment bien l'existence de deux configurations spatiales et scénaristiques différentes par la disposition des acteurs dans la salle, qui est interdépendante avec la nature de l'activité et la modalité de diffusion des contenus. En effet, les variables « îlots poreux » et « activités de groupe », appartenant au groupe 2, sont corrélées ( $r_s=0,44$  ;  $p < 0,01$ ). Nous observons d'autres corrélations entre les observables du groupe 1 : « leçon magistrale » avec le « positionnement de l'enseignant face au groupe-classe » ( $r_s=0,34$  ;  $p < 0,05$ ), « questions-réponses » avec le « tableau blanc » ( $r_s=0,43$  ;  $p < 0,01$ ), qui est corrélé avec le positionnement de l'enseignant ( $r_s=0,37$  ;  $p < 0,01$ ), et « leçon magistrale » ( $r_s=0,39$  ;  $p < 0,05$ ). Sont également mis en évidence des corrélations négatives entre certaines d'entre elles et certaines du groupe 2 (« îlots poreux » avec « leçon magistrale » :  $r_s=-0,48$  ;  $p < 0,01$  ; et avec « questions/réponses » :  $r_s=-0,33$  ;  $p < 0,05$ ), ce qui marque une différenciation statistique supplémentaire entre les deux groupes et leurs variables respectives. Nous pouvons valider notre H1a en y répondant plus précisément : il existe un effet du scénario pédagogique, en termes de prescription, sur la configuration spatiale de la classe. Pour-

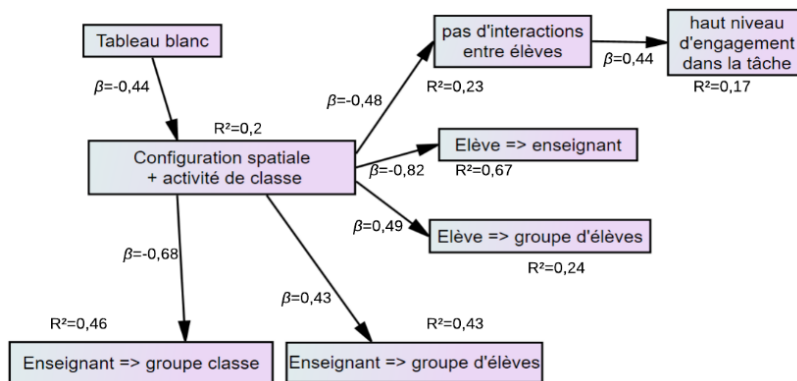


tant, le rôle des artefacts tangibles tels que les robots et les tablettes sur ces configurations de l'espace reste encore à préciser. Nous cherchons d'abord à vérifier si la configuration spatiale ATC ou ALC correspond aux séquences (1, 2 ou 3) : le test du  $\chi^2$  nous mène à retenir l'hypothèse d'indépendance entre numéro de séquence et configuration spatiale ( $p > 0,05$ ). Autrement dit, la configuration spatiale n'est pas constante sur l'ensemble d'une seule séquence, quand bien-même ces dernières sont différenciées en fonction du matériel et du scénario. Cela voudrait dire alors que la configuration se modifie tout au long des séances ou au sein d'une séance. Y aurait-il alors un effet temporel, lors du déroulé d'une séance, sur la configuration spatiale ? En effet, il apparaît lors des visionnages que différentes reconfigurations peuvent se mettre en place dans le cadre d'une seule séance de 50 minutes, quelle que soit la séquence, la disposition des acteurs en début d'une séance se différenciant de la fin. Nous avons ainsi introduit une variable binaire (première ou deuxième moitié de séance) à laquelle chaque intervalle appartient. Le test exact de Fisher nous indique que la configuration ATC correspond aux observations en première moitié de séance et ALC à la deuxième moitié :  $\chi^2=6,88$  ;  $p=0,015$ . Il s'agit donc d'un élément de réponse supplémentaire : la configuration spatiale dépendrait donc de la scénarisation pédagogique, des consignes données et du moment dans la séance, plutôt qu'uniquement du matériel utilisé. Afin de vérifier notre H1b, nous allons analyser si les artefacts tangibles utilisés par les élèves varient en fonction de la configuration spatiale. Les distributions des résidus de ces variables indiquant qu'elles violent les lois de normalité ( $p < 0,001$ ), nos tests statistiques de variance seront donc non-paramétriques. Les résultats des tests  $U$  de Mann-Whitney nous mènent à retenir l'hypothèse d'indépendance entre la configuration spatiale et chaque objet tangible intégré dans le scénario ( $0,096 < p < 1$ ). Il n'y a donc pas de lien entre l'artefact utilisé dans le scénario et la configuration (H1b) mais bien entre cette dernière et le scénario pédagogique en situation ou prescrit.

## 6.2 Configuration spatiale et interactions

Nous vérifions à présent s'il existe un effet de la configuration spatiale sur les interactions entre acteurs tels que nous les avons relevés. Pour ce faire, nous opérons à une modélisation d'équations structurelles intégrant la variable configuration ATC ou ALC comme prédictive des variables d'interactions, en ne retenant que les liens significatifs ( $p < 0,05$ ). Nous avons utilisé le test du ratio  $\chi^2$  sur le degré de liberté du modèle ( $\chi^2/df$ ), le « Comparative Fit Index » (CFI), le « Tucker Lewis Index » (TLI) et le « Root Mean Squared Error of Approximation » (RMSEA) pour évaluer l'ajustement de nos données au modèle obtenu. Il est communément accepté [21] qu'une valeur supérieure ou égale à 0,95 pour le CFI et le TLI. Une valeur inférieure ou égale à 0,06 pour le RMSEA est préférable mais acceptable en deçà de 0,08. Notre modèle s'ajuste bien à nos données :  $\chi^2(13)=1,16$  ;  $p=0,3$  ; TLI=0,96 ; CFI=0,97 ; RMSEA=0,07. La figure 5 illustre le modèle et les relations entre les variables. Avec ATC=1 et ALC=2, les coefficients de régression indiquent que le « tableau blanc » prédit la configuration ATC ( $\beta=-0,44$  ;  $R^2=0,2$ ), qui prédit les interactions de l'enseignante vers le groupe classe ( $\beta=-0,68$  ;  $R^2=0,46$ ), les interactions des élèves vers l'enseignante ( $\beta=-0,82$  ;  $R^2=0,67$ ) et absence d'interactions entre élèves ( $\beta=-$

0,48 ;  $R^2=0,23$ ). La configuration ALC prédit les interactions entre l'enseignante et les groupes d'élèves ( $\beta=0,43$  ;  $R^2=0,20$  et de l'élève vers les groupes d'élèves ( $\beta=0,49$  ;  $R^2=0,24$ ). Ces résultats démontrent que les configurations spatiales prédisent avec des niveaux de variances relativement importants ( $|0,43| < |\beta| < |0,82|$  ;  $0,2 < R^2 < 0,67$ ) les interactions entre acteurs (H2) : la configuration ATC correspondant aux modalités « classiques », autrement dit de l'enseignante vers le groupe classe et pas d'interactions, mais permet également un niveau important d'échanges depuis l'élève qui interpelle l'enseignante. Puisque le ATC contient les variables d'activité prévues par le scénario « leçon magistrale » et « questions/réponses », nous pouvons déduire que cette modalité permet à l'élève d'interroger davantage l'enseignante (notamment en début de séance, comme nous l'avons vu) que dans la configuration ALC, qui elle, permet davantage d'interactions entre élèves. Comme attendu selon la modalité ATC, c'est l'outil « tableau blanc » qui est significativement concerné. Nous confirmons ainsi notre H2 : la configuration spatiale influence les relations entre les acteurs.



**Fig. 5.** Modélisation d'équations structurelles entre la configuration spatiale (ATC = 1 ; ALC=2), les interactions entre acteurs et le haut niveau d'engagement de l'élève dans la tâche

A défaut de pouvoir mesurer la performance des élèves dans le cadre de cette étude, nous cherchons toutefois à vérifier si ce modèle mis au jour permet de prédire le niveau d'engagement de l'élève dans la tâche. Nous intégrons donc à notre modèle la variable « haut niveau d'engagement de l'élève dans la tâche ». La nouvelle version du modèle s'ajuste toujours correctement à nos données :  $\chi^2(18)=1,16$  ;  $p=0,28$  ; TLI=0,96 ; CFI=0,97 ; RMSEA=0,068. Il ressort que le seul lien significatif depuis nos variables d'interactions vers la variable d'engagement haut est depuis la variable « pas d'interactions entre les élèves » :  $\beta=0,44$  ;  $R^2=0,17$ . Ainsi, c'est la configuration ATC, par le biais de la non-interaction entre acteurs, qui prédit le haut niveau d'engagement dans la tâche de la part de l'élève. Ces résultats paraissent contre-intuitifs : nous pouvions en effet nous attendre à ce que la configuration ALC, par le biais des interactions entre élèves et la personnalisation de l'intervention de l'enseignante vers un groupe d'élève qu'elle permet, va conduire les apprenants à s'engager dans leur tâche davantage que dans une configuration classique. Pourtant, c'est l'absence d'interactions, caractéristique de cette dernière configuration, qui va

permettre cela. Par ailleurs, il apparaît que le lien direct entre la configuration spatiale et le haut niveau d'engagement dans la tâche n'est pas significatif. C'est donc bien indirectement, par le biais de l'absence d'interactions entre les élèves, que le niveau d'engagement haut des élèves est permis.

## 7 Discussion et conclusion

Ces résultats confirment en partie ceux de l'étude de [4] : dans son cas, la configuration ATC a permis un plus haut niveau d'engagement des élèves dans la tâche qu'ALC. Même si nous n'avons pu établir de lien direct entre la configuration spatiale et le haut niveau d'engagement dans la tâche, il apparaît que ce dernier dépend de l'absence d'interactions, qui lui est permis par la configuration ATC. Si le cadre de ce papier ne permet pas de mesurer la performance des élèves, d'après une étude américaine au niveau national, un niveau élevé d'engagement des élèves augmente l'apprentissage et la rétention des contenus [22]. Nous avons démontré que le niveau d'engagement dépend des interactions, et non pas de la configuration spatiale directement. Nous pouvons interpréter ces résultats par le fait qu'avant l'activité, c'est-à-dire en amont de la consigne donnée par l'enseignant, les élèves ne peuvent prédire de l'efficacité de l'outil, surtout s'il s'agit d'un objet nouveau tel que le robot et pour certains la tablette. Ainsi, nous pourrions imaginer que peu importe l'outil que l'enseignant pourrait proposer, les élèves vont apprendre à l'utiliser en situation, cette dernière étant cadrée par le niveau de prescription du scénario pédagogique. Ainsi, ce ne sont pas les outils intégrés dans le scénario qui vont conditionner la configuration spatiale (puis les interactions), mais bien l'orchestration [23] des activités dans l'espace classe que l'enseignant souhaite mettre en place. Il est à souligner l'importance de la mise en œuvre du scénario en situation : c'est bien l'environnement, donc le niveau de prescription [24], qui va permettre ou non l'engagement de l'élève dans la tâche, la prise en compte du robot ou de la tablette seuls ne pouvant la prédire. Nous établissons alors une série de recommandations pour les praticiens et pédagogues : il est d'abord important de réaliser que ce n'est pas l'outil seul qui va assurer de l'efficacité d'une situation d'apprentissage (notamment en termes d'engagement et de concentration des élèves), ni de la bonne conduite du scénario pédagogique. Il est en effet nécessaire de prendre en compte le degré de prescription du scénario pédagogique : ce qu'il permet de faire, ce qu'il doit permettre de faire, et le degré de flexibilité pour parer à d'éventuels obstacles en situation. Enfin, anticiper le fait que ce scénario, autrement dit l'ensemble des consignes, vont modifier l'espace-classe (et donc affecter les interactions entre acteurs), et donc prévoir les activités en conséquence.

## Références

1. Blyth, A. (2013). Perspectives pour les futurs espaces scolaires. *Revue internationale d'éducation de Sèvres*, (64), 53-64. <http://ries.revues.org/3606>

2. Forster, S. (2004). Quelles formes de classe pour quelles pédagogies ? *L'architecture scolaire*, 7.
3. Brooks, D. C. (2011). Space matters: The impact of formal learning environments on student learning. *British Journal of Educational Technology*, 42(5), 719-726.
4. 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).
5. Amedeo, D., Golledge, R. G., & Stimson, R. J. (2008). *Person-environment-behavior research: Investigating activities and experiences in spaces and environments*. New York: Guilford
6. Cohen, B. (2010). Des espaces pour se développer : Comment l'architecture peut jouer un rôle essentiel dans la vie des jeunes enfants. *CELE Echanges*, 6. OCDE.
7. Jeannin, L. (2017). La mobilité, clé de nouvelles pratiques ? *Éducation et socialisation. Les Cahiers du CERFEE*, (43). <http://edso.revues.org/1950>
8. Merdan, M., Leputchitz, Koppensteiner, G., Balogh, R., Obdrzalek (2017) Robotics in education, (AISC) *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 1023, Springer.
9. Lehmans, A. (2017). De l'informatique éducative au robot émancipateur. *Hermès, La Revue*, 78(2), 132-138. <https://www.cairn.info/revue-hermes-la-revue-2017-2-page-132.htm>
10. Parriaux, G., Pellet, J. P., Baron, G. L., Bruillard, É., & Komis, V. (2018). *De 0 à 1 ou l'heure de l'informatique à l'école. Actes du colloque Didapro 7–DidaSTIC*. Peter Lang.
11. Lytridis, C., Bazinas, C., Papakostas, G., A., Kaburlasos, V. (2017). On Measuring Engagement Level During Child-Robot Interaction in Education in Kacprzyk, J.(eds). *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 1023, Springer, Poland.
12. Oblinger, D. G. (2006). Space as a change agent. *Learning spaces*, 1, 1-2.
13. Chiasson, M. (2019). *Etude des caractéristiques de l'espace d'apprentissage favorisant le processus de la pensée informatique chez les élèves de l'école intermédiaire*. Doctoral dissertation, Université de Moncton (Canada).
14. Issaadi, S., & Jaillet, A. (2017). Proxémie d'apprentissage. *Éducation et socialisation. Les Cahiers du CERFEE*, (43). <http://edso.revues.org/1960>
15. Schneider R. (2004). Tendances de l'architecture scolaire en Allemagne au XX<sup>e</sup> siècle. *Histoire de l'éducation*, (102), 137-155.
16. Mazalto M., Bonnault M-C., Zahra, B. (dir.) (2008). *Architecture scolaire et réussite éducative*. Paris: Fabert, 191.
17. Musset M. (2012). De l'architecture scolaire aux espaces d'apprentissage : au bonheur d'apprendre ? *Dossier d'actualité Veille et Analyses de l'IFÉ*, n° 75.
18. Martin, S. H. (2002). The classroom environment and its effects on the practice of teachers. *Journal of Environmental Psychology*, 22(1-2), 139-156.
19. Stipek, D., & Byler, P. (2004). The early childhood classroom observation measure. *Early Childhood Research Quarterly*, 19(3), 375-397.
20. Scott, A. J., & Knott, M. (1974). A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. *Biometrics*, 507-512.
21. Hu, L. T., & Bentler, P. M. (1999). Cutoff criteria for fit indexes in covariance structure analysis: Conventional criteria versus new alternatives. *Structural equation modeling: a multidisciplinary journal*, 6(1), 1-55.
22. Kuh, G. D. (2001). Assessing What Really Matters to Student Learning. Inside The National Survey of Student Engagement, *Change: The Magazine of Higher Learning*, 33:3, 10-17.
23. Dillenbourg, P. (2013). Design for classroom orchestration. *Computers & Education*, 69, 485-492.

24. Simonian, S. (2014). *L'Affordance socioculturelle: une approche éco-anthropocentrée des objets techniques*. Habilitation à diriger des recherches. Université Rennes 2.