

# L'instrumentation intelligente des salles de classe au service de l'observation des interactions enseignant-apprenants

Romain Laurent, Univ. Grenoble Alpes, France

Philippe Dessus, Univ. Grenoble Alpes, France

Dominique Vaufreydaz, Univ. Grenoble Alpes, France

\* Adresse de contact : philippe.dessus(@)univ-grenoble-alpes.fr

## Résumé

Si la qualité de la relation enseignant-apprenants est déterminante pour l'engagement et la réussite apprenante, l'observation instrumentée de sa composante interactionnelle au moyen de capteurs de mesure augmentés de techniques d'intelligence artificielle est désormais susceptible d'assister l'humain dans sa meilleure compréhension. Cette instrumentation requiert cependant de la part du chercheur une renégociation de l'écologie de la salle de classe avec ses habitants habituels : les apprenants et leur enseignant.

## Abstract

Whereas the quality of the teacher-students relationship is an important factor for engagement and learning achievement, the instrumented observation of its interactional component by measurement sensors augmented by artificial intelligence techniques is now likely to assist humans in their better understanding. However, this instrumentation requires the researcher to renegotiate the classroom ecology with its usual inhabitants : the learners and their teacher.

## Mots-clés

Relation enseignant-apprenants, observation computationnelle, écologie de la salle de classe

## Keywords

Teacher-Student Relationship (TSR), computational observation, classroom ecology

## 1. Introduction

Si la question de l'efficacité de l'enseignement a de longue date mobilisé les recherches en sciences de l'éducation, la loi fédérale étatsunienne *No Child Left Behind Act* (NCLB, 2001; dans Groen, 2012) l'a durablement corrélée à une reddition de comptes opposable aux écoles et enseignants (e.g., assujettissement de financement à l'obtention de résultats à des tests standardisés). Cette trajectoire de mesure de la performance s'est depuis propagée dans tout l'OCDE (Organisation de coopération et

de développement économique, voir Maroy, 2022). Parmi tous les facteurs soutenant l'efficacité de l'enseignement (voir Clanet, 2012 pour une recension), une attention particulière est portée à la question de la qualité des Relations Enseignants-Apprenants (ci-après REA). Deux raisons peuvent l'expliquer. D'une part, la contribution de la REA à la réussite apprenante est souvent qualifiée de non négligeable. La synthèse de Hattie (2013) lui confère un effet d'ampleur modérée ( $d = 0,72$  ; sur 229 études). D'autre part, il s'agit probablement d'une des variables, dite de processus (i.e., ce qui se passe en classe), la plus supposément influençable par les décisionnaires, en tous cas plus manipulable que les deux autres familles de variables antérieures ou postérieures aux événements de la classe (Dunkin, 1986). Les premières, dites contextuelles ou de présage sont très lentement évolutives (e.g., les caractéristiques de l'enseignant, des apprenants et le contexte structurel de la classe), pendant que les secondes, dites de produit (e.g., apprentissage de l'apprenant) sont souvent âprement discutées, compte tenu de leurs enjeux. Dès lors et dans le sillage de Hattie (2013), la demande politique comme la recherche se sont concentrées sur « *ce qui se passe dans la classe* » pendant les activités d'enseignement et d'apprentissage, scrutant notamment la relation entre les enseignants et les apprenants.

Suivant Pianta (1999, citant Hinde, 1987), l'étude des relations entre les enfants et les enseignants « *englobe le comportement interactif et les attributs cognitifs, affectifs et motivationnels des individus* » (p. 86). Pour Pianta (1999), ces REA ont plusieurs composantes : leur incarnation dans une trajectoire développementale idiosyncrasique, la prégnance des rétroactions, et l'asymétrie de cette relation, qui « *fait reposer une responsabilité disproportionnée sur l'adulte s'agissant de la qualité de cette relation* » (p. 73). Des résultats très solides soulignent que la qualité de la REA est un facteur-clé de l'amélioration des apprentissages et du développement de l'enfant comme du jeune adulte (Pianta, 1999; Roorda et al., 2011).

Son importance appelle son objectivation et sa mesure *via* des instruments dédiés. Une première catégorie d'instrument, en nette croissance depuis NCLB, relève d'une causalité supposée de la qualité de la REA avec les mesures de valeur ajoutée des enseignants (VAM). Une deuxième catégorie ressort de techniques très éprouvées d'entretien ou de questionnaire à destination des apprenants ou des enseignants. Une troisième catégorie utilise des cadres d'observation de la classe et des événements qui la composent.

Après avoir rappelé l'importance de la REA et retracé les difficultés posées par son observation, nous présenterons un panorama des instrumentations computationnelles de l'observation des interactions enseignants-apprenants, composante la plus immédiate et volatile de la REA, avant de soulever un paradoxe possible de la puissance panoptique de cette observation.

## 2. De l'importance de la REA et des difficultés de son observation

### La relation enseignant-apprenant

Pianta (1999) nous rappelle que les REA sont des systèmes dyadiques soumis à un grand nombre de paramètres interdépendants. D'abord, elles « *incarnent les caractéristiques des individus impliqués* », qu'il énumère comme « *les traits biologiquement prédisposés, des facteurs de personnalité, l'histoire de leur développement, ainsi que des traits étroitement liés à la qualité de la relation elle-même — ce que Bowlby (1969) appelle la “représentation” de la relation par les membres* » (id., p. 73). Cette première dimension est intimement liée à l'histoire développementale des individus. Elle est réputée stable et modélisante, bien qu'ouverte au changement au gré de nouvelles expériences. Son observabilité est difficile à établir et demeurerait sujette à des protocoles très exigeants (e.g., Main et al., 1985).

Ensuite, ces relations sont utilisées comme des processus de rétroaction, dont le but est d'échanger des informations entre les individus. Ces processus comprennent les « *interactions comportementales, le langage et la communication, ainsi que les perceptions de soi et des autres, qui servent de mécanismes de rétroaction dans le contexte de ce système dyadique* » (Pianta, 1999, p. 73). Ces processus sont observables au travers de tous les moyens par lesquels les informations sont transmises d'un protagoniste à l'autre, non seulement *via* les paroles, actes, mouvement ou perceptions les uns des autres, mais aussi au travers de la manière dont ces informations sont échangées (ton de la voix, posture ou proximité, moment du comportement, réciprocité ou contingence du comportement). Nous qualifions cette deuxième composante des REA d'interactions enseignant-apprenants, ci-après IEA. Elles opèrent au quotidien, dans le microsystème de la classe (Bronfenbrenner & Morris, 2007).

Enfin, les REA constituent un système asymétrique, fonction de l'écart entre les rôles et la maturité respective des protagonistes. Ce système est lui-même assujéti à des influences externes (attentes sociales, réglementation, vie familiale, etc.) qui toutes peuvent à leur tour affecter les REA. Ces influences externes sont également observables, au prix d'investigations des niveaux supérieurs (e.g., meso-, exo- et macrosystèmes de Bronfenbrenner & Morris, 2007), donc en dehors de la classe.

Au final et selon Pianta (1999), « *toutes ces dimensions font système, et toutes sont reliées les unes aux autres par des liens bidirectionnels s'influençant mutuellement. Ainsi, les représentations guident le comportement, mais le comportement affecte les représentations. Les processus de rétroaction structurent les interactions mais sont également influencés par le type d'interactions qui ont lieu.* » (id., p. 82).

## La qualité de la REA

Comme synthétisé dans Ansari et al. (2020), la qualité de la REA, vue comme un continuum, influe, favorablement ou défavorablement, la cognition et l'autorégulation des enfants *via* les sentiments de sécurité (vs d'insécurité) qu'elle produit. Les élèves qui entretiennent des relations positives avec leurs enseignants sont, selon Pianta (1999), plus susceptibles de coopérer, de s'engager et de persister avec l'enseignant dans les types d'activités d'apprentissage, pendant que les élèves qui ne ressentent pas un tel sentiment de sécurité risquent davantage de s'en retirer voire de s'engager dans un conflit émotionnel ou comportemental. Cette qualité de la REA peut être évaluée et observée à l'aune de trois dimensions : *la proximité* (i.e., des niveaux élevés de chaleur, d'affect positif et d'accessibilité entre l'élève et l'enseignant), *le conflit* (i.e., la négativité et le manque de rapport entre l'élève et l'enseignant) et *la dépendance* (i.e., la vulnérabilité de l'apprenant vis-à-vis de l'enseignant) ; cette dernière dimension s'effaçant dans les plus récentes études derrière les deux premières (Ansari et al., 2020).

Après Pianta (1999), de très nombreuses études (voir Juvonen, 2006) ont tous confirmé les importantes corrélations entre la qualité de la REA et l'engagement et la réussite des apprenants. La méta-analyse de Roorda et al. (2011, portant sur 99 études) montre en outre que son incidence ne décroissait aucunement avec l'âge des élèves. Cette prégnance de la REA à tous les stades d'apprentissage est confirmée quel que soit le niveau du continuum scolaire interrogé (e.g., Hernández et al., 2017, pour le primaire; Allen, 2013 pour le secondaire; Hagenauer & Volet, 2014 pour le supérieur). La qualité de la REA s'avère enfin déterminante pour le bien-être enseignant (Spilt et al., 2011).

Dès lors que la qualité de la REA s'avère significative, elle nécessite d'être objectivée, c'est-à-dire observée, mesurée, décrite et analysée à des fins de compréhension et d'amélioration. Nous postulons ici que la composante interactionnelle (IEA) des REA est la plus « facilement » accessible aux chercheurs, bien que multidimensionnelle (Pianta, 1999) et en partie invisible (Nuthall, 2007). Nous avons vu précédemment que Pianta (1999) définissait les IEA comme des processus d'échange d'informations selon des registres aussi bien comportementaux que socio-émotionnels. Gardner (2019) les désigne comme un phénomène impliquant une action, une réaction et une négociation de sens. Les signaux qui en sont constitutifs sont assez bien circonscrits, se divisant globalement entre signaux verbaux (linguistique et prosodique) et non verbaux (y compris les gestes, les hochements ou rotations de tête, les expressions faciales, les regards, la déictique, les inspirations audibles et les postures (Lee, 2017). Streeck (2013) considère enfin tout le corps comme un instrument de communication et d'interaction et inclut la capacité du corps humain à ressentir ses propres mouvements (kinesthésie) et états (émotions) comme vecteur d'interaction, ce qui intègre les

mouvements, positions respectives et affects dans l'ensemble de signaux-vecteurs d'interactions. La qualité de ces IEA peut dès lors être inférée depuis un certain nombre d'indicateurs, notamment décrits dans des modèles d'observation ou d'enquête.

### Les méthodes d'observation de la REA

La méthode la plus récente d'évaluation de la REA, particulièrement aux États-Unis, ressort des mesures dites de valeur ajoutée de l'enseignant (ci-après VAM). Les VAM sont des mesures relativement nouvelles de l'efficacité des enseignants, et les partisans de leur utilisation (Sanders, 2000) affirment qu'ils fournissent un moyen objectif de déterminer quels enseignants réussissent à améliorer l'apprentissage des élèves, systématiquement mesuré par les gains obtenus grâce aux tests standardisés. Pour autant, l'étude de Rivkin et al. (2005) a montré que si la contribution enseignante varie relativement aux gains de rendement des élèves, elle s'avère incapable de mettre en exergue ce qui a causé cette variation. Autrement dit, considérées seules, les VAM ne permettent pas de comprendre ni ce que les enseignants « efficaces » font, ni ce qui les rend « efficaces », et en aucune manière de rendre compte de leur contribution à la qualité de REA (*American Statistical Association*, 2014).

### Méthodes auto-rapportées

Une deuxième catégorie d'instrument plus pertinent d'observation et de la description de la REA relève des techniques d'entretien ou de questionnaire à destination des apprenants ou des enseignants. Ces instruments peuvent être standardisés et proposés à un très large échantillon de répondants, par exemple *Tripod 7C* (Ferguson & Ramsdell, 2011) ou le *Student Engagement Instrument* (SEI, voir Appleton, Christenson & Furlong, 2008) pour les apprenants ou l'enquête OCDE-*Teaching and Learning International Survey* (TALIS) pour les enseignants et chefs d'établissement (Ainley & Carstens, 2018). Si ces questionnaires interrogent de nombreuses dimensions des activités d'enseignement-apprentissages, ils sondent systématiquement des variables ressortant de la REA.

Ces instruments auto-rapportés peuvent également être déployés dans une approche beaucoup plus qualitative et ciblée, à destination des apprenants (Pianta, 1999) comme des enseignants (e.g., questionnaire *Student-Teacher Relationship Scale*, STRS, de Pianta, 1994 ; méthode d'entretien *Teacher Relationship Interview* de Stuhlman & Pianta, 2002). La méthode d'entretien autorise avantageusement une adaptation fine au contexte structurel et l'élicitation de composants antérieurs (bien qu'interdépendants) à la REA (trajectoire développementale idiosyncratique et représentation de la relation par les protagonistes).

Si le recours à ces méthodes auto-rapportées a rencontré un grand succès dans la recherche en éducation, il demeure sujet à précaution (Gonyea, 2005), au premier chef au regard de la maturité du

répondant (Pianta, 1999). Ces méthodes peuvent également souffrir de travers, tel le biais de désirabilité sociale dans les entretiens (Tourangeau, Rips & Rasinski, 2000) ou l'effet de halo dans les questionnaires (Cannon & Cipriani, 2022). Plus globalement, il leur est reproché leurs limites psychométriques, y compris chez les apprenants universitaires. Porter (2011) rappelle par exemple que « *les recherches existantes sur les étudiants suggèrent qu'ils ont des difficultés à répondre correctement même à des questions simples sur des informations factuelles* » (id., p. 2).

### *Méthodes hétéro-rapportées*

La troisième catégorie ressort de méthodes hétéro-rapportées. Elles requièrent le concours d'un observateur tiers au sein de la salle de classe (le cas échéant *via* une retransmission vidéo). Il nous apparaît que l'observation *in situ* est idéale pour mesurer la quantité et la qualité des IEA, mais peu en mesure d'avoir connaissance des pré-caractéristiques des relations observées (trajectoire développementale et représentation de la relation par les protagonistes, influences externes). Cette évaluation des IEA se réalise au travers de cadres d'observation dont la recension s'avérerait fastidieuse, mais qui sont pour certains très éprouvés. Hamre, Pianta, Mashburn et Downer (2007) ont par exemple construit CLASS (*Classroom Assessment Scoring System*), un cadre d'observation de la quantité et la qualité des interactions en classe, articulés autour de trois domaines : le soutien émotionnel, l'organisation de la classe et le soutien à l'apprentissage. Ce cadre est décliné en fonction du stade de développement de l'enfant (nourrisson, trottineur, maternelle, élémentaire, secondaire) et très largement adapté et utilisé dans le monde, notamment en Amérique du Nord et en Europe (Lemay et al., 2017 pour une recension).

Si ce cadre d'observation est robuste (Perlman et al., 2016), il n'échappe pas à certains biais, notamment lié au scrutateur ou au contexte (Stodolsky, 1990; Whitehurst et al., 2014). Cette méthode rencontre trois autres limites. Son coût humain est important, puisqu'elle exige un observateur certifié, ce qui provoque sa rareté. Si nous considérons une inspection de classe (au sens réglementaire français) comme une modalité d'application de l'observation *in situ* des IEA, la France compte par exemple 3 678 personnels d'inspection, chargés d'évaluer 869 273 enseignants des premier et second degrés (soit un inspecteur pour plus de 236 enseignants ; source : DEPP, 2021). Suchaut (2012) évaluait ainsi la fréquence d'évaluation des enseignants français à « *en moyenne tous les trois ou quatre ans pour l'enseignement primaire et tous les sept ans pour le secondaire* » (id., p. 11). En raison de sa rareté, cet observateur dispose d'un temps d'observation limité (en général une heure pour une inspection, 4 tranches de 20 minutes pour une observation CLASS). Cette observation est enfin assujettie aux limites de la cognition du scrutateur, de surcroît dans un environnement multi-dimensionnel et simultané (Doyle, 2011). Cette *sporadicité* de l'observation, à la fois en termes qualitatif que quantitatif, obère une mesure plus longitudinale des IEA, qui pourrait permettre de mieux comprendre

sa contribution à la REA, de mieux définir sa qualité, voire d'ouvrir l'opportunité d'études plus qualitatives, assises sur un recueil de preuves plus large. Pianta (1999) estimait ainsi « *qu'en ce qui concerne les comportements interactifs, les modèles de comportement semblent être des indicateurs plus importants de la qualité d'une relation que les cas isolés de comportement* » ce qui est un des risques d'une observation sporadique, et qu'en conséquence « *l'observation des comportements interactifs et de la façon dont ils se répètent au fil du temps, des situations et des contextes est essentielle pour comprendre une relation* » (id., p. 76).

Nous proposons ici une possibilité d'accroissement important de l'échantillonnage d'observation des IEA, à des fins d'une part de meilleure compréhension de cette composante centrale des REA et d'autre part de rétroactions formatives aux enseignants. Ce « désenclavement » de l'observation *in situ* des IEA est aujourd'hui rendu possible par le concours de la capacité de collecte et de traitement de l'informatique et de l'électronique à haute fréquence (ci-après l'observation computationnelle). Cette observation computationnelle serait chargée de percevoir, identifier, recenser, sérier voire croiser les occurrences de certains vecteurs d'interactions de longue date identifiés par les humains comme constitutifs des IEA.

### 3. Des instrumentations computationnelles de l'observation des IEA

#### *Les variables observables*

Nos variables observables sont tous les vecteurs-signaux d'interactions entrevus précédemment. Ces variables peuvent être de nature comportementale comme socio-émotionnelle. Ainsi les mouvements, gestes, positions, postures, paroles, prosodies, regards mais aussi les émotions et affects ainsi que la temporalité réciproque de ces vecteurs sont des variables constitutives de la quantité et de la qualité des IEA.

#### *Instruments d'input*

Les caméras et microphones haute définition se révèlent pertinents pour convertir (i.e., capturer et numériser) les signaux-vecteurs d'interactions observables dans une salle de classe, à une échelle d'échantillonnage largement supérieur à l'humain. Leur utilisation dans les salles de classe s'est banalisée à des fins de simple captation audio (e.g., Flanagan & Calandra, 2005) ou vidéo (e.g., Kilburn, 2014), qu'il s'agisse de retransmettre une séance ou de l'observer à dessein de développement professionnel des enseignants (Gröschner et al., 2015).

L'utilisation de l'oculomètre s'est lui aussi répandue, à la faveur de sa miniaturisation. L'oculomètre dit mobile (de type lunette) permet d'enregistrer les mouvements oculaires du porteur (e.g., saccades, poursuites, fixations) et renseigne la direction de son regard dans la scène de classe, *proxy* de son attention ainsi que de ses processus mentaux (hypothèse œil-esprit de Just & Carpenter, 1980). Les

suivis de regards sont désormais investigués aussi bien pour les apprenants (e.g., Rosengrant et al., 2021) que pour les enseignants (e.g., Beach & McConnel, 2019; Dessus et al., 2016). La charge cognitive du porteur est en outre inférable par la mesure de son diamètre pupillaire et complète la compréhension de la REA d'éléments de cognition autrefois complexes à mesurer en temps réel pendant la situation d'enseignement-apprentissage (e.g., McIntyre et al., 2019).

### *Les méthodes de traitement du signal*

Les signaux audio et vidéo issus de la salle de classe (y compris ceux capturés par l'oculomètre) sont aujourd'hui exploitables par les techniques d'intelligence artificielle (ci-après IA), dont les apprentissages dits machine et profond, ces trois notions étant imbriquées. Dans leur grande majorité, les systèmes d'apprentissage machine sont orientés vers une tâche spécifique : faire des prédictions (Dick, 2019), autrement reconnaître des actions ou des objets/sujets. Ces systèmes sont désormais couramment utilisés pour la vision informatique, le traitement automatique du langage naturel, etc., pour lesquelles ils sont parvenus à un niveau comparable aux humains dans ce contexte (Goksel & Bozkurt, 2019). L'apprentissage profond est quant à lui une sous-branche de l'apprentissage machine qui renforce encore sa capacité d'apprentissage, soit supervisée par l'humain, soit non supervisée, à condition qu'il dispose d'un large *corpus* de données.

Si l'utilisation de l'IA en classe est large (e.g., apprentissage adaptatif, systèmes de tutorat intelligents, etc., voir Holmes et al., 2020), nous nous concentrerons ici sur son usage pour l'objectivation de l'IEA, à savoir la reconnaissance automatique, par la machine, de caractéristiques de nos vecteurs d'interactions, particulièrement *via* la vision informatique.

S'agissant des vecteurs d'interactions propre à l'IEA précédemment cités, l'IA est aujourd'hui parfaitement capable de reconnaître l'orientation de la tête (*proxy* du regard, Wang et al., 2020), les postures (Sacchetti et al., 2018), la gestuelle (Hernández Correa et al., 2020), la déictique (Sathayanarayana et al., 2014), mais également les mouvements (Kulkarni, 2019) ou les positions et postures (Ahuja et al., 2019). Des caractéristiques de plus en plus valides en termes de qualité de l'IEA sont également interprétables par la machine, telles que les expressions faciales (Liu et al., 2021), les comportements non-verbaux (Bosch, 2018), les affects et émotions (Gupta et al., 2019; van der Haar, 2020), l'attention des apprenants (e.g., Canedo et al., 2018), ou encore leur fatigue (Li et al., 2019). Toutes ces variables difficilement échantillonnables par un observateur installé en fond de classe ou par un questionnaire sont désormais à la portée des chercheurs intéressés par l'observation « granulaire » de la REA.

La reconnaissance du langage (sa prosodie, son interprétation, sa transcription, voire sa traduction automatique) a également trouvé sa place dans les salles de classe (Purwins et al., 2019; Ranchal et



al., 2013). Les plus récents développements de la *compréhension computationnelle multimodale* ouvrent aujourd'hui la perspective de percevoir et d'interpréter conjointement le langage et la vision, dans leur intégration comme leurs interactions (Liu et al., 2020).

L'observation computationnelle est désormais apte à interpréter des construits de plus haut niveau, c'est-à-dire multidimensionnels, requérant l'agrégation et la compilation de données multimodales, ainsi l'engagement étudiant (Duraisamy et al., 2019; Sümer et al., 2021), l'analyse de leur comportement (Lim et al., 2017; Ngoc Anh, 2019) ou encore le climat de classe (Petrova et al., 2020; Ramakrishnan et al., 2019).

Autrement dit, un agencement de caméras et de microphones augmentés de techniques d'intelligence artificielle permet désormais d'échantillonner à très haute fréquence l'essentiel des vecteurs *interactionnels* de la REA, et de commencer à en inférer des conséquences en termes de qualité (proximité, affects, émotions, climat, etc.). Des salles de classes ainsi instrumentées existent à tous les niveaux scolaires (e.g., Montebello, 2019). La puissance de telles instrumentations doit inévitablement nous poser la question de leurs enjeux, pour les instigateurs comme les participants enseignants et apprenants.

#### 4. Discussion

Si, du côté des instigateurs, les enjeux peuvent paraître clairs (e.g., objectiver la dimension interactionnelle de la REA, la comprendre et l'analyser plus finement que son explicitation *ex post* voire *post hoc* par entretien, enfin offrir des rétroactions fondées sur des données probantes aux enseignants et aux apprenants), leurs perceptions par les participants enseignants et apprenants peuvent être différentes. L'installation de caméras, de micros et l'utilisation de techniques d'intelligence artificielle dans une salle de classe ne sont pas anodines, et certaines équipes de recherche qui s'en étaient pourtant fait une spécialité commencent à s'en inquiéter (Dillenbourg, 2022). La question centrale est ainsi bien celle des enjeux perçus par les apprenants et les enseignants invités à vivre leurs IEA sous l'œil et l'oreille d'une salle de classe sensible. Si toute observation d'une salle de classe est réputée susceptible d'en modifier les comportements (Stodolsky, 1990), l'observation instrumentée computationnelle est, par sa fréquence et son empan d'échantillonnage, à même de lui faire franchir un palier, exacerbant pour les protagonistes les enjeux de cette collecte. Ainsi, si les apprenants ou leurs enseignants suspectent un enjeu qui leur serait personnellement opposable (e.g., l'évaluation supposée de la « conformité » de leur comportement), ceux-ci pourraient se trouver fondés (car contraints) à modifier leur comportement en réponse à l'enjeu supposé, et donc à altérer l'écologie de leur IEA. Rothstein (2008) explique que la distorsion des objectifs (*goal distortion*) et le détournement (*gaming*) sont des résultats inévitables lorsque le calcul de la

récompense est trop basé sur des mesures quantitatives, autrement dit quand la *datafication* (i.e., la transformation des IEA en flux continus de données) est perçue comme *dataveillance* (Crooks, 2019).

Nous avons vu, suivant Gardner (2019), que l'IEA est un phénomène impliquant une action, une réaction et une négociation de sens. Or, un certain nombre d'exemples investigués par la recherche, conséquemment à ce qui a pu être perçu par les protagonistes comme de la surveillance en classe, attestent une altération de cette boucle en raison de l'apparition de mouvements, contre-mouvements et détournements du sens (autrement dit renégociation ; voir Hope, 2010). Si *perçue* comme machine de surveillance, l'instrumentation computationnelle est en mesure de provoquer une *résistance* de la part des apprenants, par exemple *via* des manœuvres de conformité feinte, d'évitement, de contre-surveillance, voire de contre-performance ostentatoire (Hope, 2022). Paradoxalement, une instrumentation computationnelle d'observation des IEA, chargée de rendre compte de leur quantité et qualité, pourrait perturber l'écologie de la salle de classe et n'en restituer qu'un diagnostic dénaturé.

Dans la mesure où la préservation *optimale* de l'écologie de la salle de classe devrait selon nous être le fil d'Ariane du chercheur, il nous semble essentiel de négocier, avec les participants, l'instrumentation computationnelle, ses enjeux et l'écologie induite. Cette ligne de crête écologique pourrait être cheminée en évaluant rigoureusement l'acceptabilité perçue des instrumentations possibles et de leurs objectifs. Si l'évaluation de l'acceptabilité de dispositif sociotechnique est désormais une démarche éprouvée, quoiqu'encore jeune dans la sphère éducative (voir Teo, 2011 pour une recension), la radicalité des technologies utilisées comme la singularité du « milieu » d'une salle de classe appellent à l'adaptation des échelles dites classiques de mesure de l'acceptabilité (e.g., TAM et UTAUT), lesquelles ne placent pas encore les dimensions d'éthique, de respect de la sécurité, de l'intégrité et de la vie privée des enseignants et apprenants au cœur de leur modèle d'évaluation.

## Remerciements

Ce travail a été partiellement financé par l'action Idex Formation 2018 (ANR 15-IDEX-0002 du PIA 2) de l'Univ. Grenoble Alpes.

## Références

- Ahuja, K., Kim, D., Xhakaj, F., Varga, V., Xie, A., Zhang, S., ... & Agarwal, Y. (2019). EduSense: Practical classroom sensing at scale. *Proceedings of the ACM on Interactive, Mobile, Wearable and Ubiquitous Technologies*, 3(3), 1-26.
- Ainley, J., & Carstens, R. (2018). Teaching and learning international survey (TALIS) 2018 conceptual framework.

- Allen, J., Gregory, A., Mikami, A., Lun, J., Hamre, B., & Pianta, R. (2013). Observations of effective teacher–student interactions in secondary school classrooms: Predicting student achievement with the Classroom Assessment Scoring System–Secondary. *School Psychology Review*, 42(1), 76–98.
- American Statistical Association (2014). ASA statement on using value-added models for educational assessment.
- Ansari, A., Hofkens, T. L., & Pianta, R. C. (2020). Teacher-student relationships across the first seven years of education and adolescent outcomes. *Journal of Applied Developmental Psychology*, 71, 101200.
- Appleton, J. J., Christenson, S. L., & Furlong, M. J. (2008). Student engagement with school: Critical conceptual and methodological issues of the construct. *Psychology in the Schools*, 45(5), 369–386.
- Beach, P., & McConnel, J. (2019). Eye tracking methodology for studying teacher learning: A review of the research. *International Journal of Research & Method in Education*, 42(5), 485–501.
- Bowlby, J. (1969). *Attachment and loss: Vol. 1. Attachment*. Basic Books.
- Bronfenbrenner, U., & Morris, P. A. (2007). The bioecological model of human development. *Handbook of child psychology* (Vol. 1). Wiley.
- Canedo, D., Trifan, A., & Neves, A. J. (2018, June). Monitoring students' attention in a classroom through computer vision. In *International Conference on Practical Applications of Agents and Multi-Agent Systems* (pp. 371-378). Springer.
- Cannon, E., & Cipriani, G. P. (2022). Quantifying halo effects in students' evaluation of teaching. *Assessment & Evaluation in Higher Education*, 47(1), 1-14.
- Clanet, J. (2012). L'efficacité enseignante, quelle modélisation pour servir cette ambition ? *Questions Vives*, 6(18), 15-37.
- Crooks, R. (2019). Cat-and-Mouse games: Dataveillance and performativity in urban schools. *Surveillance & Society*, 17(3/4), 484-498.
- DEPP (2021). *Repères et références statistiques*. Direction de l'évaluation, de la prospective et de la performance du Ministère de l'éducation nationale.
- Dessus, P., Cosnefroy, O., & Luengo, V. (2016). "Keep your eyes on 'em all!": A Mobile eye-tracking analysis of teachers' sensitivity to students. In *European conference on technology enhanced Learning* (pp. 72-84). Springer.
- Dick, S. (2019). Artificial Intelligence. *Harvard Data Science Review*, 1(1). <https://doi.org/10.1162/99608f92.92fe150c>
- Dillenbourg, P. (2022, 25 mars). Classroom analytics for smoothening orchestration [Vidéo]. Whova. [https://whova.com/portal/ilaak\\_202204/videos/2kjMzETMzYDN/](https://whova.com/portal/ilaak_202204/videos/2kjMzETMzYDN/)
- Doyle, W. (2011). Ecological approaches to classroom management. In C. M. Evertson & C. S. Weinstein (Eds.), *Handbook of classroom management* (pp. 97-126). Routledge.

- Dunkin, M. J. (1986). Concepts et modèles dans l'analyse des processus d'enseignement. In M. Crahay et D. Lafontaine (Eds), *L'art et la science de l'enseignement* (pp. 39-80). Labor.
- Duraisamy, P., Van Haneghan, J., Blackwell, W., Jackson, S., Murugesan G., & Tamilselvan K.S. (2019). Classroom engagement evaluation using computer vision techniques. 10995. <https://doi.org/10.1117/12.2519266>
- Ferguson, R., & Ramsdell, R. (2011). Tripod classroom-level student perceptions as measures of teaching effectiveness. NCTE.
- Flanagan, B., & Calandra, B. (2005). Podcasting in the classroom. *Learning & Leading with Technology*, 33(3), 20-23.
- Gardner, R. (2019). Classroom interaction research: The state of the art. *Research on Language and Social Interaction*, 52(3), 212-226.
- Goksel, N., & Bozkurt, A. (2019). Artificial intelligence in education: Current insights and future perspectives. In *Handbook of Research on Learning in the Age of Transhumanism* (pp. 224-236). IGI Global.
- Gonyea, R. M. (2005). Self-reported data in institutional research: Review and recommendations. *New Directions for Institutional Research*, 2005(127), 73-89. <https://doi.org/10.1002/ir.156>
- Groen, M. (2012). NCLB-the educational accountability paradigm in historical perspective. *American Educational History Journal*, 39(1/2), 1.
- Gröschner, A., Seidel, T., Kiemer, K., & Pehmer, A. K. (2015). Through the lens of teacher professional development components: The 'Dialogic Video Cycle' as an innovative program to foster classroom dialogue. *Professional Development in Education*, 41(4), 729-756.
- Gupta, S. K., Ashwin, T. S., & Guddeti, R. M. R. (2019). Students' affective content analysis in smart classroom environment using deep learning techniques. *Multimedia Tools and Applications*, 78(18), 25321-25348.
- Hagenauer, G., & Volet, S. E. (2014). Teacher–student relationship at university: an important yet under-researched field. *Oxford Review of Education*, 40(3), 370-388.
- Hamre, B. K., Pianta, R. C., Mashburn, A. J., & Downer, J. T. (2007). Building a science of classrooms: Application of the CLASS framework in over 4,000 US early childhood and elementary classrooms. Foundation for Childhood Development.
- Hattie, J., & Yates, G. C. (2013). *Visible learning and the science of how we learn*. Routledge.
- Hernández Correa, J., Farsani, D., & Araya, R. (2020, November). An application of machine learning and image processing to automatically detect teachers' gestures. In *International Conference on Computational Collective Intelligence* (pp. 516-528). Springer.
- Hernández, M. M., Valiente, C., Eisenberg, N., Berger, R. H., Spinrad, T. L., VanSchyndel, S. K., ... & Thompson, M. S. (2017). Elementary students' effortful control and academic achievement: The mediating role of teacher–student relationship quality. *Early Childhood Research Quarterly*, 40, 98-109.

- Hinde, R. A. (1987). *Individuals, relationships and culture: Links between ethology and the social sciences*. CUP Archive.
- Holmes, W., Bialik, M., & Fadel, C. (2019). *Artificial intelligence in education: Promises and implications for teaching and learning*. Center for Curriculum Redesign.
- Hope, A. (2010). Student resistance to the surveillance curriculum. *International Studies in Sociology of Education*, 20(4), 319-334.
- Hope, A. (2022). Retooling school surveillance research: Foucault and (post) panopticism. In M. Murphy (Ed.), *Social theory and education research* (pp. 65-83). Routledge.
- Just, M. A., & Carpenter, P. A. (1980). A theory of reading: from eye fixations to comprehension. *Psychological Review*, 87(4), 329-354.
- Juvonen, J. (2006). Sense of belonging, social bonds, and school functioning. In P. A. Alexander & P. H. Winne (Eds.), *Handbook of educational psychology* (pp. 655–674). Erlbaum.
- Kilburn, D. (2014) *Methods for recording video in the classroom: producing single and multi-camera videos for research into teaching and learning*. NCRM Working Paper. NCRM.
- Kulkarni, R. (2019, April). Real time automated invigilator in classroom monitoring using computer vision. In *2<sup>nd</sup> International Conference on Advances in Science & Technology (ICAST)*.
- Lee, J. (2017). Multimodal turn allocation in ESL peer group discussions. *Social Semiotics*, 27(5), 671-692.
- Lemay, L., Lehrer, J., & Naud, M. (2017). Le CLASS pour mesurer la qualité des interactions en contextes culturels variés. *Les Dossiers des Sciences de l'Éducation*, 37, 15-34.
- Li, W., Jiang, F., & Shen, R. (2019, May). Sleep gesture detection in classroom monitor system. In *IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP)* (pp. 7640-7644). IEEE.
- Lim, J. H., Teh, E. Y., Geh, M. H., & Lim, C. H. (2017, December). Automated classroom monitoring with connected visioning system. In *2017 Asia-Pacific Signal and Information Processing Association Annual Summit and Conference (APSIPA ASC)* (pp. 386-393). IEEE.
- Liu, A., Yuan, S., Zhang, C., Luo, C., Liao, Y., Bai, K., & Xu, Z. (2020, July). Multi-level multimodal transformer network for multimodal recipe comprehension. In *Proceedings of the 43<sup>rd</sup> International ACM SIGIR Conference on Research and Development in Information Retrieval* (pp. 1781-1784).
- Main, M., Kaplan, N., & Cassidy, J. (1985). Security in infancy, childhood, and adulthood: A move to the level of representation. *Monographs of the Society for Research in Child Development*, 50(1/2), 66-104. <https://doi.org/10.2307/3333827>
- Maroy, C. (2022). Responsabilisation et autonomie des écoles. *La Revue Nouvelle*, 9(1), 43-52.
- McIntyre, N. A., Jarodzka, H., & Klassen, R. M. (2019). Capturing teacher priorities: Using real-world eye-tracking to investigate expert teacher priorities across two cultures. *Learning and Instruction*, 60, 215-224.

- Montebello, M. (2019). *The ambient intelligent classroom: Beyond the indispensable educator*. Springer.
- Ngoc Anh, B., Tung Son, N., Truong Lam, P., Le Chi, P., Huu Tuan, N., Cong Dat, N., ... & Van Dinh, T. (2019). A computer-vision based application for student behavior monitoring in classroom. *Applied Sciences*, 9(22), 4729.
- Nuthall, G. (2007). *The hidden lives of learners*. NZER Press.
- Perlman, M., Falenchuk, O., Fletcher, B., McMullen, E., Beyene, J., & Shah, P. S. (2016). A systematic review and meta-analysis of a measure of staff/child interaction quality (the classroom assessment scoring system) in early childhood education and care settings and child outcomes. *PloS one*, 11(12), e0167660.
- Petrova, A., Vaufreydaz, D., & Dessus, P. (2020, October). Group-level emotion recognition using a unimodal privacy-safe non-individual approach. In *Proceedings of the 2020 International Conference on Multimodal Interaction* (pp. 813-820).
- Pianta, R. C. (1994). Patterns of relationships between children and kindergarten teachers. *Journal of School Psychology*, 32(1), 15-31.
- Pianta, R. C. (1999). Enhancing relationships between children and teachers. American Psychological Association.
- Porter, S. R. (2011). Do college student surveys have any validity? *The Review of Higher Education*, 35(1), 45-76.
- Purwins, H., Li, B., Virtanen, T., Schlüter, J., Chang, S. Y., & Sainath, T. (2019). Deep learning for audio signal processing. *IEEE Journal of Selected Topics in Signal Processing*, 13(2), 206-219.
- Ramakrishnan, A., Zyllich, B., Ottmar, E., LoCasale-Crouch, J., & Whitehill, J. (2021). Toward automated classroom observation: multimodal machine learning to estimate class positive climate and negative climate. *IEEE Transactions on Affective Computing*, doi: 10.1109/TAFFC.2021.3059209.
- Ranchal, R., Taber-Doughty, T., Guo, Y., Bain, K., Martin, H., Robinson, J. P., & Duerstock, B. S. (2013). Using speech recognition for real-time captioning and lecture transcription in the classroom. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 6(4), 299-311.
- Rivkin, S. G., Hanushek, E. A., & Kain, J. F. (2005). Teachers, schools, and academic achievement. *Econometrica*, 73(2), 417-458.
- Roorda, D. L., Koomen, H. M., Spilt, J. L., & Oort, F. J. (2011). The influence of affective teacher–student relationships on students’ school engagement and achievement: A meta-analytic approach. *Review of Educational Research*, 81(4), 493-529.
- Rosengrant, D., Herrington, D., & O’Brien, J. (2021). Investigating student sustained attention in a guided inquiry lecture course using an eye tracker. *Educational Psychology Review*, 33(1), 11-26.
- Rothstein, R. (2008). Holding accountability to account: How scholarship and experience in other fields inform exploration of performance incentives in education. Working Paper 2008-04. National Center on Performance Incentives.

- Sacchetti, R., Teixeira, T., Barbosa, B., Neves, A. J., Soares, S. C., & Dimas, I. D. (2018). Human body posture detection in context: the case of teaching and learning environments. In *Third International Conference on Advances in Signal, Image and Video Processing* (pp. 79–84).
- Sanders, W. L. (2000). Value-added assessment from student achievement data: opportunities and hurdles. *Journal of Personnel Evaluation in Education*, 14(4), 329-339.
- Sathayanarayana, S., Kumar Satzoda, R., Carini, A., Lee, M., Salamanca, L., Reilly, J., ... & Littlewort, G. (2014). Towards automated understanding of student-tutor interactions using visual deictic gestures. In *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops* (pp. 474-481).
- Spilt, J. L., Koomen, H. M., & Thijs, J. T. (2011). Teacher wellbeing: The importance of teacher–student relationships. *Educational Psychology Review*, 23(4), 457-477.
- Streeck, J. (2013). Interaction and the living body. *Journal of Pragmatics*, 46(1), 69-90.
- Stodolsky, S. S. (1990). Classroom observation. In J. Millman & L. Darling-Hammond (Eds.), *The new handbook of teacher evaluation: Assessing elementary and secondary school teachers* (pp. 175-190). SAGE.
- Stuhlman, M. W., & Pianta, R. C. (2002). Teachers' narratives about their relationships with children: Associations with behavior in classrooms. *School Psychology Review*, 31(2), 148-163.
- Suchaut, B. (2012, Février). L'évaluation des enseignants : contexte, analyse et perspectives d'évolution. In *Conférence sur l'évaluation*, Grenoble.
- Sümer, Ö., Goldberg, P., D'Mello, S., Gerjets, P., Trautwein, U., & Kasneci, E. (2021). Multimodal engagement analysis from facial videos in the classroom. *IEEE Transactions on Affective Computing*.
- Teo, T. (Ed.). (2011). *Technology acceptance in education*. Springer Science & Business Media.
- Tourangeau, R., Rips, L. J., & Rasinski, K. (2000). *The psychology of survey response*. Cambridge University Press.
- van der Haar, D. (2020). Student emotion recognition using computer vision as an assistive technology for education. In *Information Science and Applications* (pp. 183-192). Springer.
- Wang, Z., Zhao, J., Lu, C., Yang, F., Huang, H., & Guo, Y. (2020). Learning to detect head movement in unconstrained remote gaze estimation in the wild. In *Proceedings of the IEEE/CVF Winter Conference on Applications of Computer Vision* (pp. 3443-3452).
- Whitehurst, G., Chingos, M. M., & Lindquist, K. M. (2014). Evaluating teachers with classroom observations. Brown Center on Education Policy, Brookings Institute.