



Revue Internationale de  
COMMUNICATION ET SOCIALISATION

LA RELATION ENSEIGNANT-APPRENANTS  
AU CANADA, EN FRANCE ET EN SUISSE :  
PERSPECTIVE INTERNATIONALE ET BONNES  
PRATIQUES SUR LA PROFESSION ENSEIGNANTE

DIRECTION : SÉVERINE HAÏAT ET ANNIE CHARRON

Volume 9 - Numéro double 2

2022

\*\*\*

DIRECTEUR-ÉDITEUR : JEAN-CLAUDE KALUBI

CO-DIRECTRICE-ÉDITRICE : NANCY GRANGER

©RICS - ISSN 2292-3667



# L'INSTRUMENTATION INTELLIGENTE DES SALLES DE CLASSE AU SERVICE DE L'OBSERVATION DES INTERACTIONS ENSEIGNANT-APPRENANTS\*\*

ROMAIN LAURENT, UNIVERSITÉ GRENOBLE ALPES, FRANCE<sup>1</sup>

PHILIPPE DESSUS, UNIVERSITÉ GRENOBLE ALPES, FRANCE

DOMINIQUE VAUFREYDAZ, UNIVERSITÉ GRENOBLE ALPES, FRANCE

## Résumé

La qualité de la relation entre enseignant et apprenants est un facteur-clé de l'amélioration des apprentissages. Si cette relation demeure observable par des méthodes dites classiques (auto et hétéro-rapportées), l'immixtion récente de la vision informatique dans les salles de classes est susceptible d'augmenter considérablement l'investigation de sa composante interactionnelle, dimension la plus manifeste et immédiate des relations entre apprenants et enseignants (Pianta, 1999). L'implantation de caméras alimentant des processus d'intelligence artificielle dans les salles de classe divise cependant la communauté scientifique. Entre contempteurs inquiets de la dataveillance et laudateurs enthousiasmés par les perspectives adaptatives d'un enseignant informé en temps réel de l'état, y compris caché, de ses apprenants, il nous semble possible de tracer une ligne de crête, à partir de laquelle l'impact de telles instrumentations dites computationnelles serait interrogé et négocié à l'aune du respect dû à l'intégrité de l'écologie de la salle de classe.

**Mots clés :** Relation enseignant-apprenants, observation computationnelle, écologie de la salle de classe.

---

<sup>1</sup> Adresse de contact : [romain.laurent@univ-grenoble-alpes.fr](mailto:romain.laurent@univ-grenoble-alpes.fr)

\*\*Pour citer cet article :

Laurent, R., Dessus, P. et Vaufreydaz, D. (2022). L'instrumentation intelligente des salles de classe au service de l'observation des interactions enseignant-apprenants. *Revue internationale de communication et socialisation*, 9(2), 247-258. <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.22083449.v2>

## INTRODUCTION

Si la question de l'efficacité de l'enseignement mobilise de longue date les recherches en sciences de l'éducation, la loi fédérale étatsunienne *No Child Left Behind Act* (NCLB, 2001; Groen, 2012) l'a durablement corrélée à une trajectoire occidentale de mesure de la performance (Maroy, 2022). Parmi tous les facteurs soutenant l'efficacité de l'enseignement, 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 notable (Clanet, 2012 pour une recension). D'autre part, il s'agit 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). Dès lors, 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 REA « *englobe le comportement interactif et les attributs cognitifs, affectifs et motivationnels des individus* » (p. 86) et mobilise trois composantes (développementale idiosyncrasique, rétroactive et asymétrique). 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'instruments, en nette croissance depuis NCLB, postule que la qualité de la REA est inférable depuis les mesures de valeur ajoutée des enseignants (ou *value-added measures*, ci-après 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 examen, nous présenterons un panorama récent des instrumentations computationnelles (i.e., qui exploitent les capacités de collecte et de traitement de l'informatique et de l'électronique à haute fréquence) de l'observation des interactions enseignants-apprenants, composante la plus immédiate mais volatile de la REA, avant de discuter des questions que soulève la dissémination de ces instrumentations.

### 1. DE L'IMPORTANCE DE LA REA ET DES DIFFICULTES DE SON OBSERVATION

#### LA RELATION ENSEIGNANT-APPRENANT

Selon Pianta (1999), les REA revêtent trois dimensions formant système. La première, dite *idiosyncrasique*, est relative aux caractéristiques des individus impliqués. Intimement liée à leur histoire développementale, 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 (Main et al., 1985). La deuxième, dite *interactionnelle*, se révèle dans les processus d'échange d'informations entre les individus. Ces processus sont directement 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 mutuelles, 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 appelons cette deuxième composante des REA « interactions enseignant-apprenants », ci-après IEA. Elles opèrent au quotidien, dans le microsystème de la classe (Bronfenbrenner et Morris, 2007).

Enfin, les REA constituent un système *asymétrique*, fonction de l'écart entre les rôles et la responsabilité disproportionnée de l'enseignant s'agissant de la qualité de cette relation. Ce système asymétrique 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, mais au prix d'investigations des niveaux supérieurs (meso-, exo- et macrosystèmes de Bronfenbrenner et Morris, 2007), donc en dehors de la classe.

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.

Après Pianta (1999), de très nombreuses études (Juvonen, 2006) ont toutes 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) 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 (Hernández et al., 2017, pour le primaire; Allen, 2013 pour le secondaire; Hagenauer et 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 pour toutes les parties en présence, elle nécessite d'être objectivée, c'est-à-dire observée, mesurée, décrite et analysée à des fins de compréhension et d'amélioration. Ces investigations peuvent être conduites selon trois méthodes concourantes.

## DE L'OBSERVATION DE LA QUALITE 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 ses partisans (Sanders, 2000) affirment qu'elles fournissent un moyen objectif de déterminer quels enseignants réussissent à améliorer l'apprentissage des élèves, systématiquement mesuré par les gains obtenus grâce à des tests standardisés. Pour autant, l'étude de Rivkin et al. (2005) a montré que, 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). Une deuxième catégorie d'instruments, ciblant plus directement l'observation et 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 et Ramsdell, 2011) pour les apprenants ou l'enquête OCDE-*Teaching and Learning International Survey* (TALIS) pour les enseignants et chefs d'établissement (Ainley et Carstens, 2018). La méthode d'entretien autorise quant à elle avantageusement une adaptation fine au contexte structurel et l'élicitation de composants antérieurs à la REA (i.e., 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 ne s'exonère pas de biais, tel celui de désirabilité sociale dans les entretiens (Tourangeau, Rips et Rasinski, 2000) ou l'effet de halo dans les questionnaires (i.e., contamination des réponses à une question par les réponses aux autres questions, voir Cannon et Cipriani, 2022). Gonyea (2005) recommande du reste de trianguler autant que possible cette source de donnée. Plus globalement, il leur est reproché leurs limites psychométriques, y compris chez les apprenants universitaires. Porter (2011, p. 2) 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* ».

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. L'observation *in situ* semble idéale pour mesurer la quantité et la qualité des IEA, mais est peu en mesure d'avoir connaissance des antécédents 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 certains sont très éprouvés. Hamre, Pianta, Mashburn et Downer (2007) ont par exemple construit un cadre d'observation de la quantité et la qualité des interactions en classe (CLASS pour *Classroom Assessment Scoring System*) 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 (voir Lemay et al., 2017 pour une recension).

Cette méthode rencontre quatre limites. Outre que toute observation d'une salle de classe est réputée susceptible d'en modifier les comportements (Stodolsky, 1990), son coût humain est important, puisqu'elle exige un observateur expert. En raison de sa rareté, cet observateur dispose d'un temps d'observation limité (en général une heure pour une inspection tutélaire, 4 tranches de 20 minutes pour une observation CLASS). Cette observation est enfin assujettie aux limites de la cognition du scrutateur (perception des vecteurs-signaux d'IEA, attention) de surcroît dans un environnement multi-dimensionnel et simultané (Doyle, 2011). Cette *sporadicité* de l'observation, à la fois en termes qualitatif que quantitatif compromet une mesure longitudinale des IEA, qui pourrait permettre de mieux comprendre leur 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, p. 76) estimait pourtant « *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* ». La collection de ces cas isolés plutôt que de modèles de comportements semble un des risques importants de ce que nous qualifierons d'observation sporadique, *a contrario* de la possibilité d'une observation longitudinale qui ouvrirait la possibilité d'une « *observation des comportements interactifs et de la façon dont ils se répètent au fil du temps, des situations et des contextes [...], essentielle pour comprendre une relation* » (ibid.).

Nous proposons ici une approche différente, dite granulaire. Nous postulons d'une part que la composante interactionnelle (IEA) des REA est la plus facilement accessible aux chercheurs, et d'autre part que sa qualité est susceptible de se mesurer dans sa quantité d'occurrences (y compris croisées entre elles) de ces vecteurs observables, parmi lesquels les signaux verbaux (linguistiques et prosodiques) et non-verbaux, par exemple les mouvements, gestes, hochements ou rotations de tête, les expressions faciales, les regards, la déictique, les inspirations audibles, les positions, les postures et les affects (Gardner, 2019; Lee, 2017; Pianta, 1999; Streeck, 2013). Si ces vecteurs sont perceptibles par les humains, leur abondance et leur simultanéité

obèrent leur auto- et hétéro-rapport, mais ne présentent pas de difficulté à une instrumentation computationnelle. Nous proposons ainsi 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), 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.

## 2. DES INSTRUMENTATIONS COMPUTATIONNELLES DE L'OBSERVATION DES IEA

### Les variables observables

Nos variables observables sont tous les vecteurs-sigaux d'interactions entrevus précédemment. Ces variables peuvent être de nature comportementale comme socio-émotionnelle. Elles sont 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 fréquence d'échantillonnage largement supérieure à l'humain. Leur utilisation dans les salles de classe s'est banalisée à des fins de simple captation audio (Flanagan et Calandra, 2005) ou vidéo (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 lunettes) permet d'enregistrer les mouvements oculaires du porteur (saccades, poursuites, fixations) et renseigne la direction de son regard dans la scène de classe, intermédiaire de son attention ainsi que de ses processus mentaux (hypothèse œil-esprit de Just et Carpenter, 1980). Les suivis de regards sont désormais investigués aussi bien pour les apprenants (Rosengrant et al., 2021) que pour les enseignants (Beach et 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 (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. Dans leur grande majorité, les systèmes d'apprentissage machine sont orientés vers une tâche spécifique : faire des prédictions, autrement reconnaître des actions ou des objets/sujets (Dick, 2019). Ces systèmes sont désormais couramment utilisés pour la vision informatique, le traitement automatique du langage naturel, etc., pour lesquels ils sont parvenus à un niveau comparable aux humains (Goksel et Bozkurt, 2019). L'apprentissage profond est quant à lui une sous-branche de l'apprentissage machine qui renforce encore sa capacité d'apprentissage (et donc son acuité de prédiction), à condition qu'il dispose d'un *corpus* de données conséquent. Si l'utilisation de l'IA en classe est large (apprentissage adaptatif, systèmes de tutorat intelligents,

etc., voir Holmes et al., 2020), nous nous intéresserons ici à son usage pour l'objectivation de l'IEA, à savoir la reconnaissance automatique, par la vision informatique, de caractéristiques de nos vecteurs d'interactions.

S'agissant des vecteurs d'interactions propre à l'IEA précédemment cités, l'IA est aujourd'hui en mesure de reconnaître avec un risque d'erreur acceptable et dépendant des conditions de capture l'intégralité des vecteurs-signaux d'interactions, au premier rang desquels l'orientation de la tête (médiateur du regard et de l'attention, 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). Les expressions faciales (médiateur des affects, cf. 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 (Canedo et al., 2018), ou encore leur fatigue (Li et al., 2019), 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 aider à l'interprétation de construits de plus haut niveau, c'est-à-dire multidimensionnels, requérant l'agrégation et la compilation de données multimodales, comme 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 (Montebello, 2019). La puissance de telles instrumentations doit en retour nous interroger sur leur pertinence comme de leur influence possible sur la REA qu'elles sont supposées objectiver de façon neutre.

### 3. DISCUSSION

La dissémination des instrumentations computationnelles dans les salles de classe dessine globalement trois camps. Le premier, que l'on pourrait qualifier de solutionniste, estime que l'analyse en temps réels des vecteurs d'IEA et leur restitution immédiate à l'enseignant lui permettrait d'adapter son enseignement (et les interactions qui le constituent) au plus près des besoins et contraintes de ses apprenants. Ce camp est par exemple représenté par Montebello (2019) ou Koul et Nayar (2021), qui ne voient que des avantages à ces « salles de classe 4.0 », ambiantes, intelligentes et adaptatives à la cognition étudiante, nonobstant l'exemple controversé de système intelligent de gestion du comportement en classe de l'école chinoise n° 11 à Hangzhou (Zhao, 2021). Cette position solutionniste commence à être investiguée par la recherche. Ainsi, Zhan et al. (2021) et Yu et al. (2022) établissent que les salles de classes intelligentes améliorent les IEA.

Le deuxième, que l'on pourrait qualifier de contradictoire, avance que l'immixtion de telles instrumentations corrompt l'écologie de la salle de classe et compromet *de facto* la qualité des REA, tout en appauvrissant la latitude enseignante, par exemple en valorisant les *praxis* mesurables *via* l'instrumentation au détriment des autres (cf. Pangrazio et al., 2022; Raible et Irizarry, 2022). Il réfère souvent au soupçon de surveillance des apprenants (Ghimire et Rana, 2022; Hope, 2022) et à ses effets délétères sur leur engagement véritable (Lu, 2022) comme sur les IEA (Pannell, 2022). Williamson et al. (2020) avancent également que les mesures opérées sur les processus d'enseignement-apprentissage « *ne se contentent pas de refléter ce qu'elles sont censées mesurer, mais se transforment activement en actions susceptibles de changer ce qui a été mesuré en premier lieu* » (id., p. 353). Ce camp n'apporte cependant pas de réelles expérimentations en salle de classe en vis-à-vis de ses intuitions dérivées de cadres théoriques issus de la sociologie (cf. Beer, 2016).

Le troisième camp, que l'on pourrait qualifier de métacognitif, suppose que ces instrumentations favoriseraient *in fine* la REA, dans la mesure où elles permettent d'objectiver la dimension interactionnelle de la REA, de la comprendre et l'analyser plus finement que son explicitation *ex post* par entretien. En offrant aux enseignants et aux apprenants des rétroactions différées fondées sur des données objectives, elles ouvriraient un cercle vertueux et éthique de compréhension et d'amélioration de la REA *via* une objectivation et une pratique réflexive partagée entre enseignant et apprenant autour des IEA. Ce dernier camp est cependant conscient que ses instrumentations sont *aussi* susceptibles d'influencer l'écologie de la salle de classe (les interactions des participants dans et avec l'espace instrumenté à leur disposition) et donc la REA qu'elles sont justement chargées d'objectiver. Ce camp, tout en souhaitant interroger cette tension écologique, postule enfin qu'il est aussi possible de prendre des mesures strictes de précaution afin de protéger autant que possible l'écologie de la salle de classe et la REA qu'elle abrite (Luckin et al., 2022). Ces mesures de sauvegarde sont selon nous de trois ordres : avant, pendant, après. *Avant* l'implémentation des instrumentations computationnelles, de sorte qu'elles soient librement acceptées par les participants, si non intrusives et non surveillantes. Cela implique que *pendant* l'IEA, aucune rétroaction immédiate ne soit communiquée à l'enseignant quant au comportement en temps réel de ses apprenants (Laurent et al., 2021). *Après*, que cette rétroaction différée et ses enjeux soient le moins sujets à spéculation de la part des participants, autrement dit qu'ils soient discutés, négociés et consentis par tous les protagonistes.

#### 4. CONCLUSION

Des lors que la REA est significativement corrélée au bien-être et à la réussite apprenante, elle mérite d'être investiguée. L'immixtion d'instrumentation computationnelle dans les salles de classes apparaît comme une prolongation de l'observation hétéro-rapportée, augmentée de techniques d'intelligence artificielle susceptibles d'échantillonner de façon granulaire et longitudinale la composante interactionnelle (IEA) de la REA, répondant ainsi au vœu de Pianta (1999). La dissémination de ces instrumentations interroge toutefois les praticiens comme les chercheurs. Ces dernières apparaissent par leur puissance panoptique en mesure de bousculer l'écologie de la salle de classe et les IEA qu'elle abrite. Notre démarche à suivre propose d'explorer une ligne de crête écologique et d'évaluer selon le cadre éprouvé de la prédiction comportementale (cf. Ajzen, 2020; Cheng, 2019) l'impact des instrumentations computationnelles et de leurs objectifs explicites (i.e., l'amélioration des IEA) ou présumés (i.e., la surveillance des enseignants et étudiants) vis-à-vis des comportements interactionnels des enseignants et apprenants observés.

## 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., ... et 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., et Carstens, R. (2018). Teaching and learning international survey (TALIS) 2018 conceptual framework.
- Ajzen, I. (2020). The theory of planned behavior: Frequently asked questions. *Human Behavior and Emerging Technologies*, 2(4), 314-324.
- Allen, J., Gregory, A., Mikami, A., Lun, J., Hamre, B., et 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., et Pianta, R. C. (2020). Teacher-student relationships across the first seven years of education and adolescent outcomes. *Journal of Applied Developmental Psychology*, 71, 101200.
- Beach, P., et McConnel, J. (2019). Eye tracking methodology for studying teacher learning: A review of the research. *International Journal of Research et Method in Education*, 42(5), 485-501.
- Beer, D. (2016). Metric power. London: Palgrave Macmillan.
- Bosch, N., Mills, C., Wammes, J. D., et Smilek, D. (2018, June). Quantifying classroom instructor dynamics with computer vision. In *Proc. Int. Conf. on Artificial Intelligence in Education* (pp. 30-42). Springer.
- Bronfenbrenner, U., et Morris, P. A. (2007). The bioecological model of human development. *Handbook of child psychology* (Vol. 1). Wiley.
- Canedo, D., Trifan, A., et 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., et Cipriani, G. P. (2022). Quantifying halo effects in students' evaluation of teaching. *Assessment et Evaluation in Higher Education*, 47(1), 1-14.
- Cheng, E. W. (2019). Choosing between the theory of planned behavior (TPB) and the technology acceptance model (TAM). *Educational Technology Research and Development*, 67(1), 21-37.
- Clanet, J. (2012). L'efficacité enseignante, quelle modélisation pour servir cette ambition ? *Questions Vives*, 6(18), 15-37.

- Dessus, P., Cosnefroy, O., et 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>
- Doyle, W. (2011). Ecological approaches to classroom management. In C. M. Evertson et 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., et Tamilselvan K.S. (2019). Classroom engagement evaluation using computer vision techniques. *Proc. SPIE Defense*, vol. 10995. <https://doi.org/10.1117/12.2519266>
- Ferguson, R., et Ramsdell, R. (2011). Tripod classroom-level student perceptions as measures of teaching effectiveness. NCTE.
- Flanagan, B., et Calandra, B. (2005). Podcasting in the classroom. *Learning et 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.
- Ghimire, S. N., et Rana, K. (2022). CCTV in schools: An examination of perceived value of surveillance. *Journal of Education for Students Placed at Risk*, 1-29.
- Goksel, N., et 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., et 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., et 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., et 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., et 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.

- Hernández Correa, J., Farsani, D., et Araya, R. (2020, November). An application of machine learning and image processing to automatically detect teachers' gestures. In *Int. Conf. on Computational Collective Intelligence* (pp. 516-528). Springer.
- Hernández, M. M., Valiente, C., Eisenberg, N., Berger, R. H., Spinrad, T. L., VanSchyndel, S. K., ... et 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., et Fadel, C. (2019). *Artificial intelligence in education: Promises and implications for teaching and learning*. Center for Curriculum Redesign.
- 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., et 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 et 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.
- Koul, S., et Nayar, B. (2021). The holistic learning educational ecosystem: A classroom 4.0 perspective. *Higher Education Quarterly, 75*(1), 98-112.
- 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 et Technology (ICAST)*.
- Laurent, R., Dessus, P., et Vaufreydaz, D. (2021). Apprendre en toute éthique dans les salles de classe intelligentes. Que dit la recherche? Réseau CANOPE.
- Lee, J. (2017). Multimodal turn allocation in ESL peer group discussions. *Social Semiotics, 27*(5), 671-692.
- Lemay, L., Lehrer, J., et 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., et 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., et 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., et Xu, Z. (2020, July). Multi-level multimodal transformer network for multimodal recipe comprehension. In *Proc. of the 43<sup>rd</sup> Int. ACM SIGIR Conf. on Research and Development in Information Retrieval* (pp. 1781-1784).
- Lu, A. J. (2022). Toward everyday negotiation and resistance under data-driven surveillance. *Interactions, 29*(2), 34-38.

- Luckin, R., George, K., et Cukurova, M. (2022). *AI for School Teachers*. CRC Press.
- Main, M., Kaplan, N., et 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., et 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., ... et Van Dinh, T. (2019). A computer-vision based application for student behavior monitoring in classroom. *Applied Sciences*, 9(22), 4729.
- Pangrazio, L., Stornaiuolo, A., Nichols, T. P., Garcia, A., et Philip, T. M. (2022). Datafication meets platformization: Materializing data processes in teaching and learning. *Harvard Educational Review*, 92(2), 257-283.
- Pannell, J. L. (2022). "I Ain't Even Gonna Cap to It": Ethnography-as-Surveillance and Dark Sousveillance in the Classroom. *Journal of Linguistic Anthropology*. <https://doi.org/10.1111/jola.12358>
- Petrova, A., Vaufreydaz, D., et Dessus, P. (2020, October). Group-level emotion recognition using a unimodal privacy-safe non-individual approach. In *Proc. 2020 Int. Conf. on Multimodal Interaction* (pp. 813-820).
- 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., et Sainath, T. (2019). Deep learning for audio signal processing. *IEEE Journal of Selected Topics in Signal Processing*, 13(2), 206-219.
- Raible, J., et Irizarry, J. G. (2022). Redirecting the teacher's gaze: Teacher education, youth surveillance, and the school-to-prison pipeline. In *System Failure* (pp. 81-99). Routledge.
- Ramakrishnan, A., Zyllich, B., Ottmar, E., LoCasale-Crouch, J., et 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., et 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., et Kain, J. F. (2005). Teachers, schools, and academic achievement. *Econometrica*, 73(2), 417-458.
- Roorda, D. L., Koomen, H. M., Spilt, J. L., et 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., et 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.

- Sacchetti, R., Teixeira, T., Barbosa, B., Neves, A. J., Soares, S. C., et 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., ... et 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., et 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 et L. Darling-Hammond (Eds.), *The new handbook of teacher evaluation: Assessing elementary and secondary school teachers* (pp. 175-190). SAGE.
- Sümer, Ö., Goldberg, P., D’Mello, S., Gerjets, P., Trautwein, U., et Kasneci, E. (2021). Multimodal engagement analysis from facial videos in the classroom. *IEEE Transactions on Affective Computing*.
- Tourangeau, R., Rips, L. J., et 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., et 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).
- Williamson, B., Bayne, S., et Shay, S. (2020). The datafication of teaching in Higher Education: critical issues and perspectives. *Teaching in Higher Education*, 25(4), 351-365.
- Yu, H., Shi, G., Li, J., et Yang, J. (2022). Analyzing the Differences of Interaction and Engagement in a Smart Classroom and a Traditional Classroom. *Sustainability*, 14(13), 8184.
- Zhan, Z., Wu, Q., Lin, Z., et Cai, J. (2021). Smart classroom environments affect teacher-student interaction: Evidence from a behavioural sequence analysis. *Australasian Journal of Educational Technology*, 37(2), 96-109.
- Zhao, S. (2021, October). Facial Recognition in Educational Context. In *2021 International Conference on Public Relations and Social Sciences (ICPRSS 2021)* (pp. 10-17). Atlantis Press.