



HAL
open science

Quelles actions d'élèves (de l'enseignant) déclenchent quelles actions de l'enseignant (d'élèves)? Analyse statistique des régularités des événements scolaires

Philippe Dessus, Eric Allègre

► To cite this version:

Philippe Dessus, Eric Allègre. Quelles actions d'élèves (de l'enseignant) déclenchent quelles actions de l'enseignant (d'élèves)? Analyse statistique des régularités des événements scolaires. 5e Congrès de l'AECSE, CNAM, Aug 2004, Paris, France. hal-01728843

HAL Id: hal-01728843

<https://hal.science/hal-01728843>

Submitted on 12 Mar 2018

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

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

Philippe Dessus¹ & Éric Allègre²

¹ Laboratoire des sciences de l'éducation & IUFM, Grenoble

Philippe.Dessus@upmf-grenoble.fr

² GPE-CREFI, Sciences de l'éducation, Université de Toulouse-Le-Mirail

eallegre2@wanadoo.fr

**Quelles actions d'élèves (de l'enseignant) déclenchent
quelles actions de l'enseignant (d'élèves) ?
Analyse statistique des régularités des événements scolaires¹**

Introduction

Enseigner dans un environnement dynamique

Un enseignant réalise de nombreuses décisions et actions qui sont mises en œuvre et contraintes dans et par un contexte particulier, à la fois complexe et changeant : la classe. De nombreux travaux ont souligné ces deux caractéristiques ; parmi eux, Doyle (1986) mentionne les caractéristiques générales d'un environnement scolaire : *multidimensionnalité*, *simultanéité*, *immédiateté* et *imprédictibilité* des événements qui s'y déroulent. Nous envisagerons la multidimensionnalité comme la complexité des relations entre les variables d'une situation scolaire. En effet, les variables sont à la fois nombreuses et interreliées, c'est-à-dire qu'un changement d'une variable entraîne le changement d'autres. Nous pouvons regrouper les quatre caractéristiques précédentes sous une plus générale : *le caractère dynamique* des situations de classe, c'est-à-dire leur propension à évoluer en partie sans l'intervention de son principal superviseur, l'enseignant.

L'idée qu'enseigner partage certaines caractéristiques avec l'activité de supervision d'environnements dynamiques a déjà été avancée (Durand, 1996 ; Rogalski, 2003). Un environnement dynamique (non statique) est un environnement qui évolue partiellement sans l'intervention de son superviseur (*i.e.*, de la personne qui est en charge de conserver certaines variables critiques de cet environnement dans des marges acceptables). De plus, dans un environnement dynamique, de multiples variables interagissent, dans une forte dynamique temporelle (de Keyser, 1988). Les objectifs du superviseur sont souvent peu définis et parfois conflictuels, les données récupérées de l'environnement sont incomplètes et, enfin, les risques associés à un dysfonctionnement peuvent être élevés.

Les caractéristiques d'un environnement dynamique se distribuent, selon Hoc (1996, voir aussi Samurçay & Hoc, 1988) selon trois grandes dimensions :

- *proximité du contrôle des variables cruciales* : nature directe (ou indirecte) des effets des actions du superviseur sur l'environnement qu'il supervise (plutôt indirecte dans les situations d'enseignement).
- *accessibilité aux variables cruciales* : manière (directe ou indirecte) avec laquelle le superviseur accède aux variables cruciales (peut être direct pour certaines variables)
- *opposition entre processus continus et discontinus* : nature de l'évolution des processus dans le temps (continus *versus* discrets), en œuvre dans l'environnement supervisé, étant donné que les deux processus existent dans l'enseignement.

Ainsi, on peut dire qu'un enseignant supervise son environnement de classe à partir du moment où il s'assure que certaines variables visibles (travail des élèves, comportement, etc.) restent dans des marges compatibles avec ce qu'il en attend (Shavelson & Stern, 1981).

¹ Cet article reprend certains éléments de Allègre et Dessus (2003), Dessus, Allègre et Maurice (à paraître).

L'observation de l'enseignement

Rendre compte d'une situation d'enseignement en respectant cette caractéristique impose d'avoir un moyen d'observation, de traitement et de représentation des données approprié. Il est important de noter que, à notre connaissance, il n'existe guère de méthode d'observation de situations scolaires qui prenne véritablement en compte cette caractéristique. Ainsi, la plupart des méthodes d'observation et d'analyse de situations scolaires (*e.g.*, la grille de Flanders, 1976) considère implicitement que ces dernières sont statiques plutôt que dynamiques, c'est-à-dire que l'action d'un protagoniste dépend exclusivement de l'action qui la précède.

Nous soutenons donc, la nécessité d'adopter une nouvelle manière d'envisager les liens entre différentes actions, non plus deux à deux, mais au sein d'un contexte plus large, *l'épisode*. Nous définissons l'épisode comme le plus petit ensemble d'événements concourant à remplir un objectif d'enseignement, et *l'événement* comme tout comportement d'un protagoniste (enseignant, élève) cohérent dans un intervalle de temps donné (Tambe & Rosenbloom, 1996). Nous avons pour cela ré-analysé les données d'une précédente étude (Maurice & Allègre, 2002) qui rendait compte des caractéristiques temporelles de l'activité des enseignants, récupérées *in vivo*, afin de repérer certaines régularités, invariances temporelles, du comportement de l'enseignant et des élèves dans une classe. Dans la ré-analyse présentée ici, nous nous intéressons, non plus aux régularités temporelles, mais aux régularités des actions des protagonistes (nommées événements) au sein des épisodes. Aucune hypothèse n'est faite sur la manière dont les informations tirées d'observations du contexte scolaire seront organisées, mais cette méthode est conçue pour faire ressortir certaines régularités (*patterns*) après analyse d'un grand ensemble de données.

Analyse de l'activité de l'enseignant avec LSA

Présentation de l'analyse de la sémantique latente : LSA

L'analyse de la sémantique latente (désormais LSA pour *Latent Semantic Analysis*) est une méthode d'analyse statistique de grands corpus textuels, initialement conçue à des fins de recherche documentaire (Landauer & Dumais, 1997 ; Lemaire & Dessus, 2003). Elle est depuis devenue un modèle cognitif plausible de la représentation, de l'induction et de la construction de connaissances à partir de corpus textuels. Par exemple, le mot *avion* va apparaître souvent conjointement à des mots comme *décoller*, *aéroport* et très peu fréquemment à des mots comme *dinosaure*. Cependant, cette information statistique sur le contexte d'un mot n'est pas suffisante pour en définir le sens, puisqu'elle ne dit rien quant aux liens sémantiques avec tous les autres mots n'apparaissant jamais conjointement à ce mot: les informations de cooccurrence propres à chaque mot doivent être croisées. En d'autres termes, LSA repose sur la définition suivante: deux mots sont similaires s'ils apparaissent dans des contextes similaires. Deux contextes sont similaires s'ils comportent des mots similaires. Les vecteurs des différents mots du corpus sont projetés dans un espace d'environ 300 dimensions (axes), constitué à partir d'une réduction de la matrice mots/contextes initiale par une décomposition aux valeurs singulières. Dans le domaine qui nous concerne ici, les mots seront des événements de classe et les paragraphes les épisodes dans lesquels ces mots apparaissent. Les comparaisons interépisodes et interévénements sont simplement réalisées en en calculant le cosinus des vecteurs représentant deux épisodes ou deux événements : des épisodes ou événements similaires auront une valeur de proximité égale à 1, des épisodes indépendants une proximité de 0, des épisodes opposés une valeur théorique de -1.

Comment reconnaître les *patterns* d'un environnement dynamique ? Un des problèmes majeurs liés au traitement de données issues d'environnements dynamiques est que les

données à traiter peuvent être soumises à du bruit, être incomplètes et, de plus, être codées sous une forme difficile à traiter par des procédures automatisées : les données peuvent être à un niveau trop bas et en trop grande quantité pour être aisément traitées. Ces *patterns* peuvent être la trace de stratégies ou tactiques employées par les sujets. Schématiquement, deux approches s'opposent pour cette mise au jour de stratégies : réaliser un recodage des données à un niveau plus élevé (e.g., Hoc & Amalberti, 1999), ou bien utiliser les données telles quelles, en restreignant leur espace de représentation, ce qui a pour conséquence de faire apparaître des liens entre données. C'est cette dernière approche qu'ont choisi Devaney et Ram (1997) puis Quesada, Kintsch & Gomez (2001, 2002) qui consiste à ré-analyser avec LSA les nombreuses données provenant de l'activité de sujets dans un simulateur d'environnement dynamique, *Firechief*.

Description de l'étude princeps

Nous avons ré-analysé les données issues d'une précédente étude (Maurice & Allègre, 2002). Cette étude a consisté en l'observation et l'analyse de 260 séances dans sept classes de cycle 3 du primaire, durant deux années (voir un extrait dans le Tableau I). Notons que l'observateur des séances saisit en direct, sur ordinateur, les différents événements par l'appui d'une seule touche, à l'aide d'un logiciel de traitement de textes avec macrocommandes : *Look-Cum* (Allègre & Dessus, 2003). Les principaux résultats ont été les suivants. Un même enseignant laisse toujours la même proportion de temps à ses élèves pour chercher une solution à une situation-problème, quelle que soit la discipline (mathématiques, français ou histoire-géographie-sciences) et quelle que soit la durée du problème (de 4 min 30 à 64 min). En revanche, cette proportion est différente selon les enseignants. Le choix de ré-analyser ces données, plutôt que de nous en constituer un nouveau corpus a été guidé par les constatations suivantes : — ces données sont recueillies à un niveau de grain assez fin ; — les événements observés ont été classés dans des catégories suffisamment précises et néanmoins peu nombreuses ; — de nombreuses observations ont été recueillies, à propos du même contenu, la résolution de problèmes en mathématiques, avec le même enseignant et la même méthode d'enseignement (des situations-problèmes). Nous avons récupéré de cette première étude une quarantaine de séances faites par le même enseignant, structurées en trois épisodes précédemment cités : Énoncé, Recherche, Correction.

Avant de passer à la présentation de notre étude, il nous faut préciser comment est déterminé, via l'observation, l'élément le plus important : l'épisode. C'est l'observateur (le même pour toutes les observations), posté au fond de la classe devant un ordinateur, utilisant un logiciel dans lequel il saisit des codes prédéfinis correspondant à des événements de classe, qui segmente lui-même les différents ensembles d'événements en différents épisodes. Afin d'augmenter la validité écologique de l'observation, il n'intervient en aucune manière dans le déroulement de l'activité de l'enseignant ou des élèves, ni en ce qui concerne le choix des contenus. Pour les mêmes raisons, l'enseignant n'est pas informé de l'objet sur lequel porte l'observation. C'est donc l'observateur qui va réaliser deux tâches importantes, requérant des prises de décision : le découpage en épisodes et la dénomination d'un événement. *Le découpage en épisodes* nécessite de prendre une décision quant à la continuité des événements (liés à l'enseignant ou aux élèves). En effet, si l'on imagine une séance de mathématiques, dans laquelle les élèves vont passer à un épisode Recherche, c'est bien à l'observateur de décider à quels moments précis cet épisode va débiter et finir. L'événement déclencheur de cet appui de touche requiert bien une réponse à la question suivante : « quand commencent-ils à chercher ? » Et les réponses peuvent être multiples : Quand ils ont fini de lire ; quand ils ont découpé et collé l'énoncé ; quand l'enseignant a interrogé tel ou tel élève ; quand un silence s'installe ; quand l'enseignant commence à passer dans les rangs, etc. *La dénomination d'un événement*, à notre avis, est facilitée si on la compare à celle des grilles d'observation

classiques, où des indices très subjectifs sont évalués (« accepte les sentiments », « louanges ou encouragements », etc.). Toutefois, certaines distinctions entre événements sont à faire par l'observateur : par exemple, lorsque l'enseignant énonce une consigne d'exercice ou bien lorsqu'il pose une question à toute la classe.

Tableau I : Un extrait du corpus traité par LSA (colonne de droite) et son équivalent-source relevé au moyen de *Look-Cum* (colonne de gauche).

Description de la séance	
<i>Séance</i> : Aucun élève absent, effectif 22, CM1, math, enseignant A, 5/10/2001. Séance n°28 épisode 82.	
<i>Nom de la séance</i> : « Les tables de Pythagore » (ERMEL), renommée « Les carrés magiques » par l'enseignant.	
<i>Objectif</i> : « le but est de repérer des régularités [...] de prendre conscience qu'un nombre peut appartenir à plusieurs tables [...] » (ERMEL, CM1, p. 163).	
<i>Commentaire</i> : Les manifestations sonores et l'agitation diminuent ainsi que les « levers de doigts ».	
Relevé saisi en direct par l'observateur	Codage pour le traitement par LSA
ENONCE tde :=48 305	ENONCE
Distrib (48 305) Fin distrib (48 335)	distribution_document
Remarque : Doc. à découper par trois (48 342)	enonce_consigne
Remarque : Observez les cases remplies (48 394) [...]	
deb_el[2,1]:=48 455 fin_el[2,1]:=48 459	question_d_eleve[2]
deb_el[18,1]:=48 468 fin_el[18,1]:=48 470	question_d_eleve[18]
deb_el[17,1]:=48 470 fin_el[17,1]:=48 472	question_d_eleve[17]
deb_el[21,1]:=48 472 fin_el[21,1]:=48 477	question_d_eleve[21]
deb_el[21,2]:=48 497 fin_el[21,2]:=48 508	question_d_eleve[21]
deb_el[19,1]:=48 508 fin_el[19,1]:=48 513	question_d_eleve[19]
deb_el[16,1]:=48 513 fin_el[16,1]:=48 515	question_d_eleve[16]
Remarque : Qu'est-ce qu'on en dit (48520)	question_collective
deb_el[16,2]:=48 522 fin_el[16,2]:=48 531	question_d_eleve[16]
deb_el[2,2]:=48 531 fin_el[2,2]:=48 543	question_d_eleve[2]
deb_el[23,1]:=48 546 fin_el[23,1]:=48 558	enonce_consigne
deb_el[12,1]:=48 558 fin_el[12,1]:=48 565	question_d_eleve[12]
deb_el[23,2]:=48 565 Remarque : reconstruisez la table de Pythagore (48 573)	enonce_consigne
Remarque : Réussi si... (48 589) fin_el[23,2]:=48 598	
deb_el[9,1]:=48 598 fin_el[9,1]:=48 600	question_d_eleve[9]
deb_el[2,3]:=48 600 fin_el[2,3]:=48 621	question_d_eleve[2]
[...]	[...]

Légende : deb_el[2,3] :=48 600 signifie que la 3^e intervention de l'élève 2 a été observée au repère 48 600 s, soit 295 s après le début de l'épisode observé (48 600 – 48 305). L'« élève » 23 est l'enseignant, ainsi, ses interventions sont codées différemment de celles des élèves.

Problématique et hypothèses

Notre travail (Dessus, Allègre & Maurice, à paraître) part de l'idée que l'enseignant et les élèves, dans une classe, effectuent des unités d'action, des « coups », dans un contexte précis (*i.e.*, un épisode de la résolution d'un problème de mathématiques). Le postulat que nous faisons est qu'il est possible d'analyser, avec LSA, les cooccurrences de ces « coups » suivant les différents contextes dans lesquels ils surviennent et que LSA sera capable de rendre compte de la signification de chaque « coup », en fonction, d'une part, de son insertion dans tel ou tel épisode et, d'autre part, de ses voisins au sein de l'épisode. L'analogie avec le sens des mots au sein de paragraphes est claire : on peut rendre compte du sens d'un mot en fonction du paragraphe dans lequel il est inséré, des voisinages qu'il entretient au sein de chaque paragraphe, et enfin de ses voisinages d'ordre supérieur (*i.e.*, des mots voisins de voisins, etc.). LSA va nous permettre de repérer des *patterns* à deux niveaux.

Au niveau des épisodes. LSA permet de comparer directement la proximité de deux épisodes. Nous pourrions ainsi répondre aux questions suivantes : qu'est-ce qui rend deux épisodes proches ? Le fait qu'ils soient dans la même séance ? Qu'ils soient à propos du même objet de l'épisode : Énoncé, Recherche, ou Correction ? Nous faisons l'hypothèse que les épisodes ayant un même objet seront plus proches entre eux que les épisodes ayant un autre objet, cette discrimination se faisant uniquement à partir des « coups » qui les composent. Pour vérifier cette hypothèse, nous comparerons systématiquement chaque épisode avec tous les autres, et vérifions si, au-delà d'un certain seuil (correspondant à la moyenne des proximités interépisodes augmentée d'un écart type), les épisodes les plus proches sont bien de même objet.

Au niveau des événements. Nous pourrions déterminer si des événements sont d'autant plus proches (toujours au-dessus d'un seuil fixé comme précédemment) qu'ils apparaissent dans le même épisode, ou bien dans des épisodes différents, mais d'objet similaire. Par exemple, existe-t-il un (ou des) événement(s) dont la moyenne de proximité avec les autres événements est plus grande que les autres ? Ainsi, on pourra montrer que certains événements, à première vue semblables, sont évalués comme dissemblables, parce qu'ils sont présents dans des épisodes différents. Plus précisément, nous faisons l'hypothèse que nous pourrions construire une carte des événements qui prenne en compte leur réalisation dans les séances observées.

Codage et traitement des données

Initialement prévues pour rendre compte de l'utilisation du temps dans la classe, les données recueillies par Maurice et Allègre (2002) ont été recodées (*voir le Tableau I*), tout en respectant les ruptures des différents épisodes observés. Les valeurs liées à la temporalité ont été supprimées. En revanche, s'il a été jugé utile de conserver les événements liés aux élèves, et de ne pas se centrer uniquement sur l'enseignant, ces données individuelles ne sont pas prises en compte par LSA : `visite_eleve[1]` et `visite_eleve[2]` sont strictement équivalents. Nous avons donc récupéré la description 41 leçons de mathématiques d'un même enseignant, dans une même classe. Ce corpus comprend environ 2 300 événements, réalisés au sein de 123 épisodes. Il a été traité par LSA, qui a projeté les différentes données (événements et épisodes) selon 19 dimensions. Ce nombre, plus réduit que la centaine de dimensions habituellement calculées correspond au nombre réduit d'événements observés.

Résultats

Groupes d'élèves et élèves repères

Un couplage entre *Look-Cum* et LSA nous a permis d'approfondir la thèse de (Lundgren, 1972) à propos du « groupe de pilotage » (*steering-group*), groupe d'élèves qui ferait l'objet d'une attention particulière de l'enseignant, et à partir duquel ce dernier inférerait des informations sur la classe entière. En effet, les données temporelles recueillies par *Look-Cum* (élève par élève sur 179 élèves dans 9 situations de classe) ont permis d'isoler tout d'abord un groupe d'élèves particuliers : position fixe dans le temps des événements dont ils sont les protagonistes, niveau moyen, communications plus importantes, lien avec les agitations, etc. Puis, au sein de ce groupe, un élève particulier (le n° 10) qui aurait une « proportion temporelle de position de première visite ² » statistiquement constante. Par ailleurs, cet élève est aussi mis en évidence par les analyses faites par LSA : c'est l'élève dont les événements « lève-doigt / visite-élève » et « question-collective / réponse-élève » ont les proximités les plus importantes de toutes.

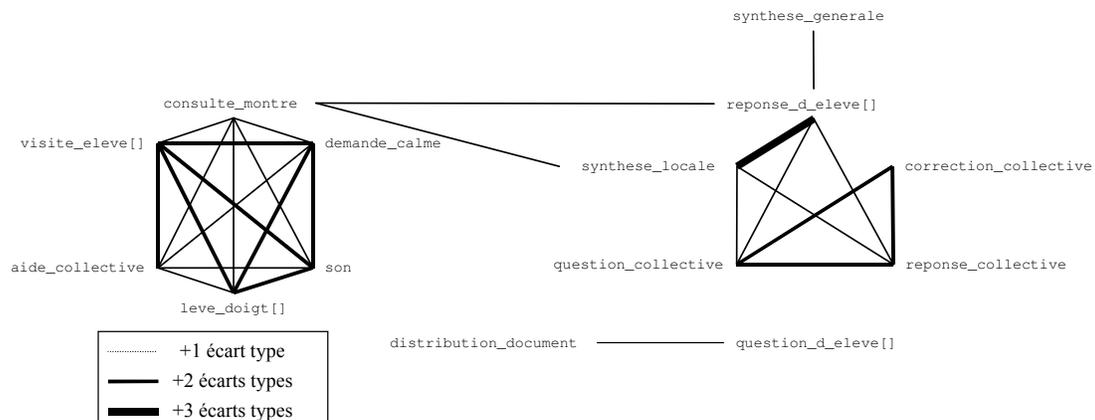
² Pourcentage de temps écoulé en seconde depuis le début de la recherche par rapport à toute la durée de la recherche.

Ce résultat reste à être validé dans d'autres classes, et permettrait de raffiner la notion de « groupe de pilotage », mise au jour par Lundgren (1972) et poursuivie notamment par Maurice (1996).

Ensuite, intéressons-nous aux proximités interépisodes. LSA est bien capable de discriminer les épisodes en analysant les *patterns* des événements qui les composent. La quasi-totalité des proximités interépisodes supérieures au seuil fixé (soit 0,59) concerne bien des épisodes de même objet. Les seules exceptions (erreurs de première espèce) concernent les différents épisodes comprenant un seul événement, *temporisation*, soit trois épisodes sur 3 400 comparaisons. LSA arrive donc à discriminer les épisodes ayant le même objet. Cependant, des épisodes d'objet semblable peuvent être évalués comme très proches par LSA, alors qu'ils comportent des événements différents. De plus, cette méthode permet de mettre au jour certains épisodes atypiques, éloignés de tous les autres. C'est le cas de l'épisode Recherche 11, composé d'événements plutôt présents dans des épisodes Énoncé, et donc très différent d'un épisode Recherche typique, contenant des événements *visite_eleve* et *aide_collective*.

Passons enfin aux proximités entre événements, en déterminant le type de relation qu'ils entretiennent entre eux. Nous avons pour cela comparé, avec LSA, les événements entre eux, et filtré les proximités au-delà du seuil convenu (un écart type au-dessus de la moyenne des proximités interévénements, soit 0,43). Cette procédure nous a mené à la construction de la figure 1 ci-dessous, dans laquelle on voit se détacher trois ensembles interconnectés.

Figure 1 : Relations de proximité des différents événements. Un lien signifie « les deux événements reliés entretiennent l'un l'autre une proximité supérieure à 0,43 » et son épaisseur est proportionnelle à la proximité (*voir cartouche*).



Cette figure trace un réseau de proximité des événements du corpus : on peut constater que la proximité interévénements n'est pas directement liée à la personne qui exerce les actions (voir notamment le lien entre *distribution_document* et *question_d_eleve*), mais est liée aux cooccurrences d'événements dans les épisodes. On peut dégager trois grands ensembles d'événements, ayant en commun des liens aux événements *consulte_monstre*, *reponse_d_eleve* et *synthese_locale*. Un premier ensemble a trait aux événements survenant dans les épisodes de type Recherche (*son*, *leve_doigt*, *visite_eleve*, *aide_collective*, *demande_calme*). Le deuxième ensemble, lui, est aux épisodes de Correction (*correction_collective*, *reponse_collective*, *question_collective*, *synthese_locale*). Enfin, un troisième groupe de deux événements amène à considérer comme proches *distribution_document* et *question_d_eleve*, sans doute parce que ces deux événements sont cooccurents dans les épisodes Énoncés, et uniquement dans ces derniers, ce qui explique

l'absence de liens avec les autres événements. Au vu de cette répartition en trois groupes, nous pouvons noter que les événements scolaires observés sont très typés, c'est-à-dire qu'ils s'inscrivent dans un épisode à la finalité bien établie (Énoncé, Recherche, Correction) et que peu d'événements (si ce n'est `consulte_montre`, `reponse_d_eleve` et `synthese_locale`) sont menés indifféremment dans plusieurs épisodes.

Conclusion

Nous avons montré l'intérêt d'analyser, avec LSA, les événements scolaires recueillis en direct. Cela autorise une catégorisation de ces événements en fonction des épisodes dans lesquels ils sont produits qui n'est pas possible avec les grilles d'analyse existantes. Notre projet serait de produire un système d'observation et d'analyse en direct de séances d'enseignement qui intègre LSA et *Look-Cum* de manière à ce que les événements saisis soient traités par LSA en direct. Les situations d'utilisation d'un tel système pourraient être la formation d'enseignants, l'aide à la planification et au suivi des élèves.

Références

- Allègre, É., & Dessus, P. (2003). Un système d'observation et d'analyse en direct de séances d'enseignement. In J. M. C. Bastien (Ed.), *Deuxièmes journées d'étude en Psychologie Ergonomique* (EPIQUE 2003). Boulogne-Billancourt : Institut de Psychologie, 2-3 octobre.
- Dessus, P., Allègre, E & Maurice, J.-J. (à paraître). L'enseignement en tant que supervision d'un environnement dynamique : Une analyse statistique de situations-problèmes de mathématiques.
- Devaney, M., & Ram, A. (1997). Situation development in a complex real-world domain. *Proc. Conf. ICML-97 Workshop "ML Applications in the real world"*. Nashville.
- Doyle, W. (1986). Classroom organization and management. In M. C. Wittrock (Ed.), *Handbook of Research on Teaching* (pp. 392-431). New York : McMillan.
- Durand, M. (1996). *L'enseignement en milieu scolaire*. Paris : PUF.
- Flanders, N. A. (1976). Analyse de l'interaction et formation. In A. Morrison & D. McIntyre (Eds.), *Psychologie sociale de l'enseignement* (T. 1, pp. 57-69). Paris : Dunod.
- Hoc, J.-M. (1996). *Supervision et contrôle de processus*. Grenoble : PUG.
- Hoc, J.-M., & Amalberti, R. (1999). Analyse des activités cognitives en situation dynamique : d'un cadre théorique à une méthode. *Le Travail Humain*, 62(2), 97-129.
- Keyser, V. de (1988). De la contingence à la complexité : l'évolution des idées dans l'étude des processus continus. *Le Travail Humain*, 51(1), 1-18.
- Landauer, T. K., & Dumais, S. T. (1997). A solution to Plato's problem : the Latent Semantic Analysis theory of acquisition, induction and representation of knowledge. *Psychological Review*, 104, 211-240.
- Lemaire, B., & Dessus, P. (2003). Modèles cognitifs issus de l'Analyse de la sémantique latente. *Cahiers Romains de Sciences Cognitives*, 1(1), 55-74.
- Lundgren, U. P. (1972) *Frames Factors and the Teaching Proces : a contribution theory and theory on teaching*. Goteborg Studies in Educational Sciences. Stockholm
- Maurice, J.-J. (1996) Une connaissance de l'élève dépendante des contraintes de l'action, *Revue Française de Pédagogie*, 114, 85-96.
- Maurice, J.-J., & Allègre, É. (2002). Invariance temporelle des pratiques enseignantes : le temps donné aux élèves pour chercher. *Revue Française de Pédagogie*, 138, 115-124.
- Quesada, J., Kintsch, W., & Gomez, E. (2001). A computational theory of complex problem solving using the vector space model (part II). *Proc. Conf. Cognitive Res. with Microworlds*. Grenade.
- Quesada, J., Kintsch, W., & Gomez, E. (2002). A computational theory of complex problem solving using Latent Semantic Analysis. In W. D. Gray & C. D. Schunn (Eds.), *Proc. 24th Ann. Conf. of the Cognitive Science Society* (pp. 750-755). Mahwah : Erlbaum.

- Rogalski, J. (2003). Y a-t-il un pilote dans la classe ? Une analyse de l'activité de l'enseignant comme gestion d'un environnement dynamique ouvert. *Recherche en Didactique des Mathématiques*, 23(3), 343-388.
- Samurçay, R., & Hoc, J.-M. (1988). De l'analyse du travail à la spécification d'aides à la décision dans des environnements dynamiques. *Psychologie Française*, 33(3), 187-196.
- Shavelson, R. J., & Stern, P. (1981). Research on teachers' pedagogical thoughts, judgments, decisions, and behavior. *Review of Educational Research*, 51(4), 455-498.
- Tambe, M., & Rosenbloom, P. S. (1996). Event tracking in a dynamic multi-agent environment. *Computational Intelligence*, 12(3), 499-521.