

In *Année de la Recherche en Sciences de l'Éducation*, 2005, 149-162.

**L'enseignement en tant que supervision d'un environnement
dynamique :
Une analyse de situations-problèmes de mathématiques**

Philippe Dessus

Laboratoire des sciences de l'éducation & IUFM, Grenoble

Philippe.Dessus@upmf-grenoble.fr

Éric Allègre, Jean-Jacques Maurice

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

Eallegre@aol.com, jmaurice@univ-tlse2.fr

Correspondance à adresser à

Philippe Dessus

Laboratoire des sciences de l'éducation

Bât. SHM, Bureau 215

1251 avenue centrale, BP 47

38040 Grenoble CEDEX 9

Titre courant : Enseignement et supervision d'un environnement
dynamique

Résumé

La plupart des méthodes classiques d'analyse de situations d'enseignement considèrent ces dernières comme des environnements statiques : un événement est la conséquence de l'événement précédent. Dans cet article, nous considérons l'enseignement comme la supervision d'un environnement dynamique, dans lequel chaque événement a une signification au sein d'un épisode. Dans ce cadre, nous ré-analisons un corpus de données d'observations de 41 situations-problèmes de mathématiques en école primaire. Nous utilisons un outil statistique d'analyse factorielle, l'analyse de la sémantique latente, permettant de rendre compte de la similarité de deux événements, ou deux épisodes dans une séance. Nous montrons que cet outil permet, sans qu'aucune correspondance entre épisode et type d'événement n'ait été établie *a priori*, de classer la majorité des épisodes selon leur objet (énoncé d'un problème, recherche ou correction).

Mots-clés : Supervision d'environnement dynamique, enseignement primaire, situations-problèmes de mathématiques, Analyse de la sémantique latente

Abstract

Most of current classroom observation methods view instructional settings as static (i.e., any event is the consequence of the only previous one). Here we consider instructional situations a dynamic environment supervision, the meaning of each event being grounded within the episode in which it occurs. We reanalyze in this framework a 41 mathematical problem solving situations corpus (primary school level). We used a statistical method closely related to factorial analysis, which accounts semantic similarity between two events or episodes within an instructional sequence. Results show that most of the episodes can be sorted according to their instructional goal (problem stating, searching, or correcting), without any beforehand matching between episodes and events.

Title : Teaching as a dynamic environment supervision: An analysis of mathematical problem-solving situations

Key words : Dynamic environment supervision, K12 teaching, mathematical problem solving situations, Latent Semantic Analysis.

INTRODUCTION

Un enseignant réalise, en une année scolaire, de très nombreuses décisions d'actions. Ces actions et décisions se déroulent et sont contraintes au sein d'un contexte particulier, à la fois complexe et changeant : la classe. De très nombreux travaux ont souligné ces deux caractéristiques ; parmi eux, Doyle (1986) mentionne les caractéristiques générales d'un environnement scolaire : sa multidimensionnalité, la simultanéité, l'immédiateté et l'imprédictibilité des événements qui s'y déroulent. La première caractéristique, la multidimensionnalité, est souvent interprétée au second degré, métaphoriquement, en tant que multiplicité des niveaux d'activités (cognitive, affective, physique, sociale, etc.) engagées dans la classe. Pour notre part, nous préférons l'envisager comme la complexité des relations entre les variables d'une situation scolaire. En effet, les variables sont non seulement nombreuses, elles sont également 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 leur principal superviseur, l'enseignant.

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, voir aussi Wragg, 1994) 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, dans cet article, la nécessité d'adopter une nouvelle manière d'envisager les liens entre différents événements scolaires, 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 événements observés au sein des épisodes. La méthode d'analyse utilisée est issue des approches de type « apprentissage automatique » (*e.g.*, Diday, Kodratoff, Brito, & Moulet, 2000) : 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. Commençons par décrire le contexte théorique de ce travail.

L'ENSEIGNEMENT COMME LA SUPERVISION D'UN ENVIRONNEMENT DYNAMIQUE

La classe, un environnement dynamique

L'idée qu'enseigner partage certaines caractéristiques avec l'activité de supervision d'environnements dynamiques a déjà été avancée (Durand, 1996 ; Rogalski, 2000 ; Rogalski, sous presse). 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. Cela crée des contraintes pour leur superviseur, que nous détaillerons dans le paragraphe suivant. Les caractéristiques d'un environnement dynamique se

distribuent, selon Hoc (1996, voir aussi Samurçay & Hoc, 1988) selon trois grandes dimensions, que nous adaptons au contexte scolaire étudié ici :

- *la proximité du contrôle des variables cruciales*, concerne la nature directe (ou indirecte) des effets des actions du superviseur sur l'environnement qu'il supervise. Dans des situations d'enseignement, il est notable que le contrôle des variables les plus cruciales (liées à l'apprentissage des élèves et à la gestion de la classe) est indirect. Par exemple, l'enseignant ne contrôle qu'indirectement l'apprentissage des élèves (*e.g.*, en leur donnant des consignes et du matériel) ou le niveau de bruit dans sa classe (*e.g.*, par des « chut ! », en donnant des punitions, du travail).
- *l'accessibilité aux variables cruciales*, concerne la manière (directe ou indirecte) avec laquelle le superviseur accède aux variables cruciales. Dans le domaine de l'enseignement, l'accès peut être direct pour certaines (*e.g.*, quand l'enseignant va vérifier le travail d'un élève, à sa table), indirect pour d'autres (*e.g.*, la correction de devoirs surveillés).
- *l'opposition entre processus continus et discontinus*, concerne la nature de l'évolution des processus dans le temps (continus *versus* discrets), en œuvre dans l'environnement supervisé. Dans le domaine de l'enseignement, là encore, le superviseur gère certains processus continus (*e.g.*, la correction au tableau de devoirs à la maison) et d'autres discontinus (*e.g.*, les performances des élèves aux différents contrôles).

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). Ses décisions peuvent être décrites comme suit.

Les décisions du superviseur, l'enseignant

Les différentes contraintes de l'environnement détaillées *supra* nécessitent que son superviseur ait à la fois — une représentation de la dynamique de ce dernier (représentation *occurrente*) ; — une représentation des effets de ses propres actions, actions qui

interagissent nécessairement avec la dynamique de l'environnement (Rogalski, 2000). De plus, et c'est une spécificité des situations éducatives, ces représentations doivent intégrer, prédire, non pas la dynamique d'un seul objet, mais celle d'une trentaine, ce qui les rend encore plus complexes (*cf.* Introduction). Toutes ces considérations ont deux implications principales pour le superviseur (l'enseignant) : — la complexité des décisions qu'il a à prendre, puisqu'une décision prise à un temps t_1 pourra ne plus être valable à t_2 ; — contrairement à un travail sur un environnement statique, toute action sur l'environnement ne peut s'annuler (*i.e.*, on ne peut jamais revenir à un état antérieur de l'environnement). Enfin, ces considérations ont également une implication importante pour le chercheur : confronté à une situation d'observation complexe, ce dernier peut tenter de repérer des régularités dans l'action de l'enseignant ou des élèves afin de détecter d'éventuelles stratégies.

Pour autant, jusqu'à présent, ces avancées sont uniquement théoriques, car, à notre connaissance, il n'existe pas d'études qui ont utilisé des méthodes d'observation et d'analyse de situations scolaires compatibles avec cette théorie. Et ce, à notre avis, pour les raisons suivantes : un tel cadre requiert l'utilisation d'un formalisme qui sélectionne et code les nombreuses événements se déroulant dans une situation éducative, mais aussi l'utilisation d'une méthode d'analyse qui n'« écrase » pas ces différentes données en ne réalisant qu'un comptage d'occurrences. Ce codage et cette méthode doivent jouer un rôle de filtre et de réducteur de dimensions : *de filtre*, en ne sélectionnant des situations que les dimensions pertinentes ; *de réducteur de dimensions*, car les variables en jeu dans une situation scolaire sont bien trop nombreuses. Enfin, et c'est un problème spécifique à la plupart des grilles d'observation de situations éducatives, chaque action de l'enseignant est vue comme unique cause et conséquence d'actions d'élèves ou de l'enseignant, réalisées juste avant ou juste après cette dernière. Cette manière restreinte de considérer la causalité des actions et, plus largement, des événements, dans une situation éducative n'est que rarement dépassée. Dans cet article, nous nous proposons d'utiliser une méthode d'analyse de données compatible avec la théorie ci-dessus, que des chercheurs ont d'ailleurs utilisée

avec succès dans un domaine voisin, celui de la simulation d'environnements dynamiques : l'analyse de la sémantique latente.

L'ANALYSE DE *PATTERNS* DANS UN ENVIRONNEMENT DYNAMIQUE

Présentation de l'analyse de la sémantique latente

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. Nous illustrons son fonctionnement avec le type de données traitées dans cette étude, puis recenserons quelques utilisations.

Considérons qu'un chercheur observe un ensemble d'événements scolaires qu'il a catégorisés en trois types d'épisodes, typiques d'une séance de travail de type « situation-problème » : Énoncé, Correction, Recherche. LSA les traite selon le principe suivant : la signification d'un événement est *en partie* définie statistiquement à partir de l'ensemble des épisodes dans lesquels il apparaît. Par exemple, l'événement `énonce_consigne` (voir *Tableau II*) va apparaître souvent conjointement à des événements comme `distribution_document` ou `question_d_élève` et très peu fréquemment à des événements comme `demande_calme` ou `aide_collective`, plutôt présents dans des épisodes Recherche. Cependant, cette information statistique sur le contexte d'un événement n'est pas suffisante pour en définir le sens, puisqu'elle ne dit rien quant aux liens sémantiques avec tous les autres événements n'apparaissant jamais conjointement à ce mot (*i.e.*, les voisins de voisins au sein d'épisodes). LSA utilise pour cela une méthode statistique permettant de croiser entre elles les informations de co-occurrence propres à chaque événement. Ensuite, les vecteurs des différents événements du corpus sont projetés dans un espace d'environ 100 dimensions, ce qui autorise leur comparaison et, par sommation des vecteurs des événements, la comparaison d'épisodes. L'avantage de cette méthode est qu'elle part d'une matrice de très grande dimension pour la réduire à environ

une centaine. Cette réduction est non seulement intéressante en terme de compacité (moins d'informations sont utilisées), mais aussi en termes d'induction : le fait de réduire la matrice va mettre au jour des proximités entre événements qui n'auraient pas été visibles avec une matrice non réduite. Il faut toutefois noter que LSA traite les données liées à un épisode par « paquets » : aucune prise en compte de l'ordre des événements à l'intérieur d'un épisode n'est effectuée, ce qui peut être, *a priori*, un inconvénient majeur. Toutefois, les nombreux tests effectués sur différentes données montrent que cet inconvénient est atténué, pour peu que le corpus traité soit important.

Un exemple fictif, le traitement d'un épisode Énoncé typique

À titre d'exemple, prenons l'épisode suivant, à la fois fictif et prototypique : `énoncé_consigne distribution_document question_d_élève`. Cet épisode comprend les événements typiques survenant dans un épisode Énoncé. Si l'on fait calculer par LSA les épisodes, réellement observés, cette fois, les plus proches de cet épisode prototypique, la figure 1 ci-dessous représentera, dans un espace fictif à 2 dimensions, l'ensemble des épisodes les plus proches de l'épisode fictif. LSA rend compte de la proximité entre les différents épisodes, en calculant le cosinus de l'angle formé par les différents vecteurs, deux à deux. Les épisodes les plus proches de cet épisode fictif seront bien des épisodes Énoncé. À titre indicatif, notons que l'épisode 101 (Recherche) sera considéré comme non lié à ces derniers.

INSERER A PEU PRES ICI LA FIGURE 1

La question principale est donc de déterminer dans quelle mesure LSA est capable de reconnaître des régularités dans l'utilisation d'un vocabulaire d'événements. Montrons par exemple comment LSA peut être utilisé pour reconnaître les *patterns* d'actions d'un superviseur d'un environnement dynamique.

Comment reconnaître les *patterns* d'un environnement dynamique ?

Pour Devaney et Ram (1997), un des problèmes majeurs liés au traitement de données issues d'environnements dynamiques (dans leur cas, un exercice militaire) 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 mêmes auteurs soulignent aussi qu'un des buts principaux de ce type de recherches est de reconnaître des *patterns* (i.e., régularités) dans ce grand nombre de données. Ces *patterns* peuvent être la trace de stratégies ou tactiques employées par les sujets. On ne dira pas, en effet, que des actions distribuées aléatoirement expriment une stratégie humaine. 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 aussi bien Devaney et Ram (1997) que Quesada et ses collègues, dont nous décrivons maintenant le travail.

Quesada, Kintsch & Gomez (2001 ; 2002) ont ré-analysé avec LSA les données provenant de l'activité de sujets dans un simulateur d'environnement dynamique, *Firechief*. Les sujets ont pour tâche d'éteindre le plus rapidement possible, par hélicoptère ou camion, un feu de forêt, en agissant selon trois manières différentes : — jeter de l'eau sur un segment de terrain donné ; — contrôler le feu sur un segment de terrain, à l'aide d'un camion ; — effectuer un déplacement avec un appareil. Certains paramètres, en influant sur la vitesse et la direction de propagation du feu, créent le caractère dynamique de ce phénomène. L'étude a consisté à ré-analyser, avec LSA, les « fichiers espions » de 3 400 sessions comportant au total 360 000 actions environ. Les résultats montrent que cette méthode est capable, d'une part, de relever que des actions proches, bien que formellement différentes, ont le même but puisque mises en œuvre dans des contextes similaires — à l'inverse, des actions formellement proches ont été mesurées par LSA comme éloignées, car mises en œuvre dans des contextes, et pour remplir des buts, différents. D'autre part, une comparaison entre des jugements humains et les évaluations de LSA montrent une adéquation de 57 %. Voici maintenant la description de notre étude, qui a une méthode et une problématique voisines,

la différence étant que les données proviennent d'une situation dynamique réelle, et non pas simulée : l'enseignement à partir de situations-problèmes de mathématiques.

ANALYSE DE L'ACTIVITE DE L'ENSEIGNANT AVEC L'ANALYSE DE LA SEMANTIQUE LATENTE

Description de l'étude *princeps*

Nous ré-analysons les données issues d'une précédente étude (Maurice & Allègre, 2002). Cette étude a consisté en l'observation et l'analyse de 260 séances de mathématiques dans sept classes de cycle 3 du primaire, dans une école d'application liée à un IUFM, 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. 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 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 (*voir le Tableau II*) ; — 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, dans la même classe, structurées en trois épisodes précédemment cités : Énoncé, Recherche, Correction.

INSERER A PEU PRES ICI LE TABLEAU I

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 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 : la segmentation 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 procéder à une recherche (épisode Recherche), c'est bien à l'observateur de décider à quels moments précis cet épisode va débuter 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.

Problématique et hypothèses

Ce travail 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 double. Premièrement, qu'il est possible d'analyser, avec LSA, les co-occurrences de ces « coups » suivant les différents épisodes dans lesquels ils surviennent. Deuxièmement, 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 d'évaluer 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, ou encore 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 (la Figure 1 ci-dessus illustre cette problématique avec un épisode fictif). 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 des événements dont la moyenne de proximité avec tous les événements observés est significativement supérieure à celle d'autres événements ? 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 les Tableaux I et*

II), tout en respectant les segmentations 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_élève[1]` et `visite_élève[2]` sont strictement équivalents. Nous avons donc récupéré la description de 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.

INSERER A PEU PRES ICI LE TABLEAU II

RESULTATS

Tout d'abord, 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. Par exemple, les épisodes Énoncé 31 et 115 entretiennent une proximité de 0,60 tout en comportant des *patterns* d'événement différents (voir le Tableau III).

INSERER A PEU PRES ICI LE TABLEAU III

Cette méthode permet également 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_élève` 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 2 ci-dessous, dans laquelle on voit se détacher trois ensembles d'événements interconnectés.

INSERER A PEU PRES ICI LA FIGURE 2

Cette figure trace le réseau des proximités entre les événements du corpus : on peut constater que la proximité interévénements n'est pas directement reliée à la personne qui exerce les actions (voir notamment le lien entre `distribution_document` et `question_d_élève`), mais est liée aux co-occurrences d'événements dans les épisodes. On peut dégager trois grands ensembles d'événements, ayant en commun des liens aux événements `consulte_montre`, `réponse_d_élève` et `synthèse_locale`. Le premier ensemble a trait aux événements survenant dans les épisodes de type Recherche (`son`, `lève_doigt`, `visite_élève`, `aide_collective`, `demande_calme`). Le deuxième ensemble, lui, est relié aux épisodes de Correction (`correction_collective`, `réponse_collective`, `question_collective`, `synthèse_locale`). Enfin, un troisième ensemble de deux événements amène à considérer comme proches `distribution_document` et `question_d_élève`, sans doute parce que ces deux événements sont co-occurents 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, nous pouvons voir que LSA discrimine bien les événements selon leur finalité : le premier ensemble a trait à la gestion de la classe, le deuxième à la gestion du contenu. Nous pouvons enfin 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_monstre, réponse_d_élève et synthèse_locale) sont menés indifféremment dans plusieurs épisodes.

CONCLUSION

Nous avons mené une ré-analyse statistique de données issues d'une quarantaine d'observations de situations-problèmes de mathématiques, menées par le même enseignant. Nous avons montré que la méthode utilisée pour cette analyse est compatible avec le fait de considérer l'environnement scolaire que supervise l'enseignant comme un environnement dynamique. Cette méthode permet, sans qu'aucune correspondance entre l'objet des épisodes et le type d'événements n'ait été établie *a priori*, d'une part de classer la majorité des épisodes selon leur objet (*i.e.*, le but qu'ils sont censés remplir : Énoncé, Recherche ou Correction), d'autre part de repérer des épisodes atypiques, c'est-à-dire composés d'événements survenant normalement dans des épisodes d'objet différent. Nous avons aussi montré que les événements observés sont relativement cloisonnés par type d'épisode, c'est-à-dire que les actions des protagonistes (enseignant, élèves) sont peu génériques, et donc peu mises en œuvre dans différents types d'épisodes. Il conviendra bien évidemment de vérifier si ces résultats s'appliquent à d'autres enseignants.

Notre méthode permet donc de détecter les régularités et les anomalies dans la distribution des événements au sein des différents épisodes observés, ce qui correspond en partie à une mise au jour des stratégies employées par les enseignants dans la supervision de leur classe. Toutefois, il nous faut noter que l'utilisation d'une telle méthode d'analyse statistique comporte un inconvénient important : elle ne tient pas compte de l'ordre dans lequel les différents événements surviennent au sein d'un épisode. Ce problème est pallié de deux manières : tout d'abord, en faisant traiter par le logiciel un très grand nombre de données ; ensuite en permettant au logiciel de recueil de données de récupérer des données temporelles sur les séances, qui ne seront toutefois pas traitées par LSA.

Nos perspectives de travail sont les suivantes. Tout d'abord, réaliser une deuxième version du logiciel d'observation et d'analyse de situations scolaires qui intègre LSA (Allègre & Dessus, 2003). Cela permettrait d'analyser rapidement les séances observées, en les

comparant avec des séances précédentes, et de repérer ainsi d'éventuels épisodes atypiques. Une information supplémentaire pourrait être demandée à l'enseignant et traitée utilement par LSA : l'estimation de l'issue de l'épisode en termes d'apprentissage (*i.e.*, l'épisode a plus ou moins bien « marché »). Ensuite, nous projetons de comparer des séances menées par des enseignants novices et des enseignants expérimentés. Enfin, lorsque le nombre de séances enregistrées à propos de la même classe sera suffisant, il sera possible de réaliser les mêmes analyses que dans cette étude, mais en tenant compte individuellement des élèves.

REMERCIEMENTS

Nous remercions vivement Michèle Arnoux, Marc Bru, Joël Clanet et Benoît Lemaire pour leurs commentaires d'une version précédente de cet article. La rédaction de cet article a bénéficié du séjour de recherche du premier auteur au laboratoire TECFA, université de Genève, Suisse.

REFERENCES

- Allègre, É., & Dessus, P. (2003). Un système d'observation et d'analyse en direct de séances d'enseignement. In J. M. C. Bastien (Ed.), *Actes des Deuxièmes Journées d'étude en Psychologie Ergonomique (EPIQUE 2003)* (pp. 85-90). Roquencourt : INRIA.
- 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.
- Diday, E., Kodratoff, Y., Brito, P., & Moulet, M. (2000). *Induction symbolique numérique à partir de données*. Toulouse : Cépaduès.
- 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.
- 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. (2000). Approche de psychologie ergonomique de l'activité de l'enseignant. *Actes du XXVI^e Colloque COPIRELEM* (pp. 45-66). Limoges : IREM de Limoges.
- Rogalski, J. (sous presse). Y a-t-il un pilote dans la classe ? Une analyse de l'activité de l'enseignant comme gestion d'un environnement dynamique ouvert. *Recherches en Didactique des Mathématiques*.
- 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.
- Wragg, E. C. (1994). *An introduction to classroom observation*. Londres : Routledge.

Tableau I

Un extrait du corpus traité par LSA (colonne de droite) et son équivalent-source (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)	enoncé_consigne
Remarque : Observez les cases remplies (48 394) [...]	
deb_el[2,1]:=48 455 fin_el[2,1]:=48 459	question_d_élève[2]
deb_el[18,1]:=48 468 fin_el[18,1]:=48 470	question_d_élève[18]
deb_el[17,1]:=48 470 fin_el[17,1]:=48 472	question_d_élève[17]
deb_el[21,1]:=48 472 fin_el[21,1]:=48 477	question_d_élève[21]
deb_el[21,2]:=48 497 fin_el[21,2]:=48 508	question_d_élève[21]
deb_el[19,1]:=48 508 fin_el[19,1]:=48 513	question_d_élève[19]
deb_el[16,1]:=48 513 fin_el[16,1]:=48 515	question_d_élève[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_élève[16]
deb_el[2,2]:=48 531 fin_el[2,2]:=48 543	question_d_élève[2]
deb_el[23,1]:=48 546 fin_el[23,1]:=48 558	enoncé_consigne
deb_el[12,1]:=48 558 fin_el[12,1]:=48 565	question_d_élève[12]
deb_el[23,2]:=48 565 Remarque : reconstruisez la table de Pythagore (48 573)	enoncé_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_élève[9]
deb_el[2,3]:=48 600 fin_el[2,3]:=48 621	question_d_élève[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. Les lignes « Remarque » sont celles du chercheur.

Tableau II

Liste des événements codés dans le corpus recueilli, pris en compte par LSA, par ordre décroissant d'occurrences dans le corpus. Il est à noter que le traitement par LSA ne considère pas les élèves individuellement.

Événement	Signification de l'événement	Occurrences
visite_élève[n]	L'enseignant se rend auprès de l'élève <i>n</i>	898
réponse_d_élève[n]	L'élève <i>n</i> répond à l'enseignant	463
synthèse_locale	L'enseignant résume les informations à propos d'un exercice à toute la classe	221
lève_doigt[n]	L'élève <i>n</i> lève le doigt	194
énoncé_consigne	L'enseignant énonce une consigne d'exercice	110
consulte_montre	L'enseignant consulte sa montre	90
son	Un élève non déterminé fait du bruit	60
aide_collective	L'enseignant donne une indication collective	56
question_d_élève[n]	L'élève <i>n</i> pose une question à l'enseignant	32
demande_calme	L'enseignant demande du calme	30
question_collective	L'enseignant pose une question à la classe	26
réponse_collective	L'enseignant répond à toute la classe	24
correction_collective	L'enseignant corrige un exercice collectivement	14
synthèse_générale	L'enseignant résume rapidement ce qui vient d'être travaillé	13
ens_écrit_tableau	L'enseignant écrit une indication au tableau	10
distribution_document	L'enseignant distribue un document aux élèves	9
temporisation	L'enseignant attend un court instant que les élèves finissent une action	8
agitation	Un certain nombre d'élèves non déterminés font du bruit	4
relève_copies	L'enseignant ramasse les copies des élèves	3

Tableau III

Deux épisodes Énoncé évalués comme très proches par LSA (proximité : 0,60), tout en étant différents structurellement. Il est à noter que le traitement par LSA ne considère pas les élèves individuellement.

N° Episode	Événements observés
Épisode 31	ENONCE énonce_consigne distribution_document consulte_montre question_collective réponse_collective question_d_élève[12] correction_collective énonce_consigne
Épisode 115	ENONCE énonce_consigne question_d_élève[1] énonce_consigne question_d_élève[16] énonce_consigne question_d_élève[15] énonce_consigne question_d_élève[6] énonce_consigne question_d_élève[16] question_d_élève[4] énonce_consigne

Figure 1

Représentation fictive, selon deux dimensions, de l'espace vectoriel créé par LSA. Le cosinus de l'angle des vecteurs de deux épisodes rend compte de leur proximité. Un épisode Énoncé fictif (trait épais) a été introduit dans l'espace vectoriel de tous les épisodes réellement observés. Il est à noter que les épisodes les plus proches de l'épisode Énoncé fictif sont tous des épisodes Énoncé. La longueur des vecteurs n'est pas significative.

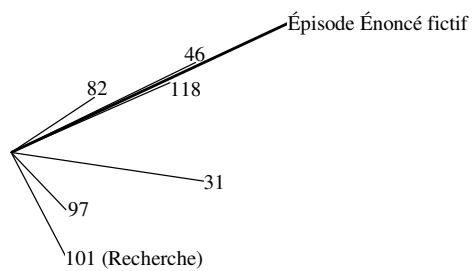


Figure 2

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*).

