



**HAL**  
open science

## Tableau de bord pour le suivi de l'engagement des apprenants lors de la construction de cartes mentales

Rubiela Carrillo, Clément Renaud, Yannick Prié, Élise Lavoué

### ► To cite this version:

Rubiela Carrillo, Clément Renaud, Yannick Prié, Élise Lavoué. Tableau de bord pour le suivi de l'engagement des apprenants lors de la construction de cartes mentales. 8ème Conférence sur les Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain (EIAH 2017), Jun 2017, Strasbourg, France. pp.113-124. hal-01631931

**HAL Id: hal-01631931**

**<https://hal.science/hal-01631931v1>**

Submitted on 9 Nov 2017

**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.

# Tableau de bord pour le suivi de l'engagement des apprenants lors de la construction de cartes mentales

Rubiela Carrillo<sup>1</sup>, Clément Renaud<sup>1</sup>, Yannick Prié<sup>2</sup>, et Élise Lavoué<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Université de Lyon, CNRS

Université Lyon 1, LIRIS, UMR5205, F-69622, France

{rubiela.carrillo-rozo, clement.renaud}@liris.cnrs.fr,

<sup>2</sup>Université de Nantes, LS2N - UMR 6004 CNRS, France

yannick.prie@univ-nantes.fr,

<sup>3</sup>Université de Lyon, CNRS

IAE Lyon, Université Lyon 3, LIRIS, UMR5205, F-69622, France

elise.lavoue@univ-lyon3.fr

**Résumé.** Les cartes mentales permettent aux apprenants de mettre en place des stratégies cognitives d'apprentissage telles que l'élaboration et l'organisation des contenus étudiés en classe. Étant donné leur complexité, les enseignants ont besoin d'outils pour les aider à comprendre les cartes mentales produites et leurs processus de construction. Notre objectif est de permettre aux enseignants de suivre l'engagement des apprenants lors de ce type d'activité. Nous avons défini avec des enseignants des indicateurs basés sur les traces d'interaction des élèves permettant de suivre et d'expliquer les modalités et les choix de construction des cartes mentales. Ces indicateurs ont été implémentés dans un tableau de bord à l'usage des enseignants, que nous avons commencé à évaluer au cours d'une série d'entretiens. Nous présentons dans ce papier le prototype du tableau de bord ainsi que les premiers résultats de cette évaluation.

**Mots-clés.** visualisation de traces, tableau de bord, engagement, carte mentale, traces d'interaction, xAPI

**Abstract.** Our work aims at helping teachers to monitor learners' engagement during mind mapping activities. The use of mind maps helps students to elaborate cognitive learning strategies like creating and organizing contents. To assess the quality of these mind maps, teachers need tools to understand students' choices and strategies when constructing their mind maps. We have defined in collaboration with teachers a set of indicators based on learners' interaction traces. Those indicators have been implemented and integrated in a dashboard dedicated to teachers. In this paper, we introduce a first version of the dashboard : its design, implementation, and the results of its evaluation conducted during interviews with real teachers.

**Keywords.** dashboard, interaction traces, visualization, engagement, mind mapping, xAPI

## 1 Introduction

L'utilisation de cartes mentales et conceptuelles en cours est une pratique de plus en plus répandue [11]. Ce type d'exercice permet aux élèves de mettre en place des stratégies personnelles d'apprentissage dans l'élaboration et l'organisation des contenus étudiés. Les enseignants considèrent que la richesse d'expression offerte aux élèves qui élaborent des cartes mentales est un des points forts de cet outil. Cette richesse devient cependant un défi lorsqu'ils doivent interpréter et évaluer les productions des élèves. Comme les exercices demandés n'ont pas de solution unique, comprendre les processus de construction de chaque carte mentale devient précieux. C'est de plus dans ces processus de construction que les enseignants peuvent trouver des réponses sur les choix particuliers ayant conduit les élèves à une carte finale.

L'objectif de notre travail est de proposer aux enseignants des indicateurs qui reflètent la manière dont les apprenants s'engagent dans l'activité de construction de carte mentale. Pour cela, nous proposons de distinguer l'engagement comportemental de l'engagement cognitif [12]. L'engagement comportemental traduit entre autre la manière dont les apprenants utilisent l'outil (e.g. nombre et types d'actions), alors que l'engagement cognitif reflète le processus de construction des cartes mentales (e.g. création et suppression de nœuds et liens). La construction des indicateurs s'appuie sur les traces d'activité collectées lors de l'utilisation de l'outil de construction de cartes mentales.

Dans ce papier nous répondons à deux questions de recherche : Quels indicateurs permettent le suivi de l'engagement lors de la construction de cartes mentales ? Comment représenter ces indicateurs dans un tableau de bord ? Nous proposons différents indicateurs pour le suivi de l'engagement des apprenants définis à partir d'entretiens avec les enseignants, ainsi qu'un tableau de bord construit à partir des traces d'activité des élèves, ainsi qu'une première évaluation de ces indicateurs et du tableau de bord.

La première section de l'article est dédiée à la présentation des cartes mentales comme support pour la construction de connaissances, à la notion d'engagement scolaire, et aux tableaux de bord offrant des indicateurs d'engagement. La deuxième section est consacrée à la démarche de conception utilisée pour définir les différents indicateurs et concevoir leurs visualisations. La troisième section présente nos propositions d'indicateurs, le tableau de bord développé et l'architecture d'implémentation choisie. La dernière section décrit notre démarche de validation et en discute les résultats.

## 2 État de l'art

### 2.1 Les cartes mentales

Les cartes mentales sont des listes de mots structurées et organisées en arborescence pour représenter une idée, un concept, un projet, un plan [4]. Les cartes conceptuelles sont des schémas utilisés pour organiser et représenter des relations entre des concepts qui sont indiquées grâce à des lignes entre eux [20]. Malgré

leurs quelques différences, ces deux types de diagrammes ont en commun la représentation graphique de leurs relations, plutôt que des descriptions verbales ou écrites [9]. Généralement, les éléments représentant des idées ou des concepts sont identifiés comme des *nœuds* et les relations entre eux comme des *liens*. Dans le travail présenté ici, nous utilisons un outil de construction de cartes mentales appelé Renkan<sup>1</sup> permettant de construire des graphes dans un navigateur et d'intégrer facilement des ressources issues du Web.

Des travaux existants sur l'évaluation de cartes mentales en éducation [19][6] portent leur intérêt sur la proposition de systèmes de notation des cartes finales sans offrir de pistes sur leur processus de construction. Ces systèmes de notation ont été conçus pour des cartes strictement hiérarchiques.

## 2.2 L'engagement scolaire et les stratégies d'apprentissage

Les approches conceptuelles existantes fournissent des définitions multiples de la notion d'engagement scolaire, compris tour à tour comme effort, intérêt, persistance, motivation ou encore stratégies d'apprentissage [18][3]. Nous choisissons d'associer notre étude aux travaux de Fredricks *et al.* [12], et de Linnenbrick et Pintrich [16] qui considèrent l'engagement des apprenants selon trois dimensions complémentaires : motivationnelle, comportementale, et cognitive.

L'engagement motivationnel correspond à l'intérêt, l'affect, et la valeur perçue par les étudiants lorsqu'ils réalisent des tâches d'apprentissage [16]. Les travaux de Zeindner [25] et Pekrun *et al.* [21] montrent comment les émotions (positives ou négatives) impactent le processus d'apprentissage. Nous ne considérons pas cette dimension de l'engagement dans la suite de notre étude.

L'engagement comportemental fait référence aux comportements observables, aux actions de l'apprenant répondant à une tâche scolaire, et à sa conduite positive, telle que sa participation à des activités collectives extrascolaires [12]. Dans des activités de construction de cartes, accéder à la carte, prendre le temps pour la construire et définir des nœuds et liens représentant des idées et leurs associations sont autant d'actions traduisant un engagement comportemental.

L'engagement cognitif est lié à la mise en place de stratégies d'apprentissage. Ces stratégies peuvent être cognitives, d'auto-régulation, ou de gestion de ressources [22]. Les stratégies cognitives d'élaboration et d'organisation comme la sélection des idées principales, la synthèse, l'organisation spatiale et logique des notes prises, et l'élaboration de cartes mentales ou conceptuelles exigent une réflexion approfondie, favorisant le traitement des contenus pédagogiques chez l'apprenant [16]. Nous pensons que les actions effectuées lors de la composition d'une carte mentale et leur temporalité peuvent être considérées comme des révélateurs de l'engagement cognitif de l'apprenant.

---

1. <http://www.iri.centrepompidou.fr/outils/renkan/> développé par l'Institut de Recherche et d'Innovation du Centre Pompidou, partenaire du projet MétaÉducation.

### 2.3 Les tableaux de bord des activités d'apprentissage

Plusieurs approches proposent des visualisations de l'engagement comportemental des apprenants à partir de leurs traces d'interaction. Le tableau de bord du cours *Signals* de Purdue [2] présente des indicateurs de risque en code couleur ; Data Wranglers [7] présente les visites sur des forums, pages, wikis, et tests en cours ; GLASS [15] présente des indicateurs de fréquence d'actions par groupe de travail et par type d'activité ; VISEN [24] propose des indicateurs à partir de clics, durées, et des résultats de tests ; enfin le tableau de bord proposé par Santos *et al.* [23] montre le temps passé sur des activités (e.g. par outil utilisé, par étudiant en comparaison avec la moyenne). Ces indicateurs et leurs visualisations décrivent le comportement des apprenants, mais ils ne sont pas suffisants pour permettre de comprendre pourquoi les apprenants se sont engagés ou non dans des activités, et comment ils ont obtenu leurs résultats.

D'autres propositions exploitent des techniques de visualisation afin de favoriser l'exploration des informations sur les actions des apprenants. SAM [13] représente les informations sous plusieurs formes de visualisation (i.e. lignes de temps, coordonnées parallèles) permettant de découvrir des détails. Cependant, ces représentations fournissent des résultats de calculs statistiques (e.g. temps dédié aux activités pendant une période de temps) limités pour expliquer les actions. Mastery Grids [17] présente une grille avec les thèmes d'étude et leurs ressources associées. L'accomplissement des activités peut être aperçu par thème et par sous-thème selon un code couleur et via l'interaction avec la grille. Une ligne de temps indique la semaine actuelle du cours, mais ne permet pas de savoir quand les apprenants ont effectué leurs actions.

D'autres approches appliquent des techniques de fouille de données et des analyses statistiques sur les traces d'interaction des apprenants afin de visualiser des typologies de comportement. Desmarais et Lemieux [10] présentent des visualisations de séquences d'activités en fonction des types de comportement identifiés ; Anderson *et al.* [1] représentent le pourcentage d'apprenants par typologie dans le temps ; et Coffrin *et al.* [8] construisent des séquences d'états représentant les transitions entre les ressources et contenus pédagogiques. Cependant, les utilisateurs doivent avoir des compétences en analyse et traitement des données car les visualisations ne sont pas générées automatiquement.

Ainsi, les tableaux de bord proposent généralement des indicateurs de participation pour décrire le comportement des élèves. Ces indicateurs peuvent difficilement expliquer ces comportements, et encore moins l'effort cognitif ou les stratégies d'apprentissage mises en place. De plus, la plupart des travaux qui s'intéressent à estimer l'engagement cognitif utilisent des techniques d'observation et des questionnaires auto-rapportés [12] et ne font pas une mise en relation de ces indicateurs avec ceux de l'engagement comportemental pour favoriser la compréhension des actions et des résultats des apprenants.

## 3 Démarche de conception

Nous suivons une démarche de conception itérative et les enseignants sont invités à participer activement à la définition du tableau de bord. Dans cette section,

nous présentons les entretiens semi-dirigés que nous avons conduits à l'aide de maquettes d'interface pour définir les indicateurs et leur représentation.

### 3.1 Entretiens préliminaires avec les enseignants

Un premier atelier réunissant 19 enseignants nous a permis de définir un ensemble de questions sur leurs usages et attentes face aux cartes mentales, et les méthodes d'évaluation possibles. Nous avons ensuite mené une première série d'entretiens auprès de 5 de ces enseignants ayant déjà utilisé ce type de représentation. Ces entretiens ont porté plus particulièrement sur les usages des cartes mentales dans les pratiques pédagogiques des enseignants, et sur leurs attentes en terme de suivi des apprenants lors des exercices de construction des cartes.

Tout d'abord nous avons présenté aux enseignants la terminologie et les fonctionnalités de l'outil de construction de cartes mentales Renkan. Un scénario leur a été soumis afin d'en affiner la cohérence et le réalisme. Avec ce scénario, les enseignants ont pu se projeter dans une situation spécifique et répondre à une série de questions sur l'intérêt pédagogique de l'utilisation de cartes mentales en classe. Les réponses nous ont permis d'identifier ces trois principaux usages : 1) comme bilan pour synthétiser un chapitre étudié en classe, 2) comme exercice avant et après l'étude d'un chapitre en classe afin de réorganiser, compléter, et si besoin corriger des idées anticipées, et 3) comme support pour présenter à l'oral la synthèse d'un chapitre étudié en classe.

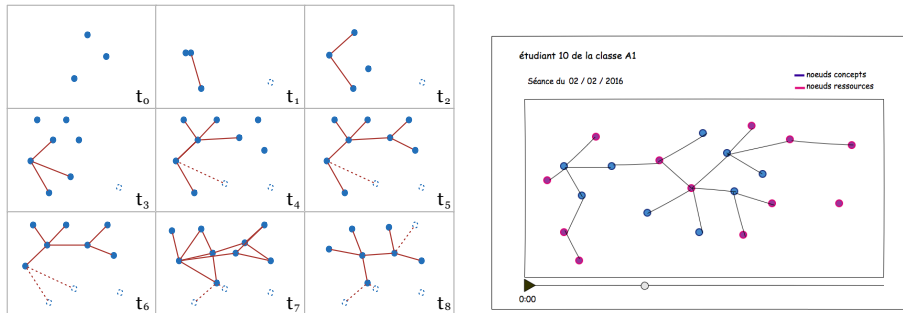
Les deux premiers usages qui mettent en œuvre la construction et l'évaluation des cartes mentales nous intéressent plus particulièrement. Le troisième cas a été écarté, car c'est la présentation orale qui est l'objet de l'évaluation.

Les enseignants ont remarqué la difficulté qu'ils avaient à comprendre pourquoi certaines cartes construites par les apprenants ne proposent pas de représentations cohérentes du sujet d'étude, et ont souligné le temps considérable qu'ils prennent pour les interpréter et les évaluer. Plusieurs enseignants ont fait état d'un manque d'information pour identifier rapidement les élèves qui ont eu des difficultés pendant la construction de la carte.

### 3.2 Maquettes et visualisations d'indicateurs

Nous avons utilisé des maquettes numériques pour susciter une discussion avec les enseignants sur la nature des indicateurs de suivi de la construction de cartes mentales et les visualisations possibles. Ces maquettes sont décrites plus en détail dans [5]. Différents indicateurs de l'engagement comportemental de l'apprenant y étaient présentés : le nombre d'éléments (i.e. nœuds et/ou liens) de la carte finale, le nombre de nœuds avec des médias Web associées, et le nombre d'actions (création, suppression, modification, déplacement) réalisées sur les éléments. D'autres indicateurs sur la manipulation de la structure de la carte mentale (i.e. les nœuds et les liens) ont également été proposés en ajoutant des informations sur la temporalité des actions. De tels indicateurs sont en relation avec l'organisation des idées contenues dans la carte et permettent de suivre l'engagement cognitif des apprenants.

La Figure 1 présente deux alternatives de visualisation proposées pour représenter la manipulation dans le temps de la structure d'une carte mentale par un élève. La visualisation contenant des *Small Multiples* (à gauche) offre une vue d'ensemble mais a présenté des difficultés d'interprétation. Les enseignants ont également signalé que le choix des instants ( $t$ ) impacte énormément la perte ou la prise en compte d'informations du processus de construction, et que ce choix d'instant est très difficile à faire.



**Figure 1.** Deux visualisations proposées représentant la manipulation des éléments et la structure de la carte mentale par un élève dans le temps. A gauche une représentation avec *Small Multiples*, et à droite une visualisation dynamique pour rejouer la construction de la carte.

Les enseignants ont également souligné l'importance de disposer de plusieurs niveaux de représentation pour le suivi par les indicateurs : individuel pour un seul élève, tout le groupe avec le détail de chaque élève, et enfin l'ensemble de la classe. Le niveau de la classe a été considéré intéressant mais pas prioritaire.

## 4 Résultats - proposition

### 4.1 Définition d'indicateurs

Nous proposons de décrire l'activité d'un élève sur une carte mentale au moyen de cinq indicateurs :

1. Nombre d'actions : Nombre total d'actions réalisées sur les nœuds et liens en prenant en compte les actions de type *create*, *delete*, *update* et *move*.
2. Nombre de nœuds : Nombre total de nœuds de la carte mentale finale.
3. Clarté de la démarche : Ratio entre le nombre d'actions de suppression et le nombre d'actions de création de nœuds et de liens pendant la construction de la carte mentale.
4. Liens par nœud : Moyenne des degrés calculés pour chacun des nœuds qui forment la carte mentale finale. Le degré d'un nœud correspond au nombre de liens sortant ou entrant au nœud.

5. Médias associées : Ratio entre le nombre de nœuds avec une URL associée d'une ressource Web, et le nombre total de nœuds (avec et sans une URL associée).

Ces indicateurs nous permettent de comprendre différents aspects de la démarche de production d'une carte mentale. Les mesures "nombre d'actions" et "clarté de la démarche" donnent des indications sur le comportement de l'apprenant. Le "nombre de nœuds" permet d'estimer la complexité de la carte mentale. Le "nombre de liens par nœud" nous donne des indications sur la connectivité de la carte : si la carte constitue un tout assemblé, ou plutôt un ensemble d'éléments isolés. Enfin, l'indicateur "médias associés" montre si l'apprenant a intégré des ressources Web dans la carte mentale.

Pour aider l'identification de valeurs radicalement différentes du reste de la classe, nous avons regroupé les valeurs en trois groupes : valeurs proches de la moyenne, valeurs plutôt éloignées de la moyenne, et valeurs très éloignées de la moyenne. Pour chacun des indicateurs nous avons converti les valeurs en *z-scores* ( $z$ ) [14] permettant de distinguer leurs écarts par rapport aux valeurs moyennes. En séparant les ( $z$ ) ainsi obtenus par seuils ( $0 < |z| < 1$ ,  $1 < |z| < 2$  et  $2 < |z|$ ), nous avons pu constituer nos trois groupes.

#### 4.2 Visualisation des indicateurs - tableau de bord

Nous avons proposé deux niveaux de représentation : le premier est à l'échelle de la classe, le second montre un seul élève.

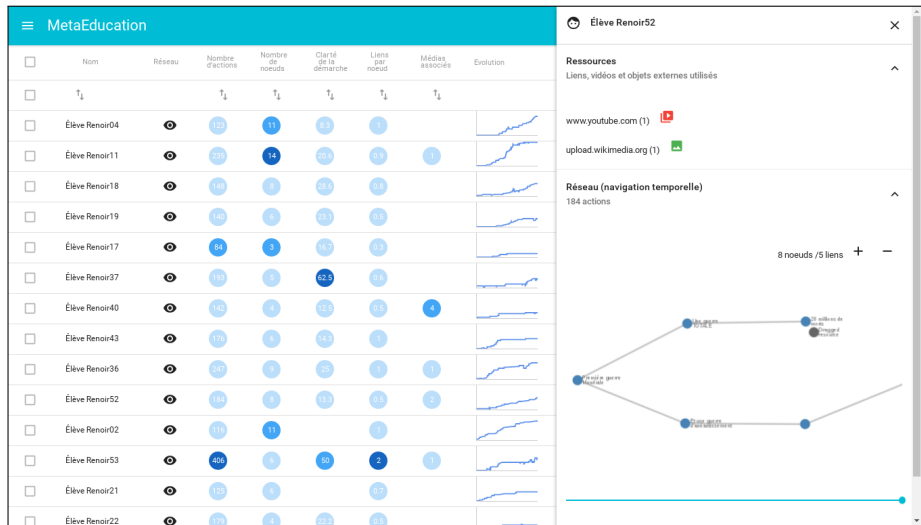
Au centre du tableau de bord (Figure 2) se trouve une liste des élèves contenant les différents indicateurs en colonnes. Chaque indicateur est présenté dans un cercle contenant au centre sa valeur et en fond une couleur bleue dont l'intensité correspond à son appartenance aux groupes de *z-score*. Le bleu plus clair montre les éléments proches de la moyenne, et l'intensité augmente en s'éloignant de la moyenne. L'usage de ces couleurs devrait permettre aux utilisateurs d'identifier rapidement les apprenants ayant des comportements très différents des autres. Les mini-graphes dans la colonne "Évolution" offrent un aperçu des tendances d'activité, afin de saisir d'un coup d'œil les différentes démarches d'élaboration de la carte mentale (e.g. ajout d'éléments forts au début puis décroissant, ajout/suppression constant). Les filtres permettent de trier par ordre croissant et décroissant.

En cliquant sur l'icône en forme d'œil, l'utilisateur peut accéder à un volet contenant les détails de chaque carte (à droite sur la figure 2). La partie supérieure contient l'ensemble de ressources Web ajoutées par l'apprenant. La partie inférieure permet de rejouer le processus de construction grâce à une navigation temporelle dans une version simplifiée de la carte.

#### 4.3 Architecture logicielle

Au centre de l'architecture du projet se trouve la plateforme *MétaÉducation* (Figure 3). Utilisée en classe, elle est accessible aux élèves via leur Espace Numérique de Travail (ENT), habituellement utilisé pour la vie de la classe tout au long de





**Figure 2.** Capture d'écran de l'interface du tableau de bord

l'année. Une fois connectés à leur ENT, les élèves peuvent se rendre sur le logiciel d'élaboration de cartes mentales Renkan. Chacune des actions réalisées lors de l'utilisation de Renkan est enregistrée dans le *Learning Record Store* (LRS) Learning Locker<sup>2</sup> selon le standard xAPI<sup>3</sup>, ensuite accessible depuis un service web. Les actions des apprenants stockées selon le standard xAPI contiennent les verbes CREATE, UPDATE, DELETE, VIEW, et MOVE. Tous les noms des élèves participants ont été anonymisés.

**Collecte des données** L'extraction des traces collectées se fait depuis une autre machine grâce au logiciel *xapi-client* développé en Python pour ce projet. *xapi-client* permet d'une part d'obtenir les traces à intervalles réguliers, et d'autre part d'effectuer un ensemble de pré-traitements nécessaires pour la navigation temporelle dans les graphes créés par les élèves : 1) Extraction des informations depuis le format xAPI, 2) Reconstruction des états successifs des cartes de graphes depuis leur création, 3) Identification des différentes actions effectuées, et 4) Stockage des données ainsi pré-traitées.

**Calcul des indicateurs et visualisation** Une application Web client-serveur permet de produire le système de visualisation du tableau de bord lui-même. Le serveur utilisant NodeJS calcule les indicateurs d'après les données produites par *xapi-client*, avant de les servir via une API sous la forme de données JSON. Des listes des classes et des élèves par classe sont ainsi rendues disponibles, ainsi que l'ensemble des états des réseaux navigables depuis l'interface. Le standard xAPI nous a permis d'obtenir un format unifié et standardisé de données prêt pour le traitement des traces d'interaction apprenant.

2. <http://learninglocker.net/>

3. <http://tincanapi.com/>, aussi nommé TinCan API

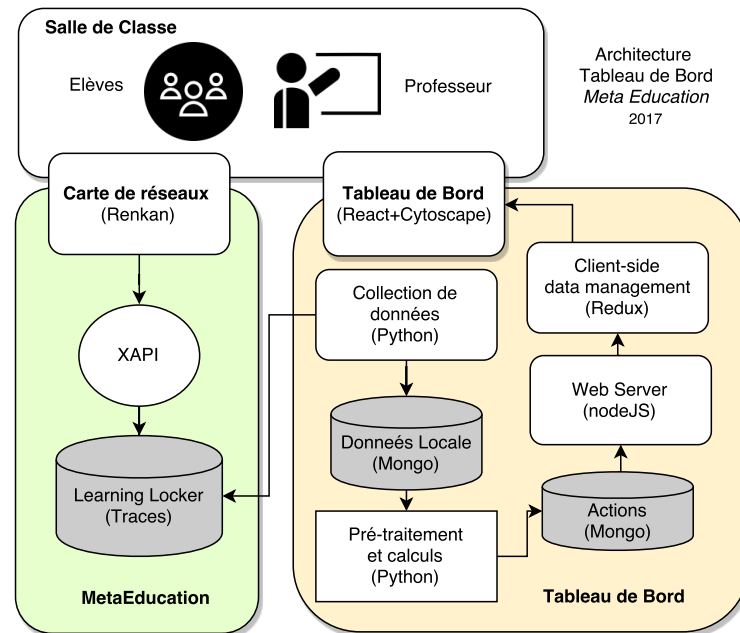


Figure 3. Architecture logicielle du système de visualisation

## 5 Évaluation

Nous avons réalisé une série d'entretiens avec des enseignants afin d'évaluer le tableau de bord proposé. Cette section présente la description de la méthode suivie ainsi que nos premiers résultats.

### 5.1 Méthode

Nous avons conduit des entretiens semi-dirigés avec trois enseignants, dont deux ayant participé aux entretiens préliminaires (c.f 3.1) et exerçant au niveau lycée. L'autre enseignant utilise fréquemment des cartes mentales construites sur ordinateur dans ses activités pédagogiques, et exerce au niveau universitaire.

Nous avons construit une grille de 16 questions à partir de nos critères d'évaluation : utilité des indicateurs et utilisabilité du tableau de bord. L'utilité des indicateurs est évaluée par des questions ouvertes, permettant à l'interviewé de rajouter des précisions autour du sujet abordé. L'utilisabilité du tableau de bord est évaluée à partir de tâches simples demandées aux participants (e.g. dire combien d'élèves ont associé plus d'un média dans leur carte, identifier les élèves qui n'ont jamais supprimé de nœuds ou de liens lors de la construction de leur carte).

Les entretiens ont été réalisés par téléphone, pendant environ 1h. Un logiciel de capture vidéo de l'écran, et un autre d'enregistrement de la voix ont été utilisés pour garder l'intégralité des discussions. Un service de partage d'écran a été également utilisé, permettant de voir les actions réalisées par l'enseignant sur le tableau de bord lorsque les tâches simples ont été demandées.

## 5.2 Résultats

Avec cette première évaluation, nous avons pu confronter notre proposition de tableau de bord et identifier certaines pistes d'amélioration.

**Utilisabilité du tableau de bord** Les moyens d'interaction proposés sur le tableau d'indicateurs de la fenêtre principale ont permis d'explorer facilement les informations disponibles (e.g. ordonner les élèves par identifiant ou par indicateur, voir les cartes mentales simplifiées). Les indicateurs les plus simples se sont avérés intuitifs pour effectuer des comparaisons. Par contre, les indicateurs représentant des ratios ont été plus difficiles à interpréter. L'indicateur "Clarté de la démarche" a été jugé ambiguë, sa légende suggérant déjà une interprétation. Des suggestions de légende telles que "Rapport entre nombre de suppressions et créations" et "Pourcentage de suppressions", ont été proposées par les enseignants. Le choix de couleurs mettant en évidence les groupes formés à partir des *z-scores* doit être retravaillé car les enseignants ont eu du mal à les interpréter. Parfois les couleurs les plus foncées ont été comprises comme celles du groupe "le plus réussi", et parfois cette interprétation a été associée aux couleurs les plus claires.

D'autre part, l'intérêt de présenter deux niveaux d'informations (individu et groupe avec le détail de chaque élève) a été confirmé. L'organisation spatiale de l'information dans le tableau de bord n'a pas suscité de remarques importantes. Les enseignants ont néanmoins précisé le besoin de pouvoir accéder à l'état final de la carte depuis le tableau de bord, via une image ou même un lien afin de comparer le processus de construction avec le résultat final obtenu. Ils ont également exprimé le besoin de tutoriels explicatifs concernant à la fois la prise en main du tableau de bord et les calculs des indicateurs.

**Utilité des indicateurs** Les indicateurs ont été considérés utiles pour le suivi de l'engagement et la compréhension des actions des apprenants dans la construction de la carte finale. Au delà de l'aide à l'identification des élèves en difficultés (objectif premier des indicateurs), un enseignant a suggéré que le tableau de bord puisse être utilisé pour l'évaluation des cartes mentales des élèves. La visualisation qui permet de rejouer la carte mentale d'un apprenant a aidé les enseignants à comprendre comment la carte a été construite, et comment l'apprenant a manipulé la structure pour obtenir la carte finale. Un enseignant a même envisagé de la présenter au créateur de la carte pour favoriser sa réflexion. La visualisation de la liste des médias intégrés dans la carte mentale apporte des éléments aux enseignants pour une évaluation du contenu de la carte.

## 6 Conclusion et perspectives

Nos travaux visent à construire des outils permettant le suivi de l'engagement d'apprenants durant l'usage de cartes mentales lors d'activités pédagogiques en classe. Nous avons choisi de nous intéresser aux dimensions cognitives et comportementales de l'engagement et de réaliser un tableau de bord pour les enseignants.

## Tableau de bord de suivi de l'engagement des apprenants

L'étape préliminaire de conception du tableau de bord s'est déroulée lors d'ateliers qui nous ont permis de collecter des informations sur l'usage pédagogique des cartes mentales et sur leur évaluation. Nous avons ensuite proposé différentes maquettes et schémas de visualisation pour comprendre les problèmes soulevés par la représentation des cartes. Nous avons alors défini différents indicateurs construits à partir des traces collectées lors de l'usage en classe, et réalisé une première version du tableau de bord enseignant, laquelle présente les indicateurs pour chaque élève, et permet notamment de rejouer la construction de chaque carte étape par étape. Les entretiens d'évaluation auprès des enseignants nous ont permis de confirmer que la plupart des indicateurs proposés permettent de mieux comprendre les processus de construction de cartes mentales. La reconstruction temporelle des graphes est apparue comme une piste intéressante qui mérite d'être poursuivie. Notre travail en cours consiste à concevoir et réaliser la prochaine version de notre prototype, qui devrait inclure de nouveaux indicateurs liés à la qualité de la carte mentale, et poursuivre nos expérimentations de terrain avec plus de classes et d'enseignants.

## Références

1. A. Anderson, D. Huttenlocher, J. Kleinberg, and J. Leskovec. Engaging with Massive Online Courses. In *Proceedings of the 23rd International Conference on World Wide Web*, WWW '14, pages 687–698, New York, NY, USA, 2014. ACM.
2. K. E. Arnold and M. D. Pistilli. Course Signals at Purdue : Using Learning Analytics to Increase Student Success. In *Proceedings of the 2nd International Conference on Learning Analytics and Knowledge*, LAK '12, pages 267–270, New York, NY, USA, 2012. ACM.
3. P. Bouvier, K. Sehaba, and E. Lavoué. A trace-based approach to identifying users' engagement and qualifying their engaged-behaviours in interactive systems : Application to a social game. *User Modeling and User-Adapted Interaction*, 24(5) :413–451, Dec. 2014.
4. B. Buzan, T. Buzan, and M. Bouvier. *Mind map, dessine-moi l'intelligence*. Eyrolles, Paris, Aug. 2012.
5. R. Carrillo, E. Lavoué, and Y. Prié. Towards qualitative insights for visualizing student engagement in web-based learning environments. In *Proceedings of the 25th International Conference Companion on World Wide Web*, WWW '16 Companion, pages 893–898. International World Wide Web Conferences Steering Committee.
6. A. J. Cañas, L. Bunch, J. D. Novak, and P. Reiska. Cmapanalysis : an extensible concept map analysis tool. 0(0).
7. D. Clow. Data Wranglers : Human Interpreters to Help Close the Feedback Loop. In *Proceedings of the Fourth International Conference on Learning Analytics And Knowledge*, LAK '14, pages 49–53, New York, NY, USA, 2014. ACM.
8. C. Coffrin, L. Corrin, P. de Barba, and G. Kennedy. Visualizing Patterns of Student Engagement and Performance in MOOCs. In *Proceedings of the Fourth International Conference on Learning Analytics And Knowledge*, LAK '14, pages 83–92, New York, NY, USA, 2014. ACM.
9. M. Davies. Concept mapping, mind mapping and argument mapping : what are the differences and do they matter ? *Higher Education*, 62(3) :279–301, Sept. 2011.

10. M. Desmarais and F. Lemieux. Clustering and visualizing study state sequences. In *Educational Data Mining 2013*, 2013.
11. M. J. Eppler. A comparison between concept maps, mind maps, conceptual diagrams, and visual metaphors as complementary tools für knowledge construction and sharing. *Information Visualization*, 5(3) :202–210, Sept. 2006.
12. J. A. Fredricks, P. C. Blumenfeld, and A. H. Paris. School Engagement : Potential of the Concept, State of the Evidence. *Review of Educational Research*, 74(1) :59–109, Jan. 2004.
13. S. Govaerts, K. Verbert, E. Duval, and A. Pardo. The Student Activity Meter for Awareness and Self-reflection. In *CHI '12 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*, CHI EA '12, pages 869–884, New York, NY, USA, 2012. ACM.
14. E. Kreyszig. *Advanced engineering mathematics*. John Wiley & Sons, 2007.
15. D. Leony, A. Pardo, L. de la Fuente Valentín, D. S. de Castro, and C. D. Kloos. GLASS : A Learning Analytics Visualization Tool. In *Proceedings of the 2Nd International Conference on Learning Analytics and Knowledge*, LAK '12, pages 162–163, New York, NY, USA, 2012. ACM.
16. E. A. Linnenbrink and P. R. Pintrich. The Role of Self-Efficacy Beliefs Ins-tudent Engagement and Learning Inthe classroom. *Reading & Writing Quarterly*, 19(2) :119–137, Apr. 2003.
17. T. D. Loboda, J. Guerra, R. Hosseini, and P. Brusilovsky. Mastery Grids : An Open-source Social Educational Progress Visualization. In *Proceedings of the 2014 Conference on Innovation &#38; Technology in Computer Science Education*, ITiCSE '14, pages 357–357, New York, NY, USA, 2014. ACM.
18. G. Molinari, B. Poellhuber, J. Heutte, E. Lavoué, D. S. Widmer, and P.-A. Caron. L'engagement et la persistance dans les dispositifs de formation en ligne : regards croisés. *Distances et médiations des savoirs*, (13), Feb. 2016.
19. J. D. Novak and D. B. Gowin. *Learning how to learn*. Cambridge University Press, Cambridge [Cambridgeshire]; New York, 1984.
20. J. D. Novak and A. J. Theoretical Origins of Concept Maps, How to Construct Them, and Uses in Education. *Reflecting Education*, 3(1) :29–42, Nov. 2007.
21. R. Pekrun, T. Goetz, W. Titz, and R. P. Perry. Academic Emotions in Students' Self-Regulated Learning and Achievement : A Program of Qualitative and Quantitative Research. *Educational Psychologist*, 37(2) :91–105, June 2002.
22. P. R. Pintrich. The role of motivation in promoting and sustaining self-regulated learning. *International Journal of Educational Research*, 31(6) :459–470, 1999.
23. J. L. Santos, S. Govaerts, K. Verbert, and E. Duval. Goal-oriented Visualizations of Activity Tracking : A Case Study with Engineering Students. In *Proceedings of the 2Nd International Conference on Learning Analytics and Knowledge*, LAK '12, pages 143–152, New York, NY, USA, 2012. ACM.
24. B. Yousuf and O. Conlan. VisEN : Motivating Learner Engagement Through Explorable Visual Narratives. In G. Conole, T. Klobučar, C. Rensing, J. Konert, and E. Lavoué, editors, *Design for Teaching and Learning in a Networked World*, number 9307 in Lecture Notes in Computer Science, pages 367–380. Springer International Publishing, 2015.
25. M. Zeidner. Chapter 10 - Test Anxiety in Educational Contexts : Concepts, Findings, and Future Directions. In P. A. S. Pekrun, editor, *Emotion in Education*, Educational Psychology, pages 165–184. Academic Press, Burlington, 2007.