

# Vers une meilleure connaissance des usages dans les environnements de travail numériques et les plateformes pédagogiques

Pierre-Alain Muller, Béatrice Amerein-Soltner, Manon Dargent, Université de Haute-Alsace

Rodrigue Galani, Sandra Meza, Université de Strasbourg

**Thème :** apprendre et enseigner avec le numérique, l'usage des plateformes pédagogiques

**Mots clés :** évaluation des usages, analyse comportementale, plateformes pédagogiques

## Résumé.

Notre projet d'évaluation des usages se situe dans le contexte de l'UNERA, l'Université Numérique en Région Alsace. Notre objectif est de parvenir à une meilleure compréhension des stratégies d'utilisation (ce que nous appelons les usages) des environnements numériques de travail, des plateformes pédagogiques et autres outils ou services numériques déployés dans nos établissements.

Dans notre approche, nous distinguons la connaissance de l'utilisation des ressources numériques (la collecte de métriques d'utilisation, par exemple le nombre de connexions, de téléchargements...) de ce que nous appelons la connaissance de l'usage de ces ressources (la compréhension des stratégies d'utilisation, de la répartition des activités dans le temps, des allers-retours entre les différents outils...).

Notre définition des usages est donc fortement centrée sur la pratique de l'utilisateur, elle a pour objectif d'apporter du sens aux données brutes collectées par la mesure des utilisations.

Notre ambition est de pouvoir confronter les intentions pédagogiques des enseignants, avec les pratiques d'apprentissages des apprenants, et de mesurer l'éventuelle distance entre ces deux aspects d'une même réalité. *In fine*, le développement du numérique dans les établissements devrait émerger des tentatives de faire converger les usages des uns et des autres.

## 1 Introduction

Après avoir porté sur les équipements par les plans MIPE et Wifi successifs<sup>i</sup>, et sur la production de contenus favorisée via les UNT<sup>ii</sup>, les efforts en matière de pédagogie numérique portent aujourd'hui sur les usages.

Une meilleure connaissance de ces derniers doit mener à une meilleure adéquation entre les habitudes du public cible, que sont prioritairement les étudiants de la génération Y pour lesquels l'usage du numérique fait partie de la vie quotidienne, et le recours approprié aux outils TIC au service des objectifs pédagogiques.

En 2008, le rôle des TIC dans la réussite individuelle de chaque étudiant, et simultanément du plus grand nombre, était déjà souligné dans le rapport Isaac<sup>iii</sup>.

Aujourd'hui la réflexion atteint une certaine maturité en ce qui concerne la manière d'enrichir ses cours au moyen des TIC, tout en intégrant l'évolutivité de ces outils qualifiés de Web2.0<sup>iv</sup>. Plus globalement, les principes d'élaboration d'un dispositif pédagogique intégrant les différentes dimensions du e-learning sont étudiés et établis<sup>v</sup>. Quant à l'impact des TICE sur la qualité de l'apprentissage des étudiants, mais aussi sur le développement professionnel des enseignants, Marcel Lebrun l'analyse dans une approche systémique<sup>vi</sup>.

Parallèlement, on continue à affiner les modalités de validation des compétences, à la fois du côté de l'apprenant et du côté de l'enseignant<sup>vii</sup>; tandis que la capitalisation des savoir-faire, via la création d'un e-portfolio susceptible de suivre l'étudiant tout au long de son cursus et au-delà, constitue le point d'orgue de cette démarche globale<sup>viii</sup>.

Notre propre questionnement et nos investigations se focalisent sur la mise en perspective des intentions pédagogiques de l'enseignant versus le comportement effectif de l'apprenant lors du recours à une plate-forme pédagogique.

La démarche déployée dans ce projet procède par fertilisation croisée, en combinant des outils d'analyse explicites (notamment des enquêtes auprès des usagers) et implicites (par l'observation des comportements au moyen de dispositifs techniques non perceptibles par les usagers). Les sections suivantes présentent les trois approches que nous déployons.

## 2 Approche par enquêtes

L'observatoire des usages du numérique de l'université de Strasbourg mène diverses enquêtes et autres études dont l'un des objectifs est de suivre de près l'utilisation effective des outils et des services numériques mis à disposition des enseignants et des étudiants. Les résultats des enquêtes lorsqu'elles sont rétrospectives permettent d'évaluer l'appropriation des outils et services tant en termes quantitatifs que qualitatifs. Cette évaluation donne une image à un temps « t » de l'état d'avancement réel d'un déploiement dont elle peut révéler les freins. Sur un plan prospectif, des expérimentations peuvent être menées en mettant un dispositif à l'usage d'un échantillon d'une population pour en étudier le développement potentiel. L'adhésion de l'observatoire des usages du numérique au centre de culture numérique de l'université permettra de développer ces études prospectives.

Dans le contexte de ses premières enquêtes, l'observatoire a cherché à établir un état des lieux des usages des différentes populations de l'université dont les enseignants et les étudiants sont les plus représentatifs.

Deux enquêtes simultanées ont été menées à l'aide de questionnaires différents selon les populations et par voie indirecte. Le questionnaire a été réalisé en ligne suite à une invitation envoyée par courriel. Le questionnaire est resté accessible en ligne pendant une durée d'un mois (hors congés et période d'examens).

Au total, 1230 étudiants en Licence et 326 enseignants toutes composantes confondues ont accepté de répondre aux questions.

### 2.1 Usages du numérique par les étudiants

Il apparaît que les étudiants ont bien intégré l'usage des outils et des services numériques de l'université. La grande majorité d'entre eux les utilise plusieurs fois par semaine. Les lieux de prédilection sont le domicile, les salles de ressources informatiques mais également tout autre lieu disposant d'une connexion wifi et d'un minimum de confort. Familiarisés à l'usage du numérique, les étudiants sont en demande de plus d'activités interactives avec leurs pairs et les enseignants. Une étude plus approfondie devra avoir lieu ; elle détaillera ces nouveaux usages souhaités par les étudiants.

### 2.2 Usage du numérique par les enseignants

Dans l'ensemble, les enseignants comme les étudiants sont sensibles aux avantages du numérique dans leur travail universitaire. Pour ceux qui ont été confrontés à des questions d'usage, les formations et les réponses des services numériques donnent satisfaction dans la majorité des cas. On note ainsi que, suite à une formation, le pourcentage d'usagers éprouvant des difficultés avec Moodle diminue sensiblement.

### 2.3 Hypothèses

Dans les faits, en dehors du téléchargement de documents, les autres activités des étudiants sur Moodle sont marginales. Les résultats de l'enquête menée auprès des enseignants montrent que les activités mises en place par les équipes pédagogiques se limitent généralement aux échanges de documents. Les données nous permettent d'émettre plusieurs hypothèses pour expliquer ces limitations :

- La première concerne l'information et la formation des enseignants. Seul un tiers des enseignants a suivi une formation (parmi ceux qui n'en ont pas suivi, 40 % estiment ne pas en avoir besoin). Si un manque d'informations peut expliquer en partie ce faible taux de présence aux différentes formations proposées, le manque de temps pour les suivre est évoqué.
- Une deuxième hypothèse suggère que l'interface proposée par Moodle apparaît aux enseignants (et aux étudiants) d'un abord difficile et peu convivial.
- Enfin une troisième hypothèse porte sur les craintes que suscite l'utilisation du numérique. Cela se traduit par le sentiment de perte de contrôle sur les contenus, d'une diminution des contacts avec les étudiants ou encore d'une altération des enseignements et de la représentation de la profession d'enseignant.

Nul doute que ces données ne représentent qu'une partie de la réalité qui, de surcroît, se veut changeante. Des enquêtes répétées et approfondies sont les seules garantes d'une interprétation qui a du sens. L'observatoire maintiendra cette approche afin de suivre de près l'évolution des usages au sein de l'université et cumuler les observations qui lui permettront d'établir des hypothèses valides. Cependant les résultats ont orienté la mise en place des dispositifs d'accompagnement et d'incitation qui prennent désormais place dans les propositions du centre de culture numérique : témoignages, conférences, débats, ateliers de formation ou tout simplement des permanences quotidiennes devraient permettre de lever certains freins et d'inciter d'avantage à l'utilisation de outils et services numériques.

### 3 Approche par analyse comportementale

L'analyse comportementale déployée au sein du projet est basée sur l'observation des mouvements de souris des usagers. Le principe est de relever la position du pointeur toutes les 5 ms, puis de dater cette position, et enfin de la rapporter au contenu survolé par le pointeur. Cette technique (dite de mouse-tracking) s'inspire des techniques de suivi du regard (gaze-tracking), en postulant que la position de la souris et la position du regard présentent des points de recouvrement (par exemple lors des clics, du parcours des menus, de la lecture d'un texte...), et qu'il est dès lors possible d'inférer les centres d'intérêts des usagers en se référant à l'observation de leurs mouvements de souris.

La technologie utilisée a été développée par le laboratoire MIPS de l'Université de Haute-Alsace, avec l'aide du fond de maturation Conectus (aujourd'hui la SATT Conectus). Elle inclut des outils d'analyse comportementale ainsi qu'un moteur de ciblage comportemental. L'étroite collaboration avec l'équipe de recherche développant l'outil, nous a permis une extrême souplesse dans la définition de nos requêtes et de nos besoins.

Nous avons équipé 3 types de sites différents :

- la plate-forme pédagogique Moodle de l'UHA
- le site du campus de la Fonderie,
- le portail des services numériques [www.e-services.uha.fr](http://www.e-services.uha.fr)

Nous utilisons des restitutions graphiques sous la forme de cartes de chaleur. Les marques d'intérêts (par exemple les clics) y sont représentés sur une échelle de couleur allant du bleu au rouge. Ce mode de représentation se révèle très intuitif, et facilite la présentation des résultats à des publics très larges.



Exemple de carte de chaleur des clics sur le portail e-services. Les zones les plus chaudes correspondent aux marques d'intérêts (ici les clics) les plus élevées.

#### 3.1 Exploration des techniques d'analyse comportementale

Dans un premier temps, nous avons découvert les possibilités offertes par les outils d'analyse comportementale. L'outil que nous avons déployé nous donne des indications générales sur la fréquentation du site, la durée de navigation et sur le profil des visiteurs. Il nous permet en outre d'ajouter de nouveaux profils ; par exemple afin de distinguer les visites des étudiants de celles du personnel.

Dans sa version de base, l'outil apporte des éléments de réponse aux questions que se pose tout responsable de site Web :

- Combien de visiteurs se connectent au site ? Reviennent-ils ? A quel moment de la journée et de la semaine compte-t-on le plus de visiteurs ?

- Quel est le profil des visiteurs ? Quelle est la proportion d'étudiants et de membres du personnel (tout personnel confondu) ?
- Quelle est la durée d'activité sur le site ?
- En moyenne combien de pages sont vues par visite par les nouveaux visiteurs, par les étudiants, par le personnel ?
- Quels sont les contenus les plus visualisés par les étudiants ? par le personnel ? Sont-ils intéressés par les mêmes contenus ? Un nouveau contenu mis en ligne est-il visualisé ? Par combien de personnes ?

Les tableaux ci-dessous donnent quelques exemples de telles indications relevées sur la période du 17 octobre au 1er décembre 2011.

	<i>Tous les visiteurs</i>	<i>Nouveaux visiteurs</i>	<i>Visiteurs fréquents</i>
<i>Total de visites du site</i>	94887	19745	75147
<i>Nombre de visites actives</i>	67282	14310	52976
<i>Profondeur de visite</i>	1 page/visite	2 pages/visite	1 page/visite
<i>Temps moyen d'activité sur le site</i>	35 s/visite	40 s/vue	34 s/vue
<i>Temps moyen de visite du site</i>	186 s/visite	196 s/vue	183 s/vue
<i>Nombre de pages vues</i>	162155	34451	127714

*Chiffres clés sur le portail e-services (17oct-1déc 2011)*

	<i>Tous les visiteurs</i>	<i>Nouveaux visiteurs</i>	<i>Visiteurs fréquents</i>
<i>Total de visualisation de la page</i>	149923	31161	118772
<i>Nombre de visualisations actives</i>	122890	25828	97071
<i>Temps moyen d'activité sur la page</i>	17 s/vue	19 s/vue	17 s/vue
<i>Durée d'affichage de la page</i>	94 s/vue	99 s/vue	93 s/vue
<i>Nombre de fois où la page a été page d'entrée</i>	92389	19278	73116
<i>Nombre de fois où la page a été page de sortie</i>	90501	18679	71827

*Chiffres clés sur la page d'accueil du portail e-services (17oct-1déc 2011)*

### 3.2 Adaptation au contexte spécifique d'une plate-forme de cours.

L'intérêt de cet outil pour le responsable d'un site Web est de pouvoir observer facilement le comportement des utilisateurs afin d'optimiser l'ergonomie du site.

Pour notre part, nous nous sommes demandés comment utiliser un outil de ce genre pour l'optimisation d'une plate-forme telle que Moodle, et quelles réponses peut apporter un outil de ce type aux problématiques d'usage pédagogique.

L'expérimentation en est encore à ses débuts. Une première phase nous a permis d'affiner nos besoins et de tester les multiples possibilités de l'outil sur la plate-forme Moodle.

	<i>Tous les visiteurs</i>	<i>Nouveaux visiteurs</i>	<i>Visiteurs fréquents</i>
<i>Total de visites du site</i>	38055	9404	28727
<i>Nombre de visites actives</i>	33493	8577	24987
<i>Profondeur de visite</i>	8 pages/visite	8 pages/visite	8 pages/visite
<i>Temps moyen d'activité sur le site</i>	170 s/visite	182 s/visite	165 s/visite
<i>Temps moyen de visite du site</i>	394 s/visite	431 s/visite	381 s/visite
<i>Nombre de pages vues</i>	288471	74407	214500

*Chiffres clés sur la plateforme Moodle (17oct-1déc 2011)*

	<i>Tous les visiteurs</i>	<i>Nouveaux visiteurs</i>	<i>Visiteurs fréquents</i>
<i>Total de visualisation de la page</i>	43409	12531	30956
<i>Nombre de visualisations actives</i>	40858	12036	28898
<i>Temps moyen d'activité sur la page</i>	12 s/vue	13 s/vue	11 s/vue
<i>Durée d'affichage de la page</i>	28 s/vue	31 s/vue	27 s/vue
<i>Nombre de fois où la page a été page d'entrée</i>	25003	7302	17767
<i>Nombre de fois où la page a été page de sortie</i>	6998	1648	5358

*Chiffres clés sur la page d'accueil de la plateforme Moodle (17oct-1déc 2011)*

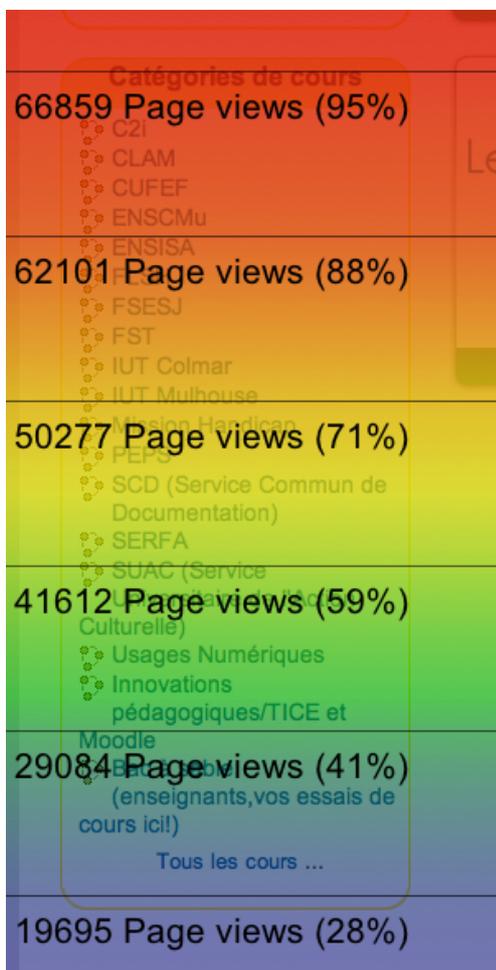
#### Exemples de cartes de chaleur

La carte de chaleur suivante montre les centres d'intérêts des visiteurs de la page d'accueil de Moodle. L'accès aux cours génère le plus d'intérêt, suivi de près par le retour sur le portail e-services. A partir de cette observation, on peut se demander s'il ne faudrait pas créer une connexion plus directe entre le portail et la partie cours de Moodle.



Dans cet exemple, les usagers s'intéressent principalement aux cours et au portail e-services.

Cette deuxième carte de chaleur représente les zones visibles de la page d'accueil de Moodle (on parle également de profondeur de scroll). Il est intéressant d'observer que les catégories de cours, classées par UFR, ne sont pas visualisées de manière homogène. On peut donc s'interroger sur la pertinence de ce classement, ou tout du moins remettre en cause le placement de cette zone sur la page d'accueil. Ce type de carte de chaleur est très indiquée pour comprendre comment les usagers s'intéressent au contenu d'une page. Il est très fréquent de constater que les pages fortement visitées, ne sont en fait pas forcément complètement visitées.



Profondeur de scroll sur la page d'accueil de Moodle. Les catégories de cours classées par UFR ne sont visibles pas tous les visiteurs.

Les fonctionnalités de l'outil ne se limitent pas à l'analyse de site Web. La solution offre également la possibilité de mettre en place des actions sur les pages Web afin d'influer sur le comportement de navigation d'un visiteur. Ceci peut-être intéressant si on souhaite par exemple tester différentes manières de mettre en avant un contenu peu visualisé ou amener le visiteur à aller sur une page en particulier. On pourra ainsi mettre en place différentes actions et les tester auprès d'un panel d'utilisateurs définis afin de déterminer l'action la plus efficace.

### 3.3 Conclusion sur le tracking du comportement

Notre contribution consiste à étendre les indicateurs Web classiques par des mesures comportementales, au moyen d'un dispositif de mouse-tracking que nous avons intégré à notre plateforme institutionnelle Moodle.

L'observation non intrusive des actions (ou de l'absence d'action) de l'apprenant permet d'investiguer un certain nombre de questions : L'apprenant suit-il le parcours « prévu » ? Exploite-t-il toutes les ressources mises à disposition ? Comment les usages varient-ils en fonction des profils des étudiants, profils pouvant être définis en appui sur l'annuaire de l'établissement ?

Aujourd'hui nous sommes en phase d'observation et de récolte des données, et dans l'identification des comportements.

Mais au-delà, nous désirons également stimuler l'activité de l'utilisateur. La seconde phase de l'étude portera ainsi sur les actions incitatives à l'égard de l'apprenant, dans le but de l'orienter dans son parcours et de le guider vers un accès optimal aux ressources.

## 4 Approche par analyse des parcours

Cette approche s'inscrit sur la pragmatique linguistique couplée aux outils de visualisation graphiques. Cette structure fait appel à deux types de définitions ; techniques et pédagogiques :

- Les définitions techniques concernent les notions de nœud, lien et graphe. Un nœud est égal à un module de fonctionnalités telles qu'un forum, un éditeur de texte et un quiz. Les liens permettent de distinguer la relation et l'orientation entre les modules. La réunion de ces nœuds et liens donne forme à un graphe qui permet de représenter les parcours réels sur la base des parcours d'experts.
- Les définitions pédagogiques permettent de distinguer les types de tâches prescrites des types de tâches réalisées. La tâche prescrite concerne la déclaration d'objectifs dans une temporalité donnée ; la tâche réalisée, l'exécution de ces objectifs.

Cet ensemble de notions a montré leur importance essentielle dans la description de la grammaire d'un site Web à fins éducatives. Ces notions représentent tous les chemins possibles entre un usager et l'accomplissement de la tâche prescrite dans le cadre d'un cursus universitaire. Un travail particulièrement productif a permis de comparer les parcours novices entre eux et avec ceux des experts.

**La cartographie sémantique** définie par Tricot<sup>ix</sup> comme un espace d'organisation d'informations. Cela est devenu aujourd'hui une activité essentielle dans le domaine de la gestion de la connaissance. **L'environnement virtuel**, défini par Quéau (1993) comme une synthèse authentique permettant de repérer physiquement le déplacement.

La notion d'**Hypertexte** proposée par Nelson<sup>x</sup> et définie comme étant la forme d'une écriture non-séquentielle. Ce concept diffère de l'hypermédia et du multimédia avec lesquels il est fréquemment confondu. L'intérêt de l'hypertexte est sa possibilité d'amplifier les informations presque illimitées et de créer des lectures multiples. **La représentation** définie par Le Ny<sup>xi</sup> comme un ensemble d'informations structurées, stockées en principe dans la mémoire sémantique, que ce soit des perceptions, des significations de mots, des idées ou des concepts. Enfin, la notion de **graphe**. Provenant des mathématiques, elle permet de structurer les informations sous la forme de diagrammes de correspondances abstraites et de réseaux.

Un autre point important à signaler est le travail en cours sur l'identification des signes composants de la sémiologie des parcours. L'état actuel de cette partie de la recherche consiste à cartographier des trajets par rapport aux clics prospectifs, rétrospectifs et d'insistance sur les modules. Mais nous sommes encore loin d'une description cohérente de la syntaxe d'un site.

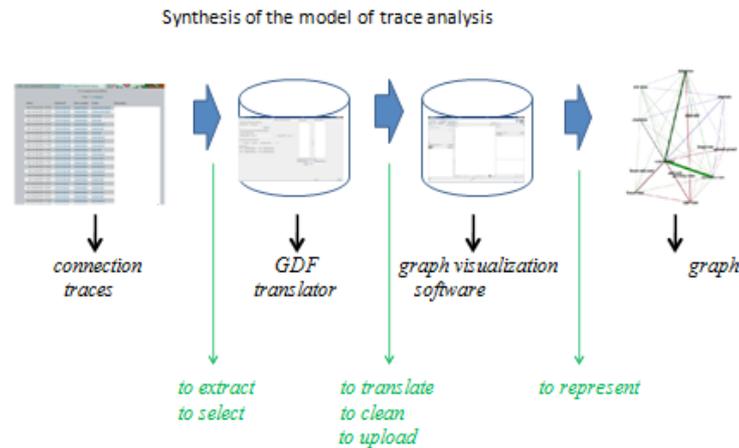
### 4.1 Présentation de l'outil de traduction de données de connexion

Nous avons défini notre outil comme un dispositif de communication médiatisée, tel que l'écriture ou le réseau Internet. Il est un objet triadique techno-sémio-pragmatique. En tant que tel, il aborde l'ensemble des interactions des trois univers, à savoir, technique, sémiotique et social. Les TIC se constituent en effet à la frontière de ces trois univers<sup>xii</sup>.

Dans un but de confort, le traducteur GDF (Generic Data Framework) permet d'afficher autant de graphes d'étudiants que l'on souhaite comparer, d'afficher le graphe moyen de tous les étudiants sélectionnés et de réaliser le graphe moyen des modules utilisés selon le style d'apprentissage des étudiants. C'est dans ce sens que notre outil de représentation du comportement sur un site Web de formation est plus adapté à notre question de recherche que les outils parallèles, à savoir les outils cartographiques des bases de données scientifiques ou ceux des représentations géographiques.

Le créateur de graphes GDF se présente en 3 parties :

- un premier module se consacre à la lecture de plusieurs fichiers de données pour les stocker ;
- un deuxième module se sert des données pour les analyser. Il permet de reconstruire les parcours utilisateurs et d'extraire les sessions selon un filtre (par dates, par tâches). Ces analyses débouchent sur des statistiques qui servent à informer sur la fréquence d'utilisation d'un module entre un instant T et un autre, et dans la globalité du parcours ;
- un troisième module génère les graphes correspondants aux analyses effectuées. Il permet une meilleure visualisation des navigations sur la base des fonctionnalités statistiques. Cette visualisation en forme de graphe devrait permettre d'analyser les différents comportements de navigation et aider à leur interprétation.



E&T, Moscow 14 - 20 September 2011, Sandra MESA

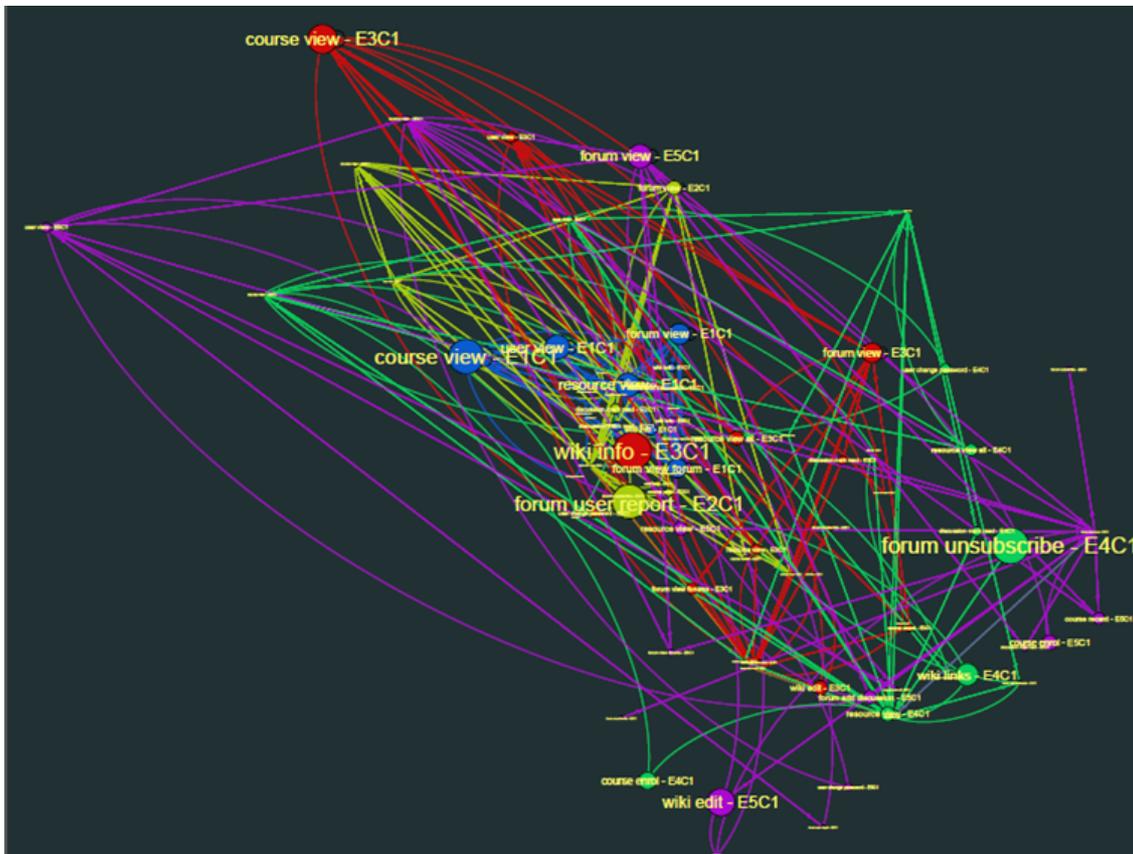
12

### *Principe général de l'outil*

Ce convertisseur a été réalisé en langage Java et présente le lien entre les unités de navigation définies sur la base des composantes et propriétés des graphes de représentation du comportement sur un site Web. Ces composantes sont :

- parcours réel – parcours référent
- parcours réel – fréquence d'usage des modules d'apprentissage – distance
- tâches prescrites – tâches réalisées

Le but de cette approche est de rendre visible un comportement selon le mode d'apprentissage de l'étudiant concerné. Grâce au graphe nous avons la possibilité de comprendre le parcours d'un étudiant à travers une tâche précise. Les modules importants (indispensables à l'accomplissement d'une tâche) apparaissent sous forme de nœuds et la fréquence d'utilisation de ceux-ci est représentée par la taille du nœud. La distance entre les nœuds sert à représenter le nombre de modules utilisés pour arriver au nœud important suivant.



*Visualisation des parcours au moyen de graphes*

En l'état actuel, nous travaillons sur trois types de représentations :

- un graphe individualisé selon le parcours référent,
- un graphe individuel selon la représentation de la fréquence d'usage des modules et la longueur des parcours,
- un graphe des parcours totaux.

## 5 Conclusion

Notre approche est basée sur la complémentarité des techniques d'investigation, ce qui nous permet de dépasser les chiffres bruts et de donner du sens aux mesures que nous effectuons. L'acquisition de masses de données comportementales, de manière totalement automatisée, et imperceptible par l'utilisateur, nous apporte un éclairage nouveau sur les usages de nos plateformes.

La combinaison de ces différentes approches nous permet d'élaborer des hypothèses, puis de mettre en place des dispositifs d'observation afin de confirmer ou d'infirmer ces hypothèses. La souplesse de nos outils nous permet de travailler de manière incrémentale et progressive.

Notre prochain objectif est de confronter les stratégies d'apprentissage des apprenants avec les intentions des enseignants. Pour ce faire, nous sommes en train de définir des stratégies d'analyse comportementale sur la plate-forme Moodle, afin de croiser le résultat des enquêtes avec le comportement réel des étudiants, en mettant un focus sur les cours scénarisés.

- i Actes du CIUEN 2006 Paris La Villette, <http://eduscol.education.fr/chrge/Actes-CIUEN-06.pdf>
- ii <http://www.universites-numeriques.fr/>
- iii <http://www.missionfourgous-tice.fr/Universite-numerique-Rapport-Isaac>
- iv <http://cursus.edu/dossiers-articles/articles/17967>
- v Comment construire un dispositif de formation ? Guide pratique à l'usage des enseignants, des formateurs, des concepteurs pédagogiques, Marcel Lebrun, Denis Smidts, Geneviève Bricoult , Collection : Guides pratiques, Editeur : De Boeck
- vi Impacts des TIC sur la qualité des apprentissages des étudiants et le développement professionnel des enseignants : vers une approche systémique. (texte) – sticef-Volume 18, 2011 - Numéro spécial : TICE
- vii <http://c2i.education.fr/>
- viii <http://www.enseignementsup-recherche.gouv.fr/cid59449/livre-blanc-eportfolio-et-enseignement-superieur.html>
- ix C. Tricot et al. « Cartographie sémantique de fonds numériques scientifiques et techniques », Document numérique 2/2006 (Vol. 9), p. 12-35. URL : [www.cairn.info/revue-document-numerique-2006-2-page-12.htm](http://www.cairn.info/revue-document-numerique-2006-2-page-12.htm).
- x T. H. Nelson. « Complex information processing: a file structure for the complex, the changing and the indeterminate », ACM '65 Proceedings of the 1965 20th national conference
- xi J. F. Le Ny « Les représentations (vues sous l'angle psychologique) », Ecole d'été Approche des sciences cognitives : les représentations, Bonas, 30 Juin 1986 – 11 juillet 1986.
- xii D. Peraya et al., « Formation des enseignants à l'intégration pédagogique des TIC : Esquisse historique des fondements, des recherches et des pratiques », Revue des sciences de l'éducation, Vol 28, n. 2, 2002, p. 243-264