

**ANALYSE D'ENVIRONNEMENTS DE GEOMETRIE DYNAMIQUE  
COLLABORATIVE DU POINT DE VUE DE L'ORCHESTRATION  
INSTRUMENTAL**

**ANALISE DE AMBIENTES DE GEOMETRIA DINAMICA  
COLABORATIVA DO PONTO DE VISTA DA ORQUESTRAÇÃO  
INSTRUMENTAL**

**ANALYSE OF COLLABORATIVE DYNAMIC GEOMETRY  
ENVIRONMENTS FROM THE INSTRUMENTAL ORCHESTRATION  
POINT OF VIEW**

*Franck Bellemain<sup>1</sup>*

**RÉSUMÉ:** De très nombreux environnements implémentent la géométrie dynamique depuis les années 80. Depuis quelques années, certains d'entre eux introduisent des fonctionnalités de communication synchrone permettant l'échange distant de contenus de géométrie. Même si la disponibilité de ces fonctionnalités d'échange est très importante, elle ne garantit pas qu'il y ait collaboration ou apprentissage entre ceux qui échangent: la conception et la conduite des situations d'apprentissage collaboratif restent primordiales. C'est dans ce sens que nous nous sommes intéressés à l'étude, par le point de vue de l'orchestration instrumentale, de ce que trois de ces environnements (Geogebra, Tabulae et Règle et compas) offrent non seulement à la communication synchrone de contenu géométriques, mais aussi à la conception et à la conduite de situations d'apprentissage collaboratif.

**MOTS-CLÉS:** Géométrie dynamique. CSCL. Orchestration instrumentale.

**RESUMO:** Existem muitos *software* implementando a geometria dinâmica desde os anos 80. Alguns deles propõem funcionalidades de comunicação síncrona permitindo a troca distante de conteúdos de geometria. Mesmo se a disponibilidade de tais funcionalidades é muito importante para dar suporte à colaboração entre parceiros, ela não garante essa colaboração assim como aprendizados: a concepção e a conduta das situações de aprendizagem colaborativa continuam primordiais. Nesse sentido, nos interessar-nos-emos ao estudo, do ponto de vista da orquestração instrumental, do que três de tais ambientes de geometria dinâmica colaborativa (Geogebra, Tabulae e 'Regua e compasso') oferecem não somente para a comunicação síncrona, mas também para a concepção e conduta de situações de aprendizagem colaborativa.

**PALAVRAS-CHAVE:** Geometria dinâmica. CSCL. Orquestração instrumental.

---

<sup>1</sup> Doutor em Didática da Matemática; Professor Adjunto do Centro de Artes e Comunicação da Universidade Federal de Pernambuco; Membro do Programa de Pós-Graduação em Educação Matemática e Tecnológica da UFPE. E-mail: f.bellemain@gmail.com.

**ABSTRACT:** Numerous software implements Dynamic Geometry since the 80s. Some of them introduce functionalities of synchronous communication allowing distant exchanges of geometric contents. Even if the availability of such functionalities is very important, it doesn't guaranty collaboration or learning between the partners of exchanges: the conception and conduct of collaborative learning situations is a key issue. It's in this sense that we are interested in studying, through the instrumental orchestration, what three of these software (Geogebra, Tabulae and Compass and Ruler) are offering for supporting conception and conduct of collaborative learning situations, beyond the functionalities for the synchronous communication of geometric contents.

**KEYWORDS:** Dynamic geometry. Collaboration. Instrumental orchestration.

## **INTRODUCTION**

Ce travail s'inscrit dans le cadre d'un projet à long terme mené par le groupe de recherche LEMATEC<sup>i</sup> qui propose de concevoir et développer des outils informatiques permettant l'orchestration (TROUCHE, 2003; DRIJVERS et al., 2010) de situations d'enseignement de contenus mathématiques intégrant des outils interactifs (micromondes, simulations, jeux) de manipulation d'objets mathématiques dans le contexte de l'enseignement à distance.

Comme première étape de ce projet, nous avons choisi de nous engager dans l'investigation des moyens informatiques qui permettent que des activités mathématiques puissent effectivement être organisées dans un environnement virtuel pour l'apprentissage (LMS)<sup>ii</sup>. Dans ce travail d'investigation, nous cherchons surtout à déterminer quelles sont les interactions possibles, à travers une plateforme d'apprentissage en ligne, entre les apprenants, entre les apprenants et le ou les enseignants, ou encore entre les enseignants eux-mêmes, et finalement comment l'activité mathématique en ligne peut être insérée dans ces interactions.

Dans ce contexte, plusieurs micromondes de géométrie dynamique offrent la possibilité d'organiser des activités de géométrie en ligne permettant à plusieurs participants distants d'interagir, échangeant des contenus de géométrie. Nous avons donc cherché à mieux comprendre l'apport de ces environnements et leur intégration à l'enseignement. Parmi ces environnements, nous nous sommes essentiellement intéressés à "GeoGebra"<sup>iii</sup>, "Tabulae"<sup>iv</sup> et "CARMetal"<sup>v</sup>. Plusieurs raisons au choix de ces environnements: d'abord il s'agit de logiciels libres, ensuite ils sont les logiciels libres de géométrie dynamique parmi les plus utilisés au Brésil<sup>vi</sup>, et enfin ils enrichissent notre analyse en proposant chacun des fonctions d'interaction et de gestion de l'interaction différentes. La restriction de l'étude aux environnements de géométrie dynamique collaboratifs vient aussi du fait qu'il s'agit d'un domaine que nous connaissons particulièrement bien et nous cherchons à

comprendre ce que la géométrie dynamique, qui a des apports spécifiques à l'apprentissage de la géométrie dans un cadre individuel, apporte à cet apprentissage dans un contexte d'échanges entre apprenants et/ou enseignants de contenus de géométrie médiées par l'ordinateur.

Dans le contexte plus spécifique de la collaboration, le seul fait de pouvoir interagir à plusieurs sur une activité, notamment une activité de géométrie, ne garantit pas qu'il y ait collaboration entre les participants, ou que cette collaboration produise des apprentissages en géométrie. "Collaboration of the future will be more complex than just chatting - verbally or electronically - with a friend" (STAHL, 2006b, p. 1). Au delà des questions techniques, élaborer et gérer une situation d'apprentissage collaboratif semble un problème particulièrement complexe. Cela nécessite en particulier un profond changement de paradigme d'apprentissage qui amène d'ailleurs souvent à aborder l'apprentissage collaboratif comme méthode pédagogique, autant que comme processus social et cognitif.

Un tel changement affecte évidemment le travail de l'enseignant. Il l'affecte, on vient de le dire, pour ce qui est de la conception de situations ou de scénarios d'apprentissage collaboratif, mais il affecte aussi le rôle de l'enseignant dans la mise en œuvre et la gestion de ces situations. En effet, même s'il semble que l'un des éléments important pour le bon fonctionnement d'une situation d'apprentissage collaboratif soit son caractère a-didactique (BROUSSEAU, 1998) et l'implication de ses participants, même si les interactions entre pairs ont un rôle central à jouer dans ce bon fonctionnement, les médiations de l'enseignant pendant le déroulement d'une telle situation sont importantes. On peut donc se poser la question de la disponibilité, dans les environnements proposant des fonctionnalités pour l'apprentissage collaboratif tels que ceux cités ci-dessus, de supports pour l'enseignant aussi bien pour l'élaboration que pour la gestion de situations d'apprentissage collaboratif.

Parce que la notion d'orchestration instrumentale apparaît comme une nécessité pour l'enseignant "dans des environnements technologiques complexes qui proposent une multiplicité d'outils [...]" (TROUCHE, 2003, p. 36) comme c'est le cas des environnements qui incluent des micromondes, nous en avons choisi le cadre théorico-méthodologique pour développer quelques principes d'une systématique d'analyse d'environnements informatiques pour l'apprentissage collaboratif. Nous voyons la notion d'orchestration comme permettant l'élaboration de principes aussi bien pour l'analyse que pour le développement d'outils ou d'environnements informatiques de support à l'élaboration et la gestion de situations d'apprentissage collaboratif. Nous considérons, en particulier, que

la notion d'orchestration instrumentale qui vise à modéliser l'activité d'ingénierie de l'enseignant dans les environnements technologiques complexes, peut aussi modéliser, au moins partiellement, l'activité de l'ingénieur concepteur d'EIAH<sup>vii</sup>.

Nous présentons dans ce texte les quelques principes auxquels nous avons abouti par ce choix théorico-méthodologique d'analyse d'environnements informatiques pour l'apprentissage collaboratif. Puis nous les appliquons à l'analyse des trois environnements GeoGebra, Tabulae et CaRMetal. Cette analyse n'est pas faite dans un but de comparaison ou d'évaluation des environnements, mais plutôt dans celui de comprendre les apports de chacun d'eux à l'orchestration de situations d'apprentissage collaboratif en géométrie. Ces analyses sont faites a priori dans le cadre d'une évaluation "par inspection" (SENACH, 1990). Elles devraient être complétées par une mise en œuvre des environnements dans des situations pour évaluer l'importance pour l'apprentissage collaboratif des caractéristiques dégagées, ce qui sort du cadre de la présente contribution.

## **CRITERES POUR L'ANALYSE**

L'objectif de cette section est de dégager et mettre en œuvre quelques critères permettant l'analyse des environnements pour l'apprentissage collaboratif en mathématiques. Cette analyse a pour but d'aider à mieux utiliser ces environnements dans des situations d'apprentissage collaboratif. A plus long terme, les critères définis peuvent appuyer la conception d'un cahier des charges pour l'élaboration d'un nouvel environnement.

La mise en évidence de principes, que ce soit pour l'analyse comme pour le développement d'EIAH, ne se situe pas exactement dans le cadre habituel de l'ingénierie de logiciels, en tout cas tel que l'on conçoit ce cadre de façon un peu naïve. En effet, il ne s'agit pas d'engager une réflexion théorique et méthodologique mettant en œuvre des modèles psychologique, pédagogique, didactique, ... pour spécifier un environnement en vue de son développement ou des outils d'analyse d'environnements existant. Il s'agit plutôt d'un processus dialectique, comme l'est l'ingénierie didactique, par exemple, dans lequel les résultats d'analyse apportent autant d'éléments d'information sur les objets analysés que sur la systématique choisie. Dans notre cas, nous avons élaboré nos critères d'analyse autant par des réflexions théoriques que par l'exploration plutôt empirique de divers environnements ou artefacts utilisés dans des situations d'apprentissage collaboratif.

Quoiqu'il en soit, nous présenterons, non pas le processus, mais l'état de nos réflexions. Pour cela, dans le premier paragraphe, nous dégagerons quelques propriétés

d'artefacts destinés à permettre la collaboration à partir de travaux autour de la conception et l'utilisation de supports informatiques pour l'apprentissage collaboratif: CSCL<sup>viii</sup>. Dans le second paragraphe, nous verrons comment ces artefacts, et leurs propriétés, peuvent être orchestrés pour la conception et la conduite de situations d'apprentissage collaboratif. Cette étude débouche ensuite sur une grille d'analyse des environnements choisis.

## **CSCL**

Nous débuterons notre réflexion par la caractérisation, désormais classique, de Roschelle et Teasley (1995, p. 70) de la collaboration qui, pour eux, est "[...] a coordinated, synchronous activity that is the result of a continued attempt to construct and maintain a shared conception of a problem". Cette définition, qui s'intéresse à la collaboration comme processus social et cognitif, assemble plusieurs notions clefs: coordination, synchronisme, activité, continuité, construire et maintenir, partage, conception, problème. Si toutes sont importantes pour caractériser une collaboration, deux d'entre elles ont une place particulière dans les développements informatiques de supports à l'apprentissage collaboratif, probablement de part le défi technologique qu'elles constituent, il s'agit des notions de synchronisme et de partage. En fait, dans le contexte informatique, une activité synchrone et partagée est comprise comme une activité dans laquelle les acteurs travaillent ensemble et au même moment sur les mêmes objets. Effectivement, de ce point de vue, on comprend qu'il y ait un défi technique à relever. Relativement à la collaboration, l'hypothèse sous-jacente est que le fait que les échanges soient *synchrones* et que les partenaires travaillent sur les *mêmes objets* favorisent une construction partagée de connaissances entre ces partenaires. En fait, ces conditions de synchronisme et de partage ne sont ni nécessaires ni suffisantes pour qu'il y ait collaboration. Dillenbourg (1999, p. 20) signale notamment, à propos de la question du synchronisme, que : "'doing something together' implies rather synchronous communication." (souligné par l'auteur). Mais, pour lui, "In fact, this dichotomy corresponds to the underlying technology, but not to the real performance of communicative systems" ajoutant que "In other words, synchronicity is less a technical parameter than a social rule".

Il en est de même de la question de la "construction et du maintien d'une conception partagée d'un problème" qui ne dépend pas strictement du fait de pouvoir partager un même espace de travail (DILLENBOURG, 1999, p. 20).

Quoiqu'il en soit, en considérant les deux dimensions : partage ou non d'un même espace et synchronisme ou non des échanges, on arrive à la caractérisation de 4 types

d'artefacts informatiques proposant 4 formes possibles d'échange entre leurs utilisateurs, types que nous avons organisés dans le

Tableau 1 :

Tableau 1: Distribution des artefacts informatiques en fonction de leurs caractéristiques de synchronisme des échanges et de partage de l'espace de travail.

	Partagé	Non partagé
Synchrone	Etherpad	Chat
Asynchrone	Wiki	Forum

\* Tableau élaboré par l'auteur de cet article.

Les forums permettent des échanges non synchrones, alors que les "chats" permettent des échanges synchrones. Des environnements comme "wikimedia" permettent de partager un même document de manière non synchrone, c'est-à-dire que lorsqu'un utilisateur édite le document, les autres n'y ont pas accès, alors que "etherpad"<sup>ix</sup> permet de partager un même document de manière synchrone, c'est-à-dire que ses auteurs peuvent tous l'éditer en même temps. Les environnements cités ici permettent l'édition de textes, mais il ne s'agit que d'exemples, beaucoup d'autres environnements permettent de manipuler divers systèmes de représentation, c'est le cas en particulier des environnements de géométrie dynamique que nous avons choisi d'analyser.

Si aucune de ces formes d'échange ne garantit l'émergence d'une collaboration entre les partenaires, chacune d'elles peut jouer, dans une situation d'apprentissage collaboratif, un rôle différent et peut nécessiter des interfaces différentes. Prenant le cas de la géométrie dynamique, nous considérons comme différentes, aussi bien du point de vue des besoins en interface que des apports à l'apprentissage collaboratif, une activité dans laquelle le micromonde de géométrie est utilisé pour construire une figure de géométrie qui sera ensuite "postée", et une activité dans laquelle le micromonde est le lieu des échanges et des raisonnements des différents utilisateurs. Nous n'irons pas plus loin dans ce texte sur ce sujet et l'explorerons à une autre occasion, mais nous considérons ici les notions de synchronisme et partage comme importante pour différencier les supports informatiques à la collaboration.

En fait, en se plaçant dans une perspective pédagogique et didactique, pour exploiter ces différentes possibilités d'échanges mises à disposition par les développements informatiques, il est nécessaire de concevoir des situations et des scénarios qui organisent ces

échanges pour favoriser la collaboration et les apprentissages. On peut, comme Stahl (2006a, p. iv) le fait, se placer dans le cadre du développement de technologies:

[...] we need to design technologies that can serve as mediators of person-to-person interaction that goes beyond superficial socializing and exchange of opinions to engagement in deep knowledge building .

Nous prenons, en partie, la même orientation, pour le développement comme pour l'analyse, puisque nous cherchons à déterminer le support que l'ordinateur peut offrir à l'organisation et la médiation des situations d'apprentissage collaboratif. C'est aussi l'orientation des concepteurs des environnements de géométrie dynamique collaborative que nous avons choisie d'analyser, puisqu'ils ne mettent pas à disposition simplement un espace de travail pour l'édition partagée et distante de figures de géométrie. Ils embarquent aussi des éléments de support à l'organisation et la gestion de situations d'apprentissage collaboratif. Nous parlerons d'EIAH pour l'apprentissage collaboratif.

En prenant l'orientation du développement de technologies, il ne s'agit pas de réduire ou d'éliminer l'action du professeur. Même si elle est différente du contexte de l'enseignement habituel, l'action de l'enseignant est importante pour les situations d'apprentissage collaboratif. Elle est importante pour organiser et/ou contextualiser les environnements ou artefacts permettant la collaboration dans le contexte d'enseignement-apprentissage dans lequel le professeur intervient. Elle est aussi importante pour des médiations dans le déroulement d'une collaboration lorsqu'elles s'avèrent nécessaires et que l'environnement informatique ne les prend pas en charge.

Considérant la conception des environnements d'apprentissage collaboratif comme le résultat d'un travail d'ingénierie d'EIAH et l'élaboration et la mise en œuvre de situation d'apprentissage comme le résultat du travail d'ingénierie du professeur, nous nous intéressons à un cadre qui permette d'analyser ces deux ingénieries. Il nous semble en effet important de pouvoir analyser globalement un EIAH et son utilisation en investiguant ce qui est conçu soit par l'ingénieur informaticien, soit par le professeur. Il peut y avoir des variations importantes sur la position de la frontière entre ce qui a été construit par l'ingénieur et ce qui doit être construit par l'enseignant. La notion d'EIAH dans ce contexte est à prendre au sens large et plutôt que d'Environnement Informatique, nous parlerons d'Environnement Informatisé d'Apprentissage Humain. "Il y a alors EIAH si c'est le système élargi (l'artefact informatique, la situation pédagogique créée, les différents acteurs et leurs rôles) qui est considéré, [...]" (TCHOUNIKINE et al., 2004, p.2).

C'est dans ce contexte que nous avons opté pour l'orchestration instrumentale (TROUCHE, 2003) qui nous semble en mesure de modéliser la conception et la mise en œuvre d'EIAH pour l'apprentissage collaboratif.

## **L'ORCHESTRATION INSTRUMENTALE**

Nous prenons comme point de départ la définition de l'orchestration instrumentale donnée par Drijvers et al. (2010, p. 214):

An instrumental orchestration is defined as the teacher's intentional and systematic organization and use of the various artifacts available in a - in this case computerized - learning environment in a given mathematical task situation.

Par cette définition, nous la considérons comme une modélisation de l'ingénierie du professeur et la voyons comme pouvant caractériser aussi bien le travail de l'ingénieur que celui du professeur lorsqu'ils conçoivent un EIAH.

La métaphore de l'orchestration instrumentale qui nous vient de la musique, nous permet diverses analogies. L'enseignant devient le chef d'orchestre et la classe l'orchestre, la situation d'enseignement devient la partition à jouer, etc. Certains (MONTUORI, 1996; TROUCHE, 2005) poussent les analogies plus loin en comparant différents type d'orchestre à différentes formes d'enseignement, l'orchestre symphonique étant plutôt associé au cours magistral et le groupe de jazz plutôt associé à une forme plus ouverte comptant sur les contributions de chacun et laissant plus de place à l'improvisation. Improvisation est à prendre ici dans le sens d'accomplir une action sans y être préparé, cela concerne l'élève pour lequel l'activité proposée doit être suffisamment ouverte pour favoriser de sa part des actions nouvelles pour lui. L'improvisation s'apprend, l'élève doit s'impliquer, doit apprendre à chercher. L'improvisation pour l'enseignant est plutôt à prendre au sens de la nécessité d'ajustement in situ et adaptés aux contributions de chacun. L'analogie de l'orchestration instrumentale avec l'orchestre de jazz devient particulièrement intéressante dans le contexte de l'apprentissage collaboratif puisque le jazz semble se construire par une interaction entre les musiciens, interaction dont les caractéristiques ressemblent beaucoup à celle de la collaboration (MONTUORI, 1996). "Musicians push each other to perform better in a spirit of mutual support, trust, and partnership. The music is an emergent property of the whole band" (MONTUORI, 1996, p. 59). On retrouve ainsi l'importance de l'implication des participants, de leur partenariat, de leur capacité d'écoute et disposition à produire ensemble. Comme l'improvisation, ces qualités des participants s'apprennent, où plutôt s'acquièrent



dans l'activité collaborative. On retrouve ici la notion de *grounding* (BAKER et al., 1999). La production du groupe (les connaissances construites, la musique) doit être regardée tant sur le plan collectif qu'individuel. Le professeur a un rôle de catalyseur et modérateur des interactions et d'institutionnalisation des connaissances qui émergent de la collaboration, "le chef d'orchestre ayant un rôle de mise en forme, en phase, de l'ensemble" (TROUCHE, 2005, p. 279).

Un autre intérêt que nous trouvons à l'orchestration instrumentale pour notre analyse est qu'elle prend en compte, de façon explicite, la gestion des artefacts et assiste ainsi les genèses instrumentales qui se développent dans ce contexte.

Une orchestration instrumentale prend en compte la nécessité de guider les apprenants dans les genèses instrumentales et dans l'évolution et l'équilibrage de leurs systèmes d'instruments (TROUCHE, 2003, p. 38).

Même si les environnements que nous avons choisis d'analyser ne sont pas exactement des artefacts au sens de Trouche (2003, p. 7): "j'utilise le mot artefact pour désigner un objet technique nu, indépendamment de toute relation avec un usager", ils sont construits sur des micromondes de géométrie dynamique qui en font partie. Il nous paraît donc pertinent de regarder les choix de gestion des artefacts de géométrie dynamique que font chacun des environnements choisis pour organiser et gérer des situations d'apprentissage collaborative. Au delà de la géométrie, et restant dans les mathématiques, la question de la gestion des artefacts et des genèses instrumentales a de notre point de vue une importance particulière du fait du rôle central et de la richesse des systèmes de représentations en mathématiques.

Trois éléments composent l'orchestration instrumentale: la configuration didactique initiale, le mode d'exploitation et la performance didactique (DRIJVERS et al., 2010). La configuration didactique initiale caractérise l'agencement des artefacts. Le mode d'exploitation s'intéresse à la gestion de cet agencement. La performance didactique modélise les actions du professeur relatives à la gestion des artefacts pendant la mise en œuvre de la situation.

Se poser le problème de l'orchestration de situations d'apprentissage collaboratif conduit assez naturellement à s'intéresser à la notion de macro-script:

The term '*script*' has been used for describing methods that structure face-to-face collaborative learning. We use scripts here in the latter meaning, i.e., as a pedagogical scenario used in a computer-mediated setting (DILLENBOURG ; TCHOUNIKINE, 2007, p. 5, souligné par les auteurs)

Les macro-scripts constituent une réponse technologique au problème de la conception de scénarios pour l'apprentissage collaboratif. Même si la plupart des macro-scripts proposent une structuration "forte" des situations et scénarios d'apprentissage collaboratif, ils ne sont pas complètement prédéterminés et laissent une part d'orchestration au professeur. Dillenbourg et Tchounikine (2007) introduisent d'ailleurs la notion de flexibilité pour caractériser cet espace d'intervention du professeur dans la définition et la mise en œuvre d'un macro-script. Toujours selon Dillenbourg et Tchounikine (2007), l'espace d'intervention du professeur dans la configuration et mise en œuvre d'un macro-script s'organise autour de différents éléments: *script edition*, *script instantiation*, *session set up* et *run time*. On peut faire correspondre partiellement ces différents éléments aux trois éléments de l'orchestration instrumentale, c'est ainsi que nous voyons dans les *script edition* et *script instantiation*, la confection de la configuration didactique initiale, dans *le session set up*, la définition du mode d'exploitation et dans le *run time*, la performance didactique.

Pour revenir à notre analyse, nous ne regardons pas les environnements de géométrie dynamique collaborative en cherchant à y repérer des éventuels macro-scripts qu'ils implémenteraient. Ces environnements ne poussent pas la structuration de l'apprentissage collaboratif aussi loin que le font les macro-scripts et laissent au professeur le choix de cette structuration. C'est donc plutôt du point de vue de l'orchestration instrumentale, centrée sur le professeur, que nous avons choisi d'analyser "GeoGebra", "Tabulae" et "CaRMetal". Comme l'orchestration instrumentale n'est pas spécifique à l'apprentissage collaboratif alors que les macro-scripts si, nous retenons de ces macro-scripts les caractéristiques qu'ils utilisent pour structurer l'apprentissage collaboratif. Nous situons ces caractéristiques par rapport à la configuration didactique initiale, le mode d'exploitation et la performance didactique grâce à la correspondance entre ces trois éléments et les éléments de configuration et mise en œuvre des macro-scripts.

Nous venons de voir l'apport théorico-méthodologique de l'orchestration instrumentale pour l'élaboration et la conduite de situation d'apprentissage et la lecture qu'elle permet de la notion de script de collaboration utilisée par les concepteurs d'environnements pour l'apprentissage collaboratif. Nous allons maintenant regarder quels supports les environnements de géométrie dynamique choisis proposent relativement aux trois éléments de l'orchestration instrumentale.

## GRILLE D'ANALYSE

Pour notre analyse des environnements, nous considérons cinq caractéristiques qui reprennent les notions de partage et de synchronisme discutées à propos de la collaboration, ainsi que les composantes (groupes, participants, rôles, activités, ressources) et mécanismes (formation des groupes, distributions des composants, séquence) de macro-script (KOBBE, 2005; DILLENBOURG; TCHOUNIKINE, 2007). Pour simplifier notre grille d'analyse dans cette première étape de notre travail, nous ne retiendrons pas la composante de *ressource*. C'est plutôt par l'augmentation de la complexité d'analyse que cela représente que par le fait qu'elle est négligeable, que nous ne regarderons pas les environnements du point de vue du support qu'ils offrent à l'accès à des ressources. Ces cinq caractéristiques que nous retenons et à propos desquelles nous regarderons les possibilités de configurations pour le professeur sont donc:

- L'espace de travail (ou la nature sociale de l'activité) qui peut être:
  - privé et accessible que sur le poste de travail d'un utilisateur<sup>x</sup>,
  - d'échanges, c'est-à-dire que le travail d'un utilisateur peut-être vu par les autres, mais ils ne peuvent modifier ce travail,
  - partagé, c'est-à-dire que plusieurs utilisateurs (un groupe, un classe, etc) travaillent ensembles sur le même document (texte, figure, etc.).
- Le mode des interactions (synchronisme des interactions), l'activité de l'utilisateur étant, suivant que l'espace soit d'échange ou partagé:
  - Publiée par l'utilisateur au moment où il le décide (instantané d'une production),
  - Publiée en continue par l'environnement, mais sans que tous les utilisateurs puissent intervenir en même temps (avec prise de contrôle),
  - Publiée en continue par l'environnement, tous les utilisateurs pouvant intervenir en même temps (sans prise de contrôle).
- La composition des groupes. Il s'agit en particulier de regarder s'il est possible de définir plusieurs groupes pour une même activité, ou si elle sera ouverte à toute la classe, ou même ouverte à n'importe quel utilisateur. Dans le cas de la possibilité de définir des groupes, on peut regarder s'il existe la possibilité de modifier les groupes en cours de session ou s'ils sont fixés au préalable.
- Le rôle des utilisateurs qui peut être de simple observateur ou auteur, c'est-à-dire qu'il peut publier sa production ou intervenir sur un document partagé. Dans le cas de pouvoir

Intervenir, on peut regarder s'il existe la possibilité de définir des niveaux d'intervention (certaines fonctions autorisées et d'autres non).

- La modération des interactions. Cette modération, dans le cas du CSCL, est toujours faite par l'ordinateur dans le sens où les interactions sont médiées par celui-ci, mais on peut se poser la question de savoir qui est le modérateur de ces interactions, c'est-à-dire si une publication ou une intervention sur une figure est sous la responsabilité de chaque participant ou s'il existe un intermédiaire (le professeur, un élève désigné, etc) qui "autorise" ou non la publication ou l'intervention.

Du point de vue de l'orchestration, nous considérons la définition de l'espace de travail et de la nature des interactions comme relevant de la configuration didactique initiale. La définition de la composition des groupes et du rôle de chacun relève de l'exploitation didactique. La modération, mais aussi les modifications relatives aux autres caractéristiques faites (quand cela est possible) en cours de session, relèvent de la performance didactique.

Tous ces éléments sont regroupés dans le  
Tableau 2.

Tableau 2: Grille d'analyse des environnements de géométrie dynamique collaboratifs

	Espace	Privé	D'échanges	Partagé
Config.	Interactions		Publier Synchrone	Publier Synchrone Concurrent
Exploitation	Composition	Élève Binôme Groupe	Classe entière, groupe, ouvert Composition préalable/dynamique	
	Rôle		Observateur Auteur	Observateur Intervenant (niveau)
Perf.	Modération		Elève Ordinateur Professeur	

\* Tableau élaboré par l'auteur de cet article.

Même si cette grille a ses limites, elle regroupe déjà plusieurs variables de configuration pour l'élaboration et la mise en œuvre de situations ou scénarios d'enseignement. Nous avons choisi de l'appliquer aux trois environnements "GeoGebra", "Tabulae" et "CaRMetal" afin de déterminer comment ils se situent par rapport à ces caractéristiques et les valeurs qu'elles peuvent prendre.

## ANALYSE

Nous proposons une application succincte de la grille à chaque environnement pour ensuite commenter globalement les résultats obtenus par cette application.

## CARMETAL

Figure 1: Interface de CARMetal



\* Image-écran du logiciel CARMetal, version 3.7.7 - bêta.

"CARMetal" est un environnement de géométrie dynamique produit par Eric Hakenholz à partir du moteur géométrique de "Compass and Rulers"<sup>xi</sup>. Il propose des fonctionnalités qui permettent de le considérer comme un environnement de géométrie dynamique collaboratif. Il est possible de le faire fonctionner selon deux modes, l'un étant explicitement dénommé "travail collaboratif". Le changement de mode de fonctionnement peut être fait en cours de séance. Considérant ces deux modes, il permet de proposer des activités dans les trois espaces: privé, d'échange et partagé. La grille appliquée à CARMetal donne le résultat du

Tableau 3.

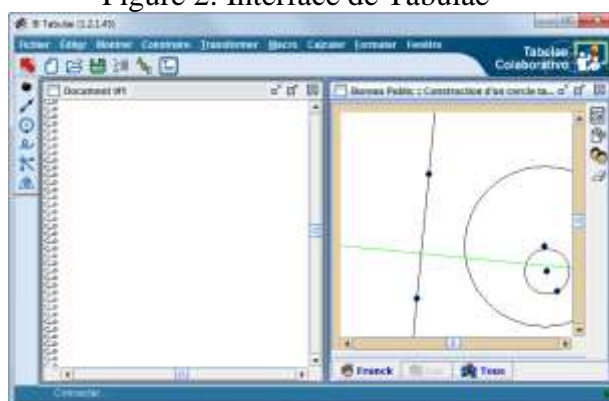
Tableau 3: Application de la grille à CARMetal

Conf.	Espace	Privé	D'échanges	Partagé
		Interactions		Synchrone
Exploit.	Composition	Élève Binôme Groupe	Ouvert	
	Rôle		Auteur	Intervenant (niveau)
Perf.	Modération		Elève Ordinateur Professeur	

\* Tableau élaboré par l'auteur de cet article.

## TABULAE COLABORATIVO

Figure 2: Interface de Tabulae



\* Image-écran du logiciel Tabulae, version de mai 2011.

Tabulae Colaborativo est un environnement de géométrie dynamique permettant l'édition synchrone et à distance de figures de géométrie. Il est développé au LIMC - Laboratório de Pesquisa e Desenvolvimento em Ensino de Matemática e Ciências - de l'Université Fédérale de Rio de Janeiro. La grille appliquée à "Tabulae Colaborativo" donne le résultat du \* **Tableau élaboré par l'auteur de cet article.**

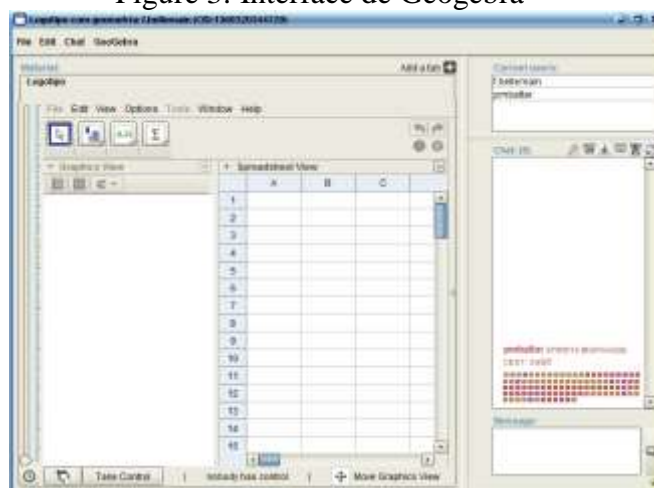
Tableau 4: Application de la grille à Tabulae Colaborativo

	Espace	Privé	Partagé
Conf.	Interactions		Concurrent
Exploit.	Composition	Élève Binôme Groupe	Classe entière, groupe Composition préalable
	Rôle		Observateur Intervenant
Perf.	Modération		Elève Ordinateur Professeur

\* Tableau élaboré par l'auteur de cet article.

## GEOGEBRA

Figure 3: Interface de Geogebra



\* Image-écran du logiciel GeoGebra en ligne, tirée en juin 2013.

Geogebra est développé par une équipe fondée autour de Markus Hohenwarter. Il ne s'agit pas spécifiquement d'un environnement de géométrie dynamique puisqu'il intègre en plus des fonctionnalités de calcul formel, tableur, grapheur, statistique et calcul différentiel. Il en existe deux versions qui intègrent des fonctionnalités exploitant le réseau internet: GeogebraNet et une version "Multi User Geogebra" intégré au "Virtual Math Team"<sup>xii</sup>. Nous nous sommes intéressés à cette deuxième version qui propose explicitement des fonctionnalités pour la collaboration. La grille appliquée à "Multi User Geogebra" donne le résultat du tableau 5.

Tableau 5: Application de la grille à Multi User Geogebra

Conf.	Espace	Privé	Partagé
		Interactions	
Exploit.	Composition	Élève Binôme Groupe	Ouvert
	Rôle		Intervenant
Perf.	Modération		Elève Ordinateur Professeur

\* Tableau élaboré par l'auteur de cet article.

## COMMENTAIRES DES RESULTATS

En premier lieu, on constate qu'aucun des environnements ne permet de définir une configuration didactique initiale dans le sens où celle-ci est déjà prédéfinie par l'environnement. Comme ils sont tous les trois construits sur des logiciels "standalone"<sup>xiii</sup>, ils permettent tous les trois un travail sur un espace privé, mais aucun eux ne conserve la trace de cette activité privée. L'affirmation est à modérer en ce qui concerne CARMetal puisqu'il possède deux modes de fonctionnement permettant au professeur de choisir entre une situation dans un espace d'échange ou dans un espace partagé. Tabulae et Geogebra ne proposent pas d'espace d'échange. Sinon, tous les trois définissent un mode d'interaction unique qui ne peut être modifié. Par exemple dans l'espace partagé, CARMetal et Tabulae proposent un mode d'interaction concurrent (tous les utilisateurs peuvent éditer en même temps la figure), alors que Geogebra propose le mode d'interaction synchrone (l'utilisateur prend la main, ses actions d'édition sont observables en continu par les autres).

Pour ce qui est du mode d'exploitation, on observe que seul Tabulae permet la définition de groupes et offre la possibilité de définir des rôles différents : simple observateur (n'intervient pas dans l'édition de la figure partagée), expositeur (intervient dans l'édition), coordinateur (intervient et peut changer les rôles de chacun). CARMetal et Geogebra ne proposent pas de fonctionnalités de définition de groupes, par contre CARMetal offre la possibilité de définir des rôles en permettant de choisir les fonctionnalités géométriques que chaque utilisateur peut utiliser dans l'espace partagé.

Du point de vue de la performance didactique, dans le cas de Geogebra, il n'y a pas vraiment de fonctionnalités spécifiques mis à part le fait que le professeur peut intervenir comme utilisateur dans une activité. CARMetal permet au professeur le changement de mode entre espace d'échange et espace partagé en cours de session et le charge, en mode d'échange, de contrôler ce qui est publié par chacun (en fait, lui-même



décide de ce qui est publié par chaque élève). Tabulae permet les changements dynamiques de rôle entre observateur et intervenant en cours d'activité.

Même si l'on peut en tirer beaucoup plus d'enseignements, les quelques résultats de l'analyse donnent déjà une idée de ce que l'on peut obtenir comme information des trois environnements pour l'orchestration de situation d'apprentissage collaboratif. On observe en particulier que sans en arriver à la structuration forte des scénarios d'apprentissage collaboratif que l'on a avec les macro-scripts, les trois environnements fixent des choix d'orchestration, que ce soit du point de vue de la configuration initiale, comme du mode d'exploitation. En effet, les trois environnements choisissent les espaces de travail ainsi que les modes d'interaction dans ces espaces (configuration didactique initiale) en laissant peu de possibilités de choix au professeur (CARMetal offre le choix entre deux modes de fonctionnement, par exemple). Il en est de même pour l'exploitation didactique puisque les trois environnements laissent peu (Tabulae permet quand même de choisir entre observateur et intervenant dans l'espace partagé, par exemple) de choix pour la composition des groupes de travail ou le rôle de chaque utilisateur.

Comme les choix d'orchestration de chacun sont différents, il serait important de pouvoir mettre en œuvre les trois environnements dans des orchestrations effectives pour analyser les effets de ces choix sur la collaboration et les apprentissages qui peuvent en émerger. Dans ce sens, CARMetal permet de mettre en place des situations exploitant aussi bien un espace d'échange qu'un espace partagé. Tabulae permet de travailler la composition de groupes de travail et, de façon dynamique, le rôle de chacun dans ces groupes. Geogebra permet de travailler avec le partage asynchrone de différents systèmes de représentation en mathématique.

Venons-en à quelques considérations plus générales sur cette analyse et sur la grille qui la permet.

## **CONSIDERATIONS**

Il est clair que cette grille est incomplète et insuffisante pour une analyse fine. On peut par exemple se poser la question du support à l'élaboration, mise en ligne et accompagnement de situations mathématiques. On peut aussi, en particulier pour l'accompagnement de ces situations, se poser la question des traces et pouvoir évaluer ce que chaque environnement conserve de l'activité des différents partenaires d'une collaboration. On peut encore se poser la question de la possibilité de travail de façon collaborative avec

différents systèmes de représentation, possibilité offerte par Geogebra, mais qui n'apparaît pas dans la grille. Il existe bien d'autres éléments que l'on pourrait vouloir analyser dans les environnements pour l'apprentissage collaboratif. Il n'en reste pas moins que notre grille permet de mettre en évidence des caractéristiques importantes et spécifiques de la collaboration.

Un point important, qui n'apparaît pas de façon explicite dans cette grille, concerne l'évaluation d'éventuels apports spécifiques de la géométrie dynamique à l'apprentissage collaboratif, ou même d'autres systèmes de représentation "dynamiques". En réalité, une partie de ces apports d'environnements pour les mathématiques se trouve dans le choix de regarder l'élaboration et la conduite d'apprentissage collaboratif du point de vue de l'orchestration instrumentale. Une autre partie de ces apports vient aussi des apports spécifiques des environnements à l'apprentissage des mathématiques en général et indépendamment de la question de l'apprentissage collaboratif. Pour finir sur ce point, nous noterons aussi que les apports spécifiques de la géométrie dynamique peuvent être mis en évidence par l'observation des interactions et les rôles des utilisateurs du point de vue des fonctionnalités de géométrie dynamique utilisables dans ces interactions ou qui sont disponibles à chaque utilisateur. CARMetal permet justement de choisir quelles fonctionnalités géométriques sont disponibles dans l'espace partagé.

Quoiqu'il en soit, ce texte décrit un travail en cours sur l'analyse d'environnements pour l'apprentissage collaboratif en mathématiques. Même si beaucoup reste à faire, nous avons déjà des éléments de comparaison entre les environnements qui permettent de mettre en évidence certains points communs, mais aussi des différences, dont on peut, dans une étape suivante du travail, voir les conséquences sur des orchestrations instrumentales effectives de situations d'apprentissage collaboratif.

Un des points que nous souhaitons également approfondir concerne le développement ou l'adaptation d'une plateforme permettant une plus grande flexibilité pour l'orchestration de situation d'apprentissage collaboratif. En effet, les trois environnements analysés fixent des choix d'orchestration, ce qui s'explique au moins par le fait qu'ils sont construits sur des logiciels de géométrie dynamique existant. En cela, ils sont fermés dans le sens où chacun ne communique qu'avec lui-même et où, pour chacun, les caractéristiques utilisées dans l'analyse prennent des valeurs prédéterminées et non modifiables. Dans le cas de Tabulae et Geogebra, différemment de CARMetal, les environnements pour la collaboration sont associés à une plateforme qui recueille les données des activités, ceci en permettant une

exploitation éventuelle par d'autres environnements, donnant ainsi à Tabulae et Geogebra un certain degré d'ouverture. Dans l'exploitation des données par d'autres environnements, nous incluons éventuellement une exploitation à des fins d'évaluation. Nous incluons aussi la possibilité d'exploiter les données d'une activité en géométrie dans un tableur, par exemple. Geogebra résout partiellement la question en proposant dans un même applicatif, des fenêtres permettant un travail avec de la géométrie, un tableur, un outil de calcul formel. Un pas de plus reste à faire puisque ces différents outils ne communiquent pas entre eux. Quoiqu'il en soit, il nous semble important de pouvoir "éclater" ces environnements en modules indépendants et communiquant par protocoles pour permettre l'élaboration de différentes configurations didactiques initiales construites sur des agencements différents et configurables de ces modules.

Du point de vue du recueil des données, une question cruciale, pour la collaboration comme pour le suivi de l'activité d'élèves en général, concerne les traces de cette activité. De ce point de vue, et sans aller plus en détail dans l'analyse du contenu de ce qui est tracé, il est intéressant d'observer que les trois environnements donnent des supports pour l'exploitation des traces différents: CARMetal ne recueille pas de trace de l'activité, Tabulae recueille les traces de l'activité, mais ne permet pas une exploitation de ces traces par l'enseignant ou le chercheur sans passer par la compréhension d'un codage spécifique de ces traces. Geogebra recueille les traces et permet de "rejouer" une session.

La différence entre CARMetal et les deux autres pour ce qui est du recueil des traces d'une activité tient probablement de la différence de choix d'architecture de CARMetal et de Tabulae et Geogebra. CARMetal inclut des fonctionnalités de collaboration dans sa version standard et n'utilise pas de serveur externe, alors que Tabulae et Geogebra ont besoin d'un serveur qui centralise les échanges. L'avantage de la centralisation des échanges sur un serveur est que cela permet aussi, comme nous l'avons souligné, une centralisation des traces des activités.

Le fonctionnement de CARMetal peut avoir l'avantage de la flexibilité d'usage (un réseau local suffit), il peut devenir problématique lorsque l'adresse des ordinateurs change ou qu'ils ne sont pas accessibles en dehors de réseaux locaux. En fait, que ce soit pour le recueil de la trace d'activités comme pour permettre l'élaboration de différentes configurations didactique et mode d'exploitation, il nous semble que le choix de Tabulae et Geogebra de passer par un serveur est le meilleur et finalement plus dans la logique du *Clouds computing* pour lequel il s'agit de mettre à disposition un ensemble de

ressources (données et programmes) sur des serveurs. De ce point de vue là, il semble que Geogebra ait une petite longueur d'avance sur Tabulae puisque même s'ils passent tous les deux par un serveur, il reste une différence entre eux : Tabulae nécessite la connexion explicite à un serveur et le choix d'une activité sur le serveur, alors que Geogebra est lancé et se connecte de façon transparente au travers du choix de l'activité sur le serveur.

## REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier le CNPq pour m'avoir octroyé une bourse de post-doctorat afin d'effectuer une année de formation et recherche dont ce texte est l'un des fruits. Je remercie également l'IFE pour m'avoir accueilli pendant cette année post-doctoral, et en particulier, le professeur Luc Trouche pour son orientation pour ce projet et pour la richesse, précision et rigueur de ses retours.

## Notas

<sup>i</sup> Laboratório de Ensino da Matemática e Tecnologia

<sup>ii</sup> Learning Management System

<sup>iii</sup> <http://www.geogebra.org>

<sup>iv</sup> [http://www.limc.ufrj.br/site/projetos\\_tabulaecolaborativo.html](http://www.limc.ufrj.br/site/projetos_tabulaecolaborativo.html)

<sup>v</sup> <http://db-maths.nuxit.net/CaRMetal/>

<sup>vi</sup> L'inclusion de Tabulae dans cette liste vient aussi du fait de notre proximité avec les chercheurs impliqués dans la conception et l'usage de ce logiciel au Brésil.

<sup>vii</sup> Environnement Informatique pour l'Apprentissage Humain

<sup>viii</sup> Computer-Supported Collaborative Learning

<sup>ix</sup> disponible à [etherpad.org](http://etherpad.org).

<sup>x</sup> Nous préférons ici *utilisateur* à *élève* dans le sens ce terme nous semble plus générique, pouvant renvoyer à l'élève, au professeur, comme à un binôme, un groupe, travaillant sur un même poste de travail.

<sup>xi</sup> développé depuis 1989 par René Grothmann.

<sup>xii</sup> <http://vmt.mathforum.org/VMTLobby/commons/index.jsp>

<sup>xiii</sup> "*standalone*" signifie que le logiciel peut être utilisé seul sans la nécessité de ressources supplémentaires. Même s'ils utilisent le réseau pour les échanges de données, les trois environnements permettent de faire de la géométrie sans passer par le réseau.

## BIBLIOGRAPHIE

BAKER, M. et al. The role of grounding in collaborative learning tasks. In: DILLENBOURG, P. (Org.). *Collaborative learning: cognitive and computational approaches*. Oxford: Elsevier, 1999. p. 31–63.

BROUSSEAU, G. *Théorie des situations didactiques* (textes rassemblés et préparés par Nicolas Balacheff, Martin Cooper, Rosamund Sutherland, Virginia Warfield). Grenoble: La Pensée Sauvage, 1998.

DILLENBOURG, P. Introduction: what do you mean by “Collaborative Learning”? In: \_\_\_\_\_. (Org.). *Collaborative learning: cognitive and computational approaches*. Oxford: Elsevier, 1999. p. 1-19.

DILLENBOURG, P.; TCHOUNIKINE, P. Flexibility in macro-scripts for computer-supported collaborative learning. *Journal of Computer Assisted Learning*, 23, p. 1-13, 2007.

DRIJVERS, P. et al. The teacher and the tool: instrumental orchestrations in the technology-rich mathematics classroom. *Educational Studies in Mathematics*, 75(2), p. 213-234, 2010.

KOBBE, L. *Framework on multiple goal dimensions for computer-supported scripts*. Kaleidoscope Network of Excellence deliverable D29.2.1. Rapport de recherché, 2005.

MONTUORI, A. The art of transformation, jazz as a metaphor for education. *Holistic Education Review*, 9(4), p. 57-62, 1996.

ROSCELLE, J.; TEASLEY, S. D. Construction of shared knowledge in collaborative problem solving. In: O'MALLEY, C. (Ed.). *Computer-supported collaborative learning*. New York: Springer-Verlag, 1995. p. 69-97.

SENACH, B. Evaluation ergonomique des interfaces homme/machine: une revue de la littérature. *Rapport INRIA*, n.1080, 1990.

STAHL, G. Preface: Engaging with engaged learning. In: HUNG, D.; KHINE, M. S. (Org.). *Engaged learning with emerging technologies*. Dordrecht: Springer, 2006a. p. i-v.

\_\_\_\_\_. *Group Cognition: computer support for building collaborative knowledge*. MIT Press, 2006b.

TCHOUNIKINE, P. et al. *Platon-1: quelques dimensions pour l'analyse des travaux de recherche en conception d'EIAH*. Rapport d'Action Spécifique du CNRS. 2004.

TROUCHE, L. *Construction et conduite des instruments dans les apprentissages mathématiques : nécessité des orchestrations*. Document pour l'Habilitation à Diriger des Recherches Université Paris VII, novembre 2003, 2003.

\_\_\_\_\_. Des artefacts aux instruments, une approche pour guider et intégrer les usages des outils de calcul dans l'enseignement des mathématiques. *Actes de l'Université d'été de Saint-Flour, Le calcul sous toutes ses formes*, p. 265-289, 2005.

Recebido em maio de 2014

Aceito em setembro de 2014